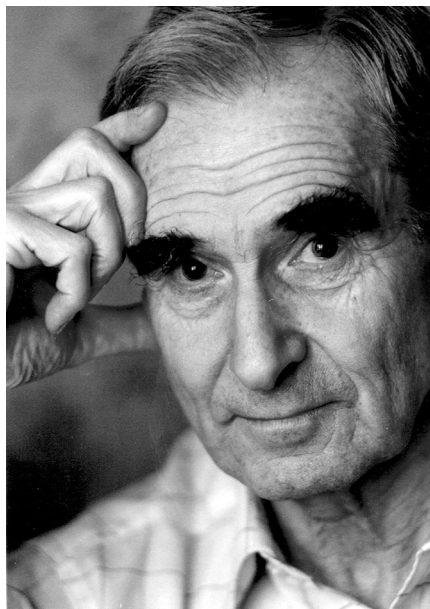


АТОМНЫЕ ПРОЕКТЫ:
СОБЫТИЯ И ЛЮДИ





Борис Лазаревич Иоффе

Б.Л. Иоффе

АТОМНЫЕ ПРОЕКТЫ: СОБЫТИЯ И ЛЮДИ



Москва • 2018

УДК 001.92/501+(82-342)
ББК 72.3г(2)
И75

Иоффе Б.Л.

И75 Атомные проекты: события и люди : Монография /Б.Л. Иоффе. — М.: ЦСП и М, 2018. — 208 с.

ISBN 978-5-906001-50-4

Книга известного российского физика-теоретика Иоффе Бориса Лазаревича посвящена освещению достижений физической науки на важном этапе развития СССР — создания советской атомной энергетики и атомной бомбы. Не углубляясь в детали теоретических научных изысканий, автор через призму личных контактов и научного взаимодействия, творческой характеристики ведущих физиков дает объемную картину созидательной, а порой и трагической жизни ученых, достигших всеобщего, не только отечественного, но и мирового признания.

Книга адресована широкому кругу читателей, интересующихся историей становления ядерной физики и практического применения ее результатов.

УДК 001.92/501+(82-342)
ББК 72.3г(2)

ISBN 978-5-906001-50-4

© Иоффе Б.Л., 2018
© Центр социального прогнозирования
и маркетинга, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
ГЛАВА ПЕРВАЯ. СОБЫТИЯ	9
1. Вторая мировая война	9
2. Путь к созданию атомной бомбы. Атомный проект Англии и США	19
3. Термоядерные бомбы США	29
4. Германский атомный проект	29
5. Атомный проект СССР	32
6. Термоядерные бомбы СССР	43
7. Зачем Советскому Союзу ядерное оружие	45
8. Основная причина чернобыльской катастрофы.	47
9. Инцидент с атомной подводной лодкой, сходный с катастрофой с «Курском», но со счастливым концом	49
10. Как я стал физиком-теоретиком	51
11. Как я предотвратил аварию на реакторе ИТЭФ	57
12. Атомные реакторы и политика	60
13. Проектирование и пуск АЭС А-1 в Чехословакии	64
ГЛАВА ВТОРАЯ. Участники советского атомного проекта	73
1. Л.Д. Ландау. Теоретический минимум Ландау	73
2. Семинар Ландау	78
3. О классификации физиков-теоретиков по Ландау	83
4. История создания некоторых работ, связанных с Ландау.	85
5. О бласть применимости теории слабых взаимодействий	91
6. Личность Ландау.	94
7. Листовка	98
8. И.Я. Померанчук. Принципы Померанчука.	101
9. Семинар Померанчука	108
10. Померанчук вне науки	110
11. А.И. Алиханов. Физик, гражданин, директор	112
12. А.И. Алиханян. Наброски к портрету на фоне эпохи	128
13. А.Б. Мигдал	140
14. В.Н. Грибов.	152
15. Я.Б. Зельдович.	158
16. И.В. Курчатова	161

Оглавление

17. А.Д. Сахаров	165
18. Б.Л. Ванников	167
19. А.С. Елян	170
ГЛАВА ТРЕТЬЯ. Люди и их отношение к атомному проекту.	173
1. Поездка Гейзенберга к Бору в 1941 году	173
2. Сталин и водородная бомба	180
3. Как различные физики относились к атомному проекту.	183
ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ. Взгляд в будущее	195
1 Энергетика	195
2 Познаваем ли мир	197
Литература.	200
Краткие сведения об ученых, упоминаемых в книге	202

ВВЕДЕНИЕ

На русском языке мало книг, посвященных истории атомного проекта, особенно англо-американского. В англо-американском проекте участвовали практически все выдающиеся физики (а также химики и инженеры), оставив занятия чистой наукой, которыми они занимались до сих пор. Они работали, посвящая всё своё время атомному проекту, рождая новые идеи, работали интенсивно и энергично. Достаточно сказать, что атомный проект в Англии и США начался в 1940 году, а первый атомный реактор был запущен в 1942 году. При этом была рождена идея использования плутония (элемент $^{249}\text{X}_{94}$) для бомбы, построены колоссальные заводы для производства плутония и разделения изотопов урана-235 и 238. К моменту атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки (1945 г.) у США было в арсенале ещё 10 атомных бомб. Что побудило английских и американских учёных столь энергично работать над атомным проектом, в литературе обсуждается редко, как и то, почему ряд видных американских учёных ушли из атомного проекта после того, как война с Германией и Японией закончилась (см. Дело Оппенгеймера).

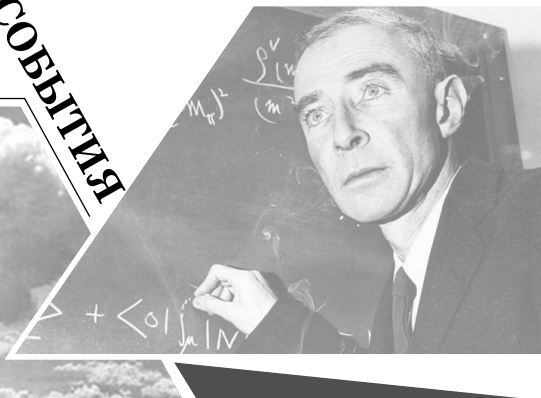
Энергичные действия английских и американских учёных в реализации атомного проекта были вызваны опасениями, что гитлеровская Германия опередит их в создании атомной бомбы и применит её как оружие. По общему мнению ученых и политиков-экспертов это означало бы торжество фашизма во всём мире и конец демократии. Представлявшие большинство среди ведущих физиков учёные — евреи — в случае победы Германии в войне могли ожидать поголовного уничтожения (такое решение было принято руководителями Германии на конференции в Ванзее в 1943 году и активно претворилось в жизнь на занятых немцами территориях). Правоммерно утверждать, что в последующем такая судьба постигла бы и ученых — представителей многих других этнических групп. Политические деятели Англии и США осознали опасность овладения Германией атомным оружием, поэтому Рузвельт, получив письмо Эйнштейна, немедленно выделил деньги на атомный проект, учредил соответствующую административную структуру и по мере развития проекта продолжил его финансирование.

Что касается советского атомного проекта, в СССР реальные шаги были предприняты после Потсдамской конференции (лето 1945 года), когда Германия была уже побеждена, а американская атомная бомба создана, о чём Трумэн информировал Сталина. В сентябре 1945 года был создан Спецкомитет во главе с Берия, в который вошли ведущие руководители партии и правительства, а также двое учёных — Курчатов и Капица, и Первое Главное Управление (ПГУ) во главе с Ванниковым, которое должно было создавать атомные бомбы. Обычно упоминаемая в исторической литературе мотивировка создания советской атомной бомбы — если они её смогли создать, то и мы тоже должны это сделать, что отражено в зашифрованном названии советской бомбы РДС — Россия делает сама.

В обескровленной самой тяжёлой войной России, когда население сплошь и рядом голодало, было плохо одето, не хватало жилья (многие города в Европейской части России были почти полностью разрушены) направить основные усилия на создание атомной бомбы, по мнению автора, должно было иметь другую важную мотивировку, которая рассмотрена в книге.

В моей предыдущей книге «Без ретуши» (Фазис, 2004) описаны те участники советского атомного проекта и их человеческие качества, которых я знал лично. Их участие в атомном проекте отсутствует в книге «Без ретуши». В предлагаемой читателю книге их участие в советском атомном проекте представлено, и кратко даны их научные достижения. Моя цель состоит в том, чтобы представить их живыми людьми, с присущими им достоинствами и недостатками, показать их отношение к Атомному проекту, которое со временем менялось. Основные источники, которыми я пользовался при подготовке книги, приведены в списке литературы под номерами [1]–[9].

Предлагаемая книга предназначена для обычного читателя, не физика. Встречающиеся иногда в книге формулы разъясняют кое-что читателю — физику, но обычный читатель может их опустить без ущерба для понимания основного содержания книги.



1. Вторая мировая война [1]

Начну с описания предвоенной обстановки в мире, поскольку, как уже говорилось во введении, Атомные проекты Англии и США были вызваны опасениями английских и американских ученых и руководителей Англии и США, что Гитлер станет обладать атомной бомбой.

Для Германии 1930-х годов был характерен взрывообразный рост антисемитизма. В 1935 году были приняты Нюрнбергские законы, которые запрещали заниматься евреям рядом профессий, в частности, наукой и преподавать в университетах¹. Все это вызвало массовый отъезд из Германии евреев и не только евреев, а всех тех, кому не нравился гитлеровский режим. Венгерские евреи, работавшие в Германии, Сцилард, Вигнер, Теллер, фон Нейман, а затем уехавшие в Англию и США, много сделали в атомном проекте — это был своеобразный подарок Гитлера своим противникам [13]. Евреев и противников гитлеровского режима помещали в концлагеря, которые для этого и были созданы. Друг друга полагалось приветствовать возгласом «Хайль Гитлер!» с поднятием вверх правой руки. Не сторонники Гитлера такого ри-

¹ Гитлер следовал примеру римского императора Адриана, который после подавления восстания Бар-Кохбы запретил евреям заниматься наукой.

туала старались избегать. Лауреат Нобелевской премии Лауэ, который не был сторонником Гитлера, выходя из дому, всегда держал в одной руке портфель, а в другой какой-нибудь сверток, чтобы обе руки были заняты.

8 ноября 1938 года по всей Германии и Австрии были разбиты и разграблены синагоги и принадлежащие евреям предприятия и магазины, погиб 91 еврей, многие евреи были отправлены в концлагеря (так называемое *Kristallnacht*). Это был первый шаг к «окончательному решению еврейского вопроса», т.е. к уничтожению евреев.

Гитлер преследовал не только евреев, но и своих сторонников, которые не признавали его авторитета (Рема, Штрейхера и других — в «Ночь длинных ножей» большинство из них были убиты). Антифашистов помещали в концлагеря или убивали. Практиковалось похищение антифашистов в других странах с насильственной переброской в Германию, где их ждала трагическая судьба.

Гитлер пришел к власти в 1933 году во многом благодаря Сталину. На выборах в рейхстаг в ноябре 1932 года национал-социалисты получили 11 миллионов 700 тысяч голосов, социал-демократы — 7 миллионов 200 тысяч голосов, коммунисты 6 миллионов. Если бы социал-демократы и коммунисты объединились и выставили общую кандидатуру в рейхсканцлеры, то в Германии было бы демократическое правительство. Но Сталин через Коминтерн дал строгое указание коммунистам: не объединяться с социал-демократами и рейхсканцлером стал Гитлер.

Для Германии первым препятствием всеобщей милитаризации был Версальский договор, ограничивающий величину германской армии, ее вооружение (танки были запрещены), была введена демилитаризованная Рейнская зона — 50 км вдоль правого берега Рейна. Саарская область была передана под управление Лиги наций и через 15 лет в ней должен был состояться плебисцит для принятия решения о ее присоединении либо к Германии, либо к Франции. Ряд территорий бывшей Германской империи был передан другим государствам — Франции, Польше, Чехословакии, Дании, Бельгии. Первым шагом Гитлера в подготовке к новой войне была ремилитаризация Рейнской области — туда были введены германские

войска. Англия и Франция ограничились дипломатическими декларациями, США заняли позицию изоляционизма и Гитлер понял, что он может двигаться дальше.

В СССР также стала укрепляться диктатура, милитаризация экономики. К середине 1930-х годов власти полностью свернули последние элементы Новой экономической политики (НЭПа), крестьянская буржуазия (их называли кулаками) была репрессирована и выслана в Сибирь. Этим было как бы восстановлено крепостное право в форме общинного ведения сельского хозяйства под директивным управлением местной власти, сами крестьяне были лишены паспортов, а значит, и права самостоятельного выбора смены места жительства и передвижения по стране. Насильственное свертывание рыночной инициативы нанесло большой ущерб экономике и затронуло миллионы людей, в результате привел к голоду. В городах были введены карточки на хлеб и другие продукты.

Я видел это сам. В Москве в 1933 году (мне было 7 лет) мы получали по карточкам хлеб серый и какой-то вязкий. Но так получилось, что мы с мамой смогли на 9 месяцев поехать в Польшу. Получить разрешение на поездку за границу было очень трудно, почти невозможно, но нам повезло, у моего дяди оказался знакомый — А.Х. Артузов, в то время начальник Иностранного Отдела ОГПУ (НКВД). Мой дядя, Ефим Львович Цукерман до революции был присяжным поверенным в Петербурге, имел там контору и квартиру². Ефим Львович сочувствовал революционерам и давал Артузову деньги на их нужды. Во время революции его контору и квартиру отобрали, он переехал в Москву и работал юрисконсультom в различных советских учреждениях. С Артузовым он больше не встречался, но когда Ефим Львович обратился к нему с просьбой дать нам разрешение на выезд в Польшу, тот вспомнил их дореволюционные встречи и разрешение нам дали. Более того, у нас, конечно, не было польских денег. Но на пограничной польской станции

² А.Я. Вышинский, генеральный прокурор в 1937 году, один из основных деятелей большого террора, был помощником присяжного поверенного. Ефим Львович знал его до революции и отзывался о нем с большим презрением.

к нам подошел какой-то человек и дал маме польские деньги. В 1937 году Артузов был расстрелян.

Когда мы сели в польский поезд я увидел, что по ходу идет человек в белом фартуке и несет поднос с чашечками кофе и белыми булочками. Я попросил маму взять мне и то и другое. Вкус кофе и булочек — одно из самых сильнейших впечатлений моего детства.

Начались процессы против интеллигенции: процесс Промпартии (первая открытая массовая акция по свертыванию НЭПа и репрессии технической интеллигенции, в том числе и работавших на советских предприятиях иностранных инженеров), Шахтинское дело, за ними последовали репрессивные процессы 1935–37 годов. Массовые репрессии затронули не только техническую, но и интеллигенцию в целом. Это было кровавое самоутверждение диктатуры, по своим репрессивным методам чаще всего интуитивное и бессмысленное³. Сохранилась запись, поданная Сталину секретарем Кировского обкома партии, в которой тот просит увеличить квоту «по первой категории» (приговоренных к расстрелу) на 300 человек. Резолюция Сталина: 300 зачеркнуто, вместо него написано 500 и подпись: И. Сталин.

Одновременно шло безграничное возвеличение личности Сталина. Массовые репрессии были проведены среди командного состава Красной Армии и Флота. Были репрессированы не менее 40 тысяч человек: из 5 маршалов погибли 3, оба армейских комиссара 1 ранга, из 5 командармов 1 ранга были расстреляны 3, погибли все 12 командармов 2 ранга, из 70 комкоров репрессированы 60 и так далее⁴. Репрессии подверглись даже командиры полков и батальонов. Уже после начала войны, в октябре 1941 года, расстреляны 16 человек, в том числе дважды

³ Массовые репрессии в СССР имели место уже в начале 1920-х годов, их дикость и бессмысленность наглядно отображены в фильме «Чекист», снятом в 1991 году Александром Рогожкиным по повести Владимира Зазубрина (Зубцова) «Щепка» (1923 год), расстрелянного в сентябре 1937 года, во время сталинского террора.

⁴ См.: *Ивкин. В.И., Уколов А.Т.* О масштабах репрессий в Красной армии в предвоенные годы // Военно-исторический журнал. — М.: «Красная Звезда», 1993. — № 1. — С. 56-59.

Герой Советского Союза, воевавший в Испании, командующий ВВС Я. Смушкевич. На их место пришли малоквалифицированные люди, вдобавок объятые страхом перед Сталиным и работниками Особых отделов. В объяснении массового репрессирования военных обычно прибегают к версии, что немецкое гестапо подбросило президенту Чехословакии Бенешу фальшивку, где говорилось о предательстве Тухачевского. Бенеш ей поверил и передал фальшивку Сталину. Но даже, если принять эту версию, никак нельзя поверить, что в заговор были вовлечены 40 тысяч военных, при этом заговор не был раскрыт в самом начале.

Подвергались преследованиям и ученые: биологи, физики и представители других научных направлений. В Ленинградском университете был длинный коридор, в котором висели портреты профессоров. Когда того или иного профессора арестовывали, его портрет со стены удаляли. Студенты называли этот коридор — «арестометр». Сильной чистке подвергся Украинский Физико-Технический Институт в Харькове (дело УФТИ): были расстреляны Шубников (выдающий физик в области физики конденсированных сред), Горский, Розенкевич (соавтор книги с Ландау), арестованы Обреимов, Лейпунский и многие другие. Из 400 авиаконструкторов было арестовано около 350.

Для будущей войны нужно было современное оружие, которого в СССР не было. В Нижнем Тагиле был построен Уралвагонзавод, крупнейшее в мире предприятие, рассчитанное на производство танков. Аналогичные предприятия были построены в Сталинграде (СТЗ), Челябинске (ЧТЗ) и Харькове (ХТЗ) — Сталинградский, Челябинский и Харьковский тракторные заводы. Они производили тракторы, но технология была такова, что в любой момент могли перейти на производство танков. Был построен ряд авиационных заводов, среди них крупнейший в Комсомольске-на-Амуре. Создан ряд авиационных конструкторских бюро — Туполева, Мясищева, Петлякова и др. Перенималась немецкая, американская и другая западная технология. Особенно тесным было сотрудничество с Германией. Под Липецком была создана школа подготовки немецких летчиков и испытания

новых немецких военных самолетов Гейнкель, Дорнье, Юнкерса (Германия не могла проводить такие испытания на своей территории согласно Версальскому договору). Липецкая школа функционировала до 1933 года. Аналогичная школа для испытания танков была организована под Казанью.

Гитлер тем временем продолжал наступление. На плебисците в Саарской области большинство населения проголосовало за ее присоединение к Германии. Произошел аншлюс Австрии, ее присоединение к Германии. Западные правительства промолчали. В районах Чехословакии с преимущественно немецким населением возникла партия Гейнлейна, выступавшая за включение этих районов в состав Германии. Начались переговоры между Чемберленом (глава правительства Великобритании), Даладье (глава правительства Франции), Муссолини (глава правительства Италии) и Гитлером. В результате этих переговоров было подписано печально известное Мюнхенское соглашение, по которому эти районы (кстати, там были сосредоточены чехословацкие укрепления, защищавшие ее от германского нашествия) переходили к Германии. Чехословакия стала беззащитной и в 1939 году Гитлер захватил ее.

В феврале 1936 года в результате выборов в Испании пришло к власти правительство Народного Фронта, в котором участвовали социалисты, анархо-синдикалисты и коммунисты. Но уже в июле 1936 года вспыхнул фашистский мятеж, главой которого стал генерал Франко. Германия и Италия поддержали мятежников, посылая им оружие, войска и самолеты. Германские самолеты бомбили испанские города, занятые республиканцами. Город Герника был полностью уничтожен в результате бомбардировки. Англия и Франция заняли политику невмешательства. Советский Союз мог послать только самолеты с советскими летчиками и ограниченную военную делегацию во главе с Михаилом Кольцовым (журналист по профессии, он успешно действовал на этом несвойственном ему поприще; впоследствии был расстрелян — стал жертвой Сталинского террора). В 1939 году сторонники военной диктатуры одержали победу, и Франко стал правителем Испании.

Внешняя политика СССР до определенного времени была миролюбивой и антифашистской. Народный комиссар по иностранным делам М.М. Литвинов сформулировал лозунг: «За неделимый мир, за коллективную безопасность». Внутри страны общество также было настроено антифашистски. В СССР находили убежище антифашисты, бежавшие из гитлеровской Германии, газеты публиковали антифашистские статьи, выходили антифашистские фильмы, например, в 1938 году: «Семья Оппенгейм» (экранизация романа Лиона Фейхтвангера), «Профессор Мамлок» (фильм снят по одноимённой пьесе Фридриха Вольфа) и другие. Слово «фашист» было бранным. Приехавший в Москву немецкий певец — антифашист Эрнст Буш пел:

- Doch ein Mensch, ein Mench ist
- Hat er Stiefel ins Gesicht nicht gern⁵.

Гитлер наступал. Теперь он требовал, чтобы Польша передала Германии польский коридор, дававший Польше выход к Балтийскому морю и отделявший Восточную Пруссию от Германии, а также город Данциг. Польша категорически отказалась. Англия дала гарантии Польше, что в случае германского нападения на Польшу, Англия немедленно вступит в войну против Германии. К Англии присоединилась и Франция. Начались англо-франко-советские переговоры (лето 1939 г.) Советская делегация во главе с Молотовым потребовала, чтобы в случае войны советские войска вошли на территорию Польши. Польша категорически отказалась принять это условие. В мае 1939 г. Литвинов был снят с поста наркома по иностранным делам, его место занял Молотов, а Сталин стал председателем Совнаркома. Переговоры были прерваны.

Еще с мая 1939 года СССР вел тайные переговоры с Германией. Они завершились 10 августа 1939 года подписанием торгового договора. 23 августа 1939 года был подписан договор о ненападении с Германией. Для его подписания в Москву приехал министр иностранных дел

⁵ «Поскольку человек всегда остается человеком, ему не нравится, когда ему в лицо тычут сапогом».

Германии Риббентроп. В договоре были секретные статьи о разделе Восточной Европы. При церемонии подписания договора Сталин поднял тост за здоровье Гитлера. Символом германо-советской «дружбы» стал огромный букет алых роз, преподнесенный Риббентропом Улановой.

1 сентября Германия напала на Польшу, Англия и Франция немедленно объявили войну Германии, началась Вторая мировая война. Отношение к этой войне Молотов выразил в одной фразе: «Пусть они повоюют, а мы посмотрим, какие они войки». И мы «посмотрели» ценой нескольких десятков миллионов человеческих жизней.

Тон советской печати, да и общее отношение к фашизму и демократическим странам изменились мгновенно. Исчезли все критические статьи, фильмы и спектакли. В газетах наверху страницы шли сообщения германского командования, а внизу и менее подробно, сообщения из английских и французских источников. Меня больше всего удивило и огорчило — это то, что мои одноклассники (в 1939–1940 году я учился в 6 классе) радовались, когда сообщалось, что немецкая подводная лодка утопила какой-нибудь английский корабль.

В 1939–1940 годах советские войска вошли в Западную Украину, Западную Белоруссию, Бессарабию, что было предусмотрено секретными статьями договора Риббентропа-Молотова и заодно в Северную Буковину. Эти территории вошли в состав СССР. Было организовано «народное волеизъявление» в Эстонии, Латвии и Литве, эти страны также вошли в состав СССР в качестве союзных республик. В конце 1939 года началась война с Финляндией под предлогом, что финны напали на СССР. Эта война была неудачной для СССР. Финны оказали сильное сопротивление и много советских солдат полегли на поле боя. Весной 1940 года был заключен мир, по которому к Советскому Союзу отошел Выборг и территория вокруг Ладожского озера. Но СССР приобрел много врагов — кроме Финляндии, большинство жителей Прибалтики не приветствовали присоединение к СССР, отношение западных стран к СССР сильно ухудшилось, многие коммунисты этих стран вышли из компартий. На Западном фронте сначала велась «странная война»: обе армии англо-французская и германская

стояли друг против друга, без каких-либо активных действий. Но в апреле 1940 г. Гитлер внезапно ударил по Голландии, Дании и Норвегии и захватил эти страны. В мае 1940 г. последовал удар по Бельгии и Франции. Французская армия была разгромлена, Париж пал. Не оккупированной осталась небольшая зона с центром в Виши, целиком зависящая от гитлеровских властей. Во главе этой зоны стоял маршал Петэн, который хорошо сражался в Первую мировую войну, но здесь капитулировал и исполнял все немецкие приказы. Английская армия оказалась прижата к морю в районе Дюнкерка, упорно сопротивлялась и ее удалось эвакуировать в Англию. Эта эвакуация была весьма важной, на юге Англии оказалась достаточно большая военная сила, что не позволило немцам наскоком высадиться в Англии. Но, как сказал Черчилль: «Войну не выигрывают эвакуациями».

Гитлер стал готовить десант на Британские острова. План был таков: добиться господства в воздухе над Англией и под прикрытием этого господства организовать морской десант через Ламанш. На море, конечно, британский флот был намного сильнее того, что мог собрать Гитлер. Осенью 1940 года началась битва за Англию, битва в воздухе. И эту битву немцы проиграли. Черчилль по этому поводу отметил: «Никогда Англия столь многим не была обязана столь немногим». Под «немногим» он имел в виду английских летчиков. Английским летчикам очень помогла передовая английская наука: у англичан был радар, которого у немцев не было. Благодаря радару они могли засекать немецкие самолеты еще на вылете и концентрировать английские истребители в нужно время в нужном месте. Кроме того, английские летчики могли связываться между собой во время воздушного боя, такой связи у немцев не было. Это было достигнуто за счет кварцевой стабилизации частоты, открытой английскими учеными. Радар позволял лоцировать немецкие подводные лодки, которые атаковали суда, шедшие с оружием из США, и многие из этих лодок были уничтожены. Гитлер сильно рассчитывал на «подводную войну» против Англии, но просчитался. Битву за Англию он проиграл и отказался от мысли делать десант на английские острова.

Гитлер понимал, что время работает против него. В США быстро растет военное производство и сделанное там оружие пойдет в Англию. Поэтому, чтобы обеспечить для немцев жизненное пространство, он должен был двигаться на Восток. Сталина возможная германская агрессия не пугала: советская армия была намного сильнее германской. Сталин знал, что в будущей войне основную роль будут играть танки и авиация. Только в западных военных округах, граничащих с Германией, у СССР было 14,2 тысячи танков против 4,3 тысяч у Германии и ее союзников (Венгрии, Болгарии и Финляндии) и 9,2 тысяч самолетов против 5 тысяч, т.е. советская армия имела 2–3 кратное превосходство. По личному составу в тех же западных округах в советской армии было 3,7 млн. человек против 5,5 млн. у гитлеровцев. Германская армия несколько превосходила советскую по числу орудий — 47,2 тыс. против 38 тыс. Но у СССР были колоссальные резервы, которые можно было призвать в случае мобилизации. Я разделяю точку зрения Виктора Суворова, выраженную в книге «Ледокол» [3], что Сталин рассчитывал ударить первым и вести войну на территории противника.

Помимо западных округов у СССР было еще порядка 10 тысяч танков, 11 тысяч самолетов и 40 тысяч орудий. У Германии таких резервов не было: ей надо было держать войска в оккупированных странах Европы и на Западном фронте против Англии, опасаясь английского десанта. Дополнительным аргументом, помимо приведенных в «Ледоколе», является тот факт, что пацифист и антифашист Литвинов был снят с поста наркома по иностранным делам и советского представителя в Лиге наций в мае 1939 г. В этот момент Сталин принял решение о договоре с Гитлером и о всех его последствиях.

Я мало буду писать здесь об Отечественной войне — об этом много написано. Репрессии против командного состава Красной Армии сказались с самого начала войны. Отечественная война началась 22 июня 1941 года. Советская армия была разделена на три фронта: Северо-Западный, Западный и Юго-Западный под командованием маршалов Ворошилова, Тимошенко и Буденного. К 10 июля 1941 г. только на Западном фронте Красная

Армия потеряла около 12 тысяч танков, их осталось на Западном фронте — 1700, людские потери составили около 2 млн. человек [2]. 16 июля немцы захватили Смоленск. После разгрома войск на Западном направлении Гитлер (вопреки возражениям высших немецких генералов) перенес удар на Киев. Командующий войсками на Киевском направлении генерал Кирпонос просил у Сталина разрешения отступить, чтобы сохранить армию. Сталин отказал. В результате наши войска были окружены, 600 тыс. попало плен, а Кирпонос застрелился. 1-го октября гитлеровские войска начали операцию «Тайфун» — наступление на район Вязьмы. Следуя приказу Ставки (т.е. Сталина): не отступать, сражаться до последнего, части Красной Армии попали в окружение (64 дивизии из 95, 11 танковых бригад из 13, 50 артполков из 62), безвозвратные потери составили около 700 тыс. человек [2]. Но наступила распутица, не позволившая подвозить к германским танковым дивизиям горючее и боеприпасы и ранняя зима. 8 октября в Вязьме уже шел снег, лишь 20% немецких солдат имели зимнее обмундирование. Помогли и подтянутые из Сибири хорошо экипированные войска. Однако весной трагедии повторились: в Крыму при попытке десанта через Керченский пролив были разгромлены 3 армии, а в районе Харькова были окружены 6 армий. И теми, и другими командовал любимец Сталина — Мехлис. Перелом в войне наступил лишь после победы в Сталинградской битве.

2. Путь к созданию атомной бомбы: Атомный проект Англии и США [4]–[6]

Началом пути можно считать открытие Э. Резерфордом в 1911 году структуры атома. Бомбардируя тонкие слои различных веществ α -частицами (ядрами гелия) Резерфорд обнаружил, что их отклонения от первоначального движения разделяются на две группы: малые отклонения — их много и большие отклонения — они встречаются сравнительно редко. Он интерпретировал этот результат так: атом размером порядка 10^{-8} см состоит из центрального ядра, размером порядка 10^{-13} см,

состоящего из протонов, и облака электронов, двигающегося вокруг ядра на расстояниях порядка 10^{-8} см.

До открытия, сделанного Резерфордом, наиболее популярной была модель Дж.Дж. Томсона, в которой атом представлялся шариком, равномерно заполненным электронами и протонами. Структура атома была объяснена в 1924 году с созданием де Бройлем, Гейзенбергом и Шредингером квантовой механики, в которой энергии электронов в атоме дискретны. Другим источником, которое привело к созданию атомной бомбы, явилось явление радиоактивности открытое Анри Беккерелем в 1898 году и исследованном Мари и Пьером Кюри и Резерфордом. При радиоактивном распаде ядер вылетают ядра *He*, электроны, позитроны, фотоны и нейтрино. Резерфорд назвал эти частицы — ядра *He*, электроны и фотоны — α , β и γ -излучением и такое название укоренилось.

В 1931 году Жолио и Ирэн Кюри добились нового прогресса в излучении радиоактивности — они обнаружили, что радиоактивность может быть получена искусственно — путем облучения различных веществ γ -лучами⁶. Но они не поняли, что в случае бериллия, искусственная радиоактивность возникает не за счет γ -лучей, а за счет нейтронов. В 1932 году Кокрофт и Уолтон, облучая литий протонами с энергией 600 МэВ, добились его расщепления на две α -частицы. Это была первая ядерная реакция, созданная искусственно, путем облучения ядер протонами⁷. Еще в 1920 году Резерфорд высказал гипотезу о существовании нейтрона, частицы с массой, близкой к протону, но с равным нулю электрическим зарядом. Тогда эти гипотеза не была воспринята. Нейтрон был открыт Чэдвиком в 1932 году. Поставив специальные опыты с излучением из бериллия, он доказал, что при облучении различных веществ энергия возникающего радиоактивного излучения в несколько раз превосходит ту, которая была бы, если на эти вещества падали γ -кванты. Тем самым было сделано фундаментальное открытие — был открыт нейтрон, и стало ясно, что ядра состоят из

⁶ В 1927 году они поженились и в 1929 году Жолио принял фамилию Жолио-Кюри, супруги стали именоваться Жолио-Кюри.

⁷ Идея этого эксперимента была подсказана Гамовым.

протонов и нейтронов, т.е. исчезло противоречие между атомным номером — числом протонов в ядре и атомным весом ядра.

Впервые мысль, что, используя нейтроны, можно получить цепную ядерную реакцию, высказал Сцилард. Венгерский еврей, Сцилард, обучался и работал в Германии, но в 1933 году ввиду расистских законов в Германии, перебрался в Англию. Сцилард много размышлял о возможности цепной ядерной реакции, аналогичной той, которая была известна в химии и была открыта Семеновым. Интересен факт, как пришла в голову Сциларду эта мысль. Он стоял на перекрестке в Лондоне, ожидая зеленого сигнала светофора. И вдруг его осенило, что, если при падении нейтрона на ядро, произойдет такая ядерная реакция, при которой в среднем вылетят больше одного нейтрона, то пойдет цепная ядерная реакция.

Следующий шаг в понимании структуры атомного ядра был сделан Ферми и его сотрудниками (Амальди, Розетти, Сегре и Понтекорво) в 1934 году. Они облучали различные вещества нейтронами. Источником нейтронов была сначала смесь полония с бериллием, а затем они перешли на радон + Be , которые давали странную вещь: результат измерения зависел от того, в каком месте стояла установка на деревянном столе или в углу комнаты. Случайно, они поставили между источником нейтроном и образцом кусок парафина и счет резко возрос. Это было удивительно. После долгих размышлений и обсуждения этого явления, Ферми сказал «Пойдемте обедать». Когда они вернулись, Ферми предложил объяснение. Парафин, в котором много водорода, сильно замедляет нейтроны в результате их столкновения с атомами водорода, а у медленных нейтронов сечение их взаимодействия значительно больше⁸. Физическое объяснение этого явления было дано Бором в 1936 году. Бор рассматривал ядро, как состоящее из протонов и нейтронов. Когда нейтрон попадает в ядро, то ввиду сильного взаимодействия со средой, он многократно рассеивается на протонах и нейтронах внутри ядра, т.е. «запутывается» в ядре. Ясно, что чем

⁸ Сечение — термин, широко используемый в физике — величина размерности площади, пропорциональная вероятности данного процесса.

меньше скорость нейтрона, тем больше вероятность его запутывания. Так возникла боровская концепция «компаунд ядра» и теперь мы знаем, что при малых энергиях нейтронов сечение взаимодействия их с ядрами ведет себя как $1/v$, где v — скорость нейтрона.

Ферми предполагал, что при поглощении нейтронов тяжелыми ядрами типа урана, возникают новые «трансурановые» элементы. Эта его точка зрения была раскрытирована Ноддак (лауреат Нобелевской премии по химии 1925 года), которая доказала, что после поглощения нейтрона ядро разваливается и возникают ядра среднего атомного веса. Как показало дальнейшее развитие, оба были правы.

Деление урана нейтронами было открыто в 1938 году Ганом и Лизой Мейтнер, к которым присоединился молодой физик Штрассман.

Облучая уран нейтронами, они обнаружили много различных активностей и полагали, так же как и Ферми, что эти активности возникают от трансурановых элементов. Работали они в Институте Кайзера Вильгельма в Берлине. Мейтнер еврейка, но подданная Австрии, думала, что расистские законы её не коснутся. Но в 1938 году Гитлер захватил Австрию и присоединил её к Германии. Мейтнер пришлось бежать в Швецию. Здесь, со своим племянником Отто Фришем, хорошим физиком, доказали, что при захвате нейтрона ураном происходит деление ядра урана, а не образование трансурановых элементов и все наблюдавшиеся активности суть активности продуктов деления урана, которых очень много. Было найдено, что при делении выделяется 200 МэВ энергии. Однако, Нобелевскую премию за открытие деления урана получили только Ган и Штрассман, Мейтнер не получила, хотя ее представляли на премию Эйнштейн и Бор.

Когда известие о делении урана и большом энерговыделении дошли до Сциларда, ему представилось несомненным, что при делении урана должны образовываться нейтроны и, если их будет больше одного, то возможна цепная реакция. Но тогда может быть создана атомная бомба невероятной разрушительной силы. В письме в Британское Адмиралтейство Сцилард потребовал, чтобы его патент 1936 года, где формулировалась

возможность цепной реакции, вызываемой нейтронами, был упразднен, поскольку Сцилард опасался, что его открытие станет известным немцам. Сравнивая уран с торием (в тории деление медленными нейтронами не наблюдалось) и замечая, что уран существует в виде двух изотопов ^{238}U и ^{235}U , а у тория есть только один изотоп ^{232}Th , т.е. в ^{232}Th и ^{238}U имеется четное число нейтронов, а в ^{235}U — нечетное, Н. Бор пришел к выводу, что за деление медленными нейтронами ответственен изотоп ^{235}U , которого в естественном уране всего лишь 0,7%. В дальнейшем утверждение Бора, что именно изотоп U-235 ответственен за деление медленными нейтронами было подтверждено экспериментально. Тем временем Жолио, Хальбан и Коварски опубликовали в апрельском номере 1940 г. *Nature* статью, где утверждалось, что при делении возникают 3,5 вторичных нейтрона. Сцилард написал им письмо, убеждая не публиковать статью, поскольку нацистская Германия может воспользоваться этим открытием для создания атомного оружия, но письмо не возымело действия.

Решающим моментом в Атомном проекте стало письмо Эйнштейна президенту США Рузвельту о возможности создания атомной бомбы, взрывная мощность которой на много порядков превосходило бы мощность обычного оружия (в делении урана выделяется $\sim 200 \text{ MeV} = 2 \cdot 10^8 \text{ eV}$ на атом, тогда как в химических реакциях, т.е. при взрыве обычных снарядов или бомб выделяемая энергия $\sim 1 - 10 \text{ eV/атом.}$)

Написать такое письмо Эйнштейна убедили Сцилард, Вигнер и Теллер. Письмо взялся передать лично Рузвельту Сакс, экономист и юрист, который играл видную роль в предвыборной кампании Рузвельта. Немалую роль сыграло и то, что в Европе уже началась война: Германия напала на Польшу, бомбила Варшаву, Англия и Франция объявила Германии войну. Сакс читал письма Эйнштейна и Сциларда Рузвельту вслух. Из предыдущего общения с президентом он знал, как подать содержание этих писем. Рузвельт слушал внимательно и стал действовать. Он распорядился немедленно создать урановый комитет во главе с Бриггсом из физиков и представителей армии и флота и выделить ему деньги.

В Англии атомным проектом занялся Пайерлс, эмигрировавший из Германии из-за тех же расовых законов. Он вывел формулу для критической массы урана, когда процесс идет за счет быстрых нейтронов. Совместно с Фришем они нашли, что в случае изотопа ^{235}U критическая масса оказывается порядка нескольких килограммов и процесс идет столь быстро, что когда два подкритических куска урана-235 сталкиваются, то они не успевают разлететься и идет цепная реакция деления.

В Германии Вернер Гейзенберг считал, что цепная реакция деления может происходить в естественном уране на медленных нейтронах, если только найти подходящий замедлитель. В качестве замедлителя годились тяжелая вода и графит, но очень чистый графит, очищенный от всяких примесей, особенно от бора, сильно поглощающего нейтроны. Немецкий экспериментатор Боте провел опыты по поглощению нейтронов и пришел к выводу, что в графите поглощение велико и графит не может быть использован в качестве замедлителя. В дальнейшем оказалось, что опыты Боте ошибочны, графит может быть использован. По-видимому у Боте был недостаточно чистый графит. Оставалась только тяжелая вода — D_2O . Тяжелая вода в то время производилась методом электролиза и на единственном заводе, расположенном на севере Норвегии, где был накоплен уже порядочный запас. Немецкая фирма попыталась купить весь этот запас. Но немцы давали низкую цену и норвежцы отказались ее продать. Жолио тоже хотел купить, и он обратился к министру вооружения Франции. Тот убедил французский банк выдать кредит и вода была куплена Францией и поступила в распоряжение Жолио. Когда Германия захватила Норвегию, завод попал в немецкие руки, но англичане дважды послали диверсионные группы, которые уничтожили накопленные на заводе запасы тяжелой воды.

Весной 1940 г. физик из Принстона Луис Тэрнер, сравнивая деление ^{235}U с отсутствием его у ^{232}Th пришел к выводу, что делиться должен трансурановый элемент $_{94}\text{X}^{239}$, который получается при захвате нейтрона основным изотопом урана ^{238}U с последующем двумя β -распадами. В марте 1941 г. Кеннеди, Сегре и Сиборг в опытах на циклотроне доказали эту гипотезу экспериментально

и назвали новый трансурановый элемент с атомным номером 94 плутонием (элемент с $Z = 93$ ранее был назван нептунием). Тот факт, что плутоний делится тепловыми нейтронами следовал из теории Бора и Уилера. С тех пор развитие атомного проекта в США шло параллельно двумя путями: выделение изотопа урана-235 и получение плутония в реакторе путем облучения нейтронами основного изотопа ^{238}U .

Начиная с 1941 года США и Британия объединили свои усилия и основная работа по атомному проекту была перенесена в США, поскольку Англия подвергалась германским бомбардировкам. В США переехали основные участники британского проекта: Пайерлс, Фриш, Симон (который предложил для разделения ^{238}U и ^{235}U , продувать уран в газовой фазе — фторид урана через микропористое вещество), а также Фукс. Новые люди, до этого не участвовавшие в атомном проекте, вошли в него: Оппенгеймер, Бете, Кистяковский и другие. Решено было делать критический опыт, используя высокоочищенный графит в качестве замедлителя. Местом проведения опыта был выбран подземный зал стадиона в Чикаго. Сцилард, используя фонды, выделенные президентом Рузвельтом, договорился о поставке 400 т чистого графита, 40 т оксида урана и 6 т металлического урана. Систему предполагалось сделать гетерогенной с урановыми блоками переслоенными графитом, для того, чтобы быстрые нейтроны замедлялись в графите и уже замедлившись, падали на уран. Для регулирования реактора использовались кадмиевые стержни. Критический опыт проводил Ферми. 2-го декабря 1942 года был проведен критический опыт, реактор достиг критичности и осуществление цепной реакции в системе естественный уран-графит было доказано.

В том же 1942 году в беседе с Теллером Ферми высказал новую идею — использовать атомную бомбу для зажигания термоядерной реакции $\text{D} + \text{T}$ (Т-тритий) или $\text{D} + \text{D}$, которые происходят при более высоких температурах и бомба может быть сделана сколько угодно большой. Теллер загорелся этой идеей и начал работать.

7 декабря 1941 года японские самолеты атаковали базу американского флота в Перл Харбор на Гавайских

островах. Япония вступила в войну. США одновременно объявили войну Германии.

После того как была сформулирована программа действия и стало ясно, что она осуществима были необходимы организационные формы. Атомный проект получил название «Манхэттенский». Его главой стал генерал Гровс, имевший большой инженерный опыт и назначенный военным министром. Нужно было построить новую лабораторию, большого масштаба и достаточно изолированную — ведь предстояла секретная работа. Директором новой лаборатории был назначен Оппенгеймер, блестящий физик и человек с острым умом и быстро соображающий. Гровс считал его гением хотя, например, Лоуренса, создавшего первый циклотрон и лауреата Нобелевской премии, он гением не считал. Нужно было выбрать место для новой лаборатории. Оно было выбрано в Лос-Аламосе, 35 миль к Северо-западу от Санта Фе, в весьма пустынном месте. Необходимо было построить лабораторные здания, дома для сотрудников, провести линии электропередач и линии снабжения газом, создать хорошо работающую связь и, наконец, просто провести дороги. Поскольку в новой лаборатории должно было работать значительно больше сотрудников, чем в предыдущих экспериментах, (около 10000), нужно было организовывать их обучение новой профессии. Все это было сделано менее, чем за один-два года. Физическая задача, которую нужно было еще решить состояла в том, что оба куска урана или плутония не прореагировали до начала общего взрыва и вместе с тем не разлетались раньше взрыва, т.е. обеспечить возможно полную реакцию. Эта проблема была решена путем создания сферически симметричной имплозии, т.е. взрыва обычного вещества вокруг оболочки, окружающей ядерный заряд. Такой взрыв создавал давление внутрь и обеспечивал выполнение всех требований. В центре ядерного вещества располагался радиоактивный источник $Po + Be$. Были построены заводы большой мощности по производству плутония в Ханфорде (штат Вашингтон) и диффузионные заводы по разделению изотопов урана в Ок-Ридже (штат Теннесси).

Бор по-прежнему находился в Копенгагене, оккупированном немецкими войсками. Его посетили в сентя-

бре 1941 года Гейзенберг и фон Вейзеккер и попытались привлечь его к немецкому атомному проекту, но он отказался. Бор был наполовину еврей и по расистским законам он подлежал уничтожению. В 1943 году ему с сыном Ааге Бором удалось эмигрировать — сначала на лодке в Швецию, а затем в бомбовом люке британского бомбардировщика — в Англию. В бомбовом люке он потерял сознание, но когда самолет сел в Англии, сознание к нему вернулось. Германские репрессивные законы против евреев были введены в Дании, но датчане с помощью шведских пограничников смогли переправить почти всех, живших в Дании 7200 евреев, в Швецию. Датский король появился на улицах Копенгагена с нашитой на рукаве желтой звездой щита Давида, чего требовали расистские законы от евреев. Он не был евреем, но тем самым хотел продемонстрировать свое отношение к этим законам.

Бор поехал в Америку и посетил Лос-Аламос. Его точка зрения состояла в том, что не нужно сбрасывать атомную бомбу на населенные места, а провести испытания в безлюдном месте, пригласив представителей противника и убедить их в том, что при таком мощном оружии их поражение неизбежно. Затем атомное оружие должно быть взято под международный контроль, в котором участвовал бы и СССР. Бор излагал свою точку зрения видным политическим деятелям в США, а затем беседовал с Черчиллем. Но его точку зрения они не разделяли.

В ноябре 1943 года в Оак-Ридж вступил в строй охлаждаемый воздухом реактор для производства плутония. При этом выяснилась новая проблема: помимо плутония $Pu-239$ реактор производил, но в значительно меньшем количестве $Pu-240$: чтобы производить $Pu-239$, уран-238 должен был поглотить один нейтрон, тогда как $Pu-240$ возникал путем захвата $Pu-239$ еще одного нейтрона. Однако, $Pu-240$ обладал значительно большей, чем $Pu-239$ вероятностью спонтанного деления, что могло привести к предетонации. Выход был найден в том, что продолжительность кампании по наработке $Pu-239$ была ограничена. Тогда вероятность поглощения дополнительного нейтрона была мала. 26 сентября 1944 года был запущен

большой реактор для производства плутония. Однако реактор вскоре остановился, потерял критичность. После долгого размышления Ферми и Уилер поняли в чем дело: среди продуктов деления был йод с временем жизни 6,7 часов, который распадался на ксенон-135 (с временем жизни 9,1 часа). Xe^{135} обладал колоссальным сечением поглощения нейтронов, захват нейтронов ксеноном и остановил реактор. Когда ксенон распался, реактор снова пошел. Но надо было выделить небольшое количество плутония из большой массы урана. В США были химики высокого класса (Кистяковский и другие) и химическое выделение плутония из урана прошло успешно. Одновременно в Лос-Аламос стал поступать практически чистый (95%) изотоп ^{235}U . Наступила пора испытания бомбы. Место испытания было выбрано вблизи Аламагордо, в южной части штата Нью-Мексико. Испытание получило название Тринити. Были построены прикрытые землей бункеры с бетонным потолком. К Северу, в 6 милях от места взрыва были поставлены инструменты для наблюдения с высокоскоростными кинокамерами. В пяти милях к Югу находились помещения для наблюдателей, в 20 милях к Северо-востоку — место для VIP гостей. Одна башня была построена на предполагаемом месте взрыва, другая в 700 метрах от него, высотой около 6 м. Взрыв предполагалось фотографировать, использовать сейсмографы, регистрировать давление, оптические и ядерные эффекты. Два танка, прикрытые свинцом и герметизированные также стояли наготове. Бомба была из плутония. Взрыв Тринити произошел в 5.30 16 июля 1945 г. Сила взрыва была, по оценкам Ферми, свыше 10 Кт тринитротолуола, по более поздним и точным оценкам 18,6 Кт.

6 августа 1945 года на Хиросиму была сброшена бомба из $U-235$, жертвами ее стали 200 тысяч человек, 9 августа плутониевая бомба была сброшена на Нагасаки, число жертв — 70 тысяч человек. Война окончилась. 14 августа выступая по радио, император принял Потсдамскую декларацию, т.е. признал безоговорочную капитуляцию Японии.

3. Термоядерные бомбы США

Я уже упоминал об идее Ферми, разрабатывавшейся Теллером и впоследствии присоединившемся к нему математиком Уламом, когда энергия взрыва в основном выделяется за счет слияния легких элементов, а не за счет деления тяжелых — урана или плутония. К 1950 году (или, может быть, к 1951 г.) Теллер и Улам пришли к выводу, что эта идея не проходит — такую бомбу сделать нельзя. Начало термоядерной программы можно отнести к 31 января 1950 г., когда Трумэн, после испытания советской атомной бомбы, желая сохранить преимущества США в ядерном оружии, подписал распоряжение о выделении денег на термоядерный проект. Идея водородной бомбы состояла в том, чтобы создать внешнее давление на взрывное устройство (помимо давления от обычного взрывчатого вещества). Тогда, в силу законов термодинамики, температура взрывного устройства возрастает и становятся возможными те реакции, которые не протекают в обычной атомной бомбе. В первой, обычной термоядерной бомбе Майк, сделанной в США, рождаются γ -лучи и нейтроны, которые падают на жидкий дейтерий и нагревают его настолько, что нейтроны, образующиеся в реакции $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$ имеют энергию выше порога деления ${}^{238}\text{U}$. Они попадают на ${}^{238}\text{U}$ и инициируют взрыв всей системы. Майк был установлен на атолле Эниветок и взорван 1 ноября 1952 года. Энергия взрыва составляла 10 Мт. Но эта установка была нетранспортабельна, ее вес составлял 82 т и ее нельзя было доставлять самолетом. Этот недостаток был устранен в следующей установке «Браво», взорванной 1 марта 1954 года. Установка была двухступенчатой и давление создавалось потоком γ -квантов, возникающим от атомной бомбы, направленным на вторую часть установки, содержащей ${}^{238}\text{U}$. Энергия взрыва «Браво» составляла 15 Мт, диаметр поражения (т.е. разрушения капитальных строений) — 8 км.

4. Германский атомный проект [6, 33, 37, 38]

Основная работа по германскому атомному проекту проводилась в Физическом Институте Кайзера Виль-

гельма (ИКВ). Здесь Ганом, Мейтнером и Штрассманом в 1939 году были поставлены опыты по поглощению нейтронов ураном. Результаты оказались неожиданными, в образовавшихся продуктах в большом количестве присутствовали ядра среднего атомного веса. Первоначально авторы думали, что они возникают от распада образовавшихся трансураниевых элементов. Затем, однако, после эмиграции Мейтнер в Швецию, Мейтнер и Фриш показали, что на самом деле происходит деление ядер урана и ядра среднего атомного веса являются продуктами деления. После того, как в начале 1940 г. Жолио, Хальбаном и Коварским было обнаружено, что в процессе деления возникают 3,5 нейтрона, стало ясно, что в уране возможна цепная реакция с колоссальным выделением энергии. Вопросом деления ядра заинтересовался Исследовательский Отдел Управления вооружения сухопутных сил, во главе отдела стоял полковник Шуман. По приказу Шумана Физический Институт ИКВ был мобилизован для военных работ. Формальным главой Физического Института ИКВ стал Дибнер, однако фактически всеми работами по атомному проекту руководил Гейзенберг. В группу Гейзенберга входили К. фон Вейцзекер, К. Вирту, Ф. Бонн. В закрытом отчете «Возможности технического получения энергии путем расщепления урана», вышедшем в декабре 1939 года Гейзенберг констатировал, что делящимся изотопом в естественном уране является изотоп $U-235$ и его содержание составляет 0,7% (ему уже была известна работа Бора по этому вопросу). Предметом изучения был реактор, работающий на тепловых нейтронах, поскольку их сечение много больше сечения на быстрых нейтронах. Как следствие неправильной работы Боте, исследовавшего поглощение нейтронов в графите, графит в качестве замедлителя был отвергнут и единственным оставшимся замедлителем была тяжелая вода. Но ее было мало. В 1940 Хартек (в Гамбурге) и Хоутерманс⁹ (в группе фон Арденне) основываясь на модели

⁹ Судьба Хоутерманса необычна [15]. Он был антифашистом. После прихода Гитлера к власти, он эмигрировал в Советский Союз и работал в Харьковском Физико-Техническом Институте (УФТИ). Институт был основан А.Ф. Иоффе и там была сильная группа физиков: Ландау, Шубников, Розенкевич, Горский, Лейпунский,

ядра Бора-Уилера, теоретически показали, что элемент с зарядом 94 и массовым числом 239 (плутоний) способен делиться тепловыми нейтронами. Он возникает при захвате теплового нейтрона ураном-238 и последующих двух бета-распадов, так что его можно производить на реакторе, работающем на тепловых нейтронах.

Гейзенберг впоследствии утверждал, что их целью было создание реактора для двигателя. С 1943 года работать в Берлине стало все труднее из-за англо-американских бомбардировок. Работы перенесли в Эхинген в Южной Баварии. Последний эксперимент был проведен в феврале 1945 года в скальной пещере вблизи от деревни Хайгерлох. Он показал, что самоподдерживающаяся ядерная реакция очень близка, хотя осуществить ее не удалось. Через несколько недель американские войска вошли в немецкий ядерный центр в Баварии и Миссия АЛСОС захватила в Эхингене Гейзенберга, фон Вейзекера и других. Они были интернированы в специальную тюрьму в Фарм-Холле, Англии, которая содержала подслушивающие устройства, так что все их разговоры записывались. Немецкие физики были очень удивлены, когда узнали, что американцам удалось создать атомную бомбу — они думали, что эта задача требует многих десятилетий. Хоутерманс не был интернирован. Он переехал в Швейцарию, где организовал Институт Теоретической Физики в Бернском Университете.

Синельников и др. В Институте в 1930 годы проводились Международные конференции по ядерной физике. Но в 1937 году многих из физиков посадили (дело УФТИ), а некоторых даже расстреляли (Шубникова, Горского, Розенкевича). Ландау избежал арестов, поскольку незадолго до них уехал в Москву и стал работать в Институте Физических Проблем (у Капицы). Хоутерманс был тоже арестован и пробыл в тюрьмах до 1940 года, когда в эпоху дружбы с Германией его передали гестапо. Сравнивая следователей НКВД и гестапо, он отмечал, что следователи гестапо были менее квалифицированы, чем следователи НКВД. Например, Хоутерманс сидел за одним столом со следователем и тот не догадывался, что он может читать, когда буквы стоят вверх ногами. Из берлинской тюрьмы ему удалось сообщить Лауэ, что он, Хоутерманс в Берлине. Тот догадался, что он в тюрьме, добился его освобождения и Хоутерманс стал работать в группе фон Арденне.

5. Атомный проект СССР [5], [9], [16–22]

Начало исследований по ядерной физике в СССР следует отнести к 1932 году. Как уже говорилось, это был год прорыва в изучении ядерной физики. Абрам Федорович Иоффе создал Политехнический Институт (Политех) в Ленинграде, а также стремился к тому, чтобы физика стала популярной во всей стране (он, например, создал УФТИ — Украинский Физико-Технический Институт и направил туда ряд своих сотрудников). Иоффе не мог пройти мимо новых достижений в физике и организовал в Политехе группу ядерной физики, которую сам и возглавил. Но через полгода передал руководство группой (она стала называться Отделом ядерной физики) своему ученику Игорю Васильевичу Курчатову. Курчатов, который до этого занимался сегнетоэлектричеством, активно занялся новой тематикой. Первые, но уже знаменитые его работы по ядерной физике были посвящены физике изомерных (т.е. метастабильных) состояний атомных ядер.

Другой группой в том же Политехе, которая занималась ядерной физикой, была группа Абрама Исааковича Алиханова в отделе Лукирского. Они изучали процессы внутренней и внешней конверсии электронов и позитронов при β -распадах ядер. Конверсией называется процесс, когда γ -квант, рожденный в ядре, выбивает электрон из того же атома. В 1935 году Шенкланд, изучая процесс комптоновского рассеяния γ -квантов на электроне, пришел к выводу, что в этом процессе энергия не сохраняется. Многие физики, в частности Бор, поверили этому результату, Бор даже выдвинул гипотезу, что в атомных процессах энергия не сохраняется, а ее сохранение возникает лишь статистически, т.е. требует многих частиц. В 1936 году Алиханов, Алиханян и Арцимович поставили опыт по аннигиляции медленных позитронов: $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$.

В этом опыте, если энергия сохраняется, то вылетающие γ -кванты должны лететь в строго противоположных направлениях, а энергия каждого из них должна равняться mc^2 , где m -масса электрона, c — скорость света. Опыт доказал сохранение энергии в элементарном акте. Алиханов был назначен заведующим подотделом пози-

тронов в Отделе Лукирского и был избран членом-корреспондентом Академии Наук СССР.

Помимо Политеха в Ленинграде уран исследовали также в Радиевом Институте. Здесь работали такие крупные ученые как Вернадский, Хлопин и ряд других. По инициативе Вернадского была создана Урановая комиссия Академии Наук. Он настаивал на поисках урановых месторождений и проведении других исследований по урану.

А.Ф. Иоффе организовал в СССР конференции по атомному ядру с приглашением иностранных ученых. Первая такая конференция состоялась в 1933 году, в ней приняли участие Дирак, Жолио-Кюри, Розетти, Вайскопф. В дальнейшем состоялось еще несколько таких конференций.

До войны в Радиевом Институте АН работал ускоритель протонов — циклотрон, построенный группой по руководством Мысовского. Но работал он крайне неустойчиво. Поэтому Курчатов и Алиханов решили в 1939 году построить в Радиевом Институте новый устойчиво работающий циклотрон с большей энергией. Строительство циклотрона было почти завершено, но тут их работы прервала война. В УФТИ Синельников, Лейпунский, и др. в 1936 году повторили опыт Кокрофта и Уолтона.

В 1939 г. Зельдович и Харитон написали три статьи, посвященные возможности использования урана для получения энергии и развития цепной реакции в уране. Они пришли к следующим выводам: 1) в естественном уране ни на быстрых, ни на медленных нейтронах цепная реакция невозможна, следовательно, нельзя получить и энергии; 2) в изотопе урана -235 на медленных нейтронах цепная реакция возможна и масса его должна быть порядка 10 кг (в согласии с результатом Пайерлса и Фриша); 3) замедлителем в системе уранозамедлитель может быть только тяжелая вода, а не графит [9], [16–22].

Первые сведения о ведущемся на Западе атомном проекте получил Г.Н. Флеров. Еще до войны он и К.А. Петржак сделали открытие — наблюдали спонтанное деление ядер урана. В 1942 г. будучи в армии, в свободное время Флеров зашел в библиотеку Воронежского университета,

чтобы поинтересоваться, что же происходит в ядерной физике. Он обнаружил, что если раньше в журналах было много статей по этому предмету, то теперь такие статьи полностью отсутствуют. Отсюда он сделал вывод, что статьи стали секретными и ведется военный проект. Об этом он написал письмо Сталину, но ответа не получил. Через некоторое время он написал вторичное письмо Сталину, в котором изложил «пушечную схему» использования урана для атомной бомбы. Но снова не получил ответа. Примерно в то же время в кармане убитого немецкого офицера было найдено записная книжка, в которой оказались сведения, относящиеся к немецкому атомному проекту. Полковник И.Г. Старинов послал ее Сталину, но никакой реакции не было. Реакция появилась, когда Берия в 1943 г. представил Сталину данные, полученные разведкой в Англии и США. Из этих данных следовало, что: 1) атомная бомба из урана 235 может быть создана, ее вес должен быть порядка десяти килограммов; 2) наиболее подходящим методом для разделения урана 238 и 235 является метод диффузии фтористого урана (газа) через пористые перегородки. Взрывная сила такой бомбы весом порядка 10 кг эквивалентна 1800 т тринитротолуола и при этом выделяется большое количество радиоактивного материала. Цена предприятия, производящего 3 бомбы в месяц, оценивалась в 5 млн английских фунтов. Время для создания атомной бомбы порядка 3 лет, т.е. ее можно было создать еще во время войны, и она оказала бы решающее влияние на ход военных действий.

Выслушав доклад Берия, Сталин решил образовать группу физиков для исследования проблемы создания атомной бомбы и поручил Молотову и Кафтанову (Председатель Комитета по делам высшей школы, ведавший наукой в правительстве) подыскать руководителя этой группы. Молотов и Кафтанов обратились к А.Ф. Иоффе, вице-президенту АН СССР и наиболее известному физику. В своем ответном письме Иоффе написал, что решение этой проблемы требует многих лет, а он уже стар (ему тогда было 63 года), возглавить такую группу он не может. Он рекомендовал, как кандидатов на роль главы группы, своих аспирантов Алиханова и Курчатова

(именно в таком порядке). Молотов и Кафтанов вызвали в Москву обоих (они были вне Москвы) и побеседовали с ними. Курчатов произвел на них хорошее впечатление, а Алиханов — скорее плохое. В 1943 году в Академии Наук была создана Лаборатория №2 и ее начальником был назначен И.В. Курчатов. Первоначально лаборатория была очень невелика: в нее входили Алиханов, Зельдович, Харитон, Кикоин, Померанчук, Флеров и еще несколько человек. Как позднее вспоминал Померанчук, «вся Лаборатория №2 помещалась в джипе Курчатова». Основным направлением считалось разделение изотопов $U-238$ и $U-235$.

После того, как поступили данные разведки (в основном из Англии) о том, что элемент эка-осмий ${}_{94}\text{X}^{239}$, названный плутонием, также способен делиться при захвате нейтронов, Курчатов резко изменил основное направление исследований: оно теперь было направлено на получение плутония в ядерном реакторе, работающем на медленных нейтронах и содержащем естественный уран и замедлитель, которым мог бы быть графит или тяжелая вода. Информация о возможности использования тяжелой воды как замедлителя поступила от Клауса Фукса¹⁰. Фукс, немец, коммунист эмигрировал из Германии в Англию после прихода Гитлера к власти. В Англии его пригласил Пайерлс работать в его группе. Фукс оказался очень способным физиком, но он считал, что если США и Англия будут иметь атомную бомбу, то такую же бомбу должен иметь и Советский Союз. Поэтому, после того как группа Пайерлса, включая Фукса, переехала в США и вошла в Манхэттенский проект, Фукс связался с советскими агентами и стал передавать через них всю имеющуюся у него информацию. В Советский Союз поступили данные о первом реакторе на естественном уране с графитовым замедлителем, запущенным Ферми в 1942 году, чертеж промышленного реактора для производства плутония — естественный уран + графит, чертеж канадского реактора — естественный уран + тяжелая вода (насколько известно, до

¹⁰ Краткое упоминание об использовании тяжелой воды как замедлителя содержалось в статье Зельдовича и Харитона.

1943 года Берия не сообщал об этих данных Сталину и не советовался с физиками).

Алиханов был сторонником использования тяжелой воды в качестве замедлителя нейтронов вместо графита, поскольку тяжелая вода поглощает меньше нейтронов, чем графит. Кроме того тяжелая вода как теплоноситель позволяет избежать очень опасного в случае графитового реактора положительного температурного эффекта. Проектирование и сооружение тяжеловодных реакторов, т.е. когда замедлителем нейтронов является тяжелая вода стал основным направлением работ Лаборатории № 3 (ныне Институт Теоретической и Экспериментальной Физики — ИТЭФ) на долгие годы. Лаборатория № 3 была второй в СССР лабораторией Атомного проекта. Чертеж канадского реактора, где замедлителем является тяжелая вода, а также образцы урана-235 и урана-233 (уран-233 нестабилен, но живет очень долго и может быть использован для атомной бомбы) были переданы английским физиком А.Н. Мэем.

Материалы, полученные разведкой, передавались только Курчатову. Он мог написать на данном материале: «Ознакомить» и указать одну или максимум две фамилии. Но указанные люди не могли сослаться на источник полученной информации и были вынуждены выдавать эти результаты за свои. Впоследствии был передан чертеж атомной бомбы. В 1946 году Фукс передал в Советский Союз сначала краткое сообщение о возможности термоядерной бомбы, а затем подробное ее описание. Но работы над атомным проектом велись малыми силами и довольно медленно до 1945 года, когда стало известно о взрыве атомной бомбы над Хиросимой (сначала об оружии необычайной силы сказал Сталину Трумэн на Потсдамской конференции, а затем поступили сведения о самом взрыве). Это ускорило вступление Советского Союза в войну с Японией, поскольку Сталин пытался захватить как можно больше территорий до капитуляции Японии.

После взрыва атомной бомбы над Хиросимой, дело по созданию атомной бомбы в СССР пошло очень быстро. 20 августа 1945 года был организован Специальный комитет во главе с Берия, куда вошли видные деятели

партии и государства, а также двое ученых — Капица и Курчатов. При специальном комитете был создан Научно-Технический Совет, председателем которого стал Ванников, ученым секретарем — Алиханов. Сталин вызвал Курчатова и сказал ему: «Дитя не плачет, мать не понимает. Просите и все нужное получите». 30 августа 1945 года было создано Первое Главное Управление (ПГУ) при Совнаркомом для повседневного руководства организацией атомной промышленности, главой которого был назначен Б.Л. Ванников, он же являлся заместителем председателя Специального комитета, заместителем Ванникова был назначен зам. наркома внутренних дел А.П. Завенягин. В сентябре на Техническом совете Специального комитета состоялось совещание, на котором были заслушаны доклады:

- 1) И.В. Курчатов и Г.Н. Флеров (отдельные доклады) «Получение плутония в уран-графитовых реакторах, охлаждаемых обычной водой».
- 2) А.И. Алиханов «Получение плутония в реакторах на естественном уране, где замедлителем и теплоносителем является тяжелая вода».
- 3) И.К. Кикоин и П.Л. Капица «Получение обогащенного урана газо-диффузным методом».
- 4) Л.А. Арцимович и А.Ф. Иоффе «Обогащение урана электромагнитным способом».

Руководителем Лаборатории №3 был назначен Алиханов, ей было передано здание бывшей усадьбы Меншикова в Черемушках (построена в 1780 г.). Перед Лабораторией № 3 были поставлены следующие задачи:

- 1) физические исследования, проектирование и осуществление ядерного котла уран — тяжелая вода;
- 2) физические исследования систем торий — вода, торий — плутоний — вода для получения ^{233}U , который делится при захвате медленных нейтронов;
- 3) физические исследования β -радиоактивности;
- 4) физические исследования ядерных частиц большой энергии и космических лучей.

Больших успехов добились советские ученые в теории ядерных реакторов на медленных нейтронах. Они, в основном, рассматривали гетерогенные системы, где уран располагался в замедлителе в виде цилиндров (блоков)

или пластин, поскольку понимали, что в этом случае вероятность вредного поглощения резонансными уровнями $U-238$ будет меньше. Еще в 1940 г. Зельдович и Харитон ввели понятие коэффициента размножения k , определенного как отношение числа нейтронов, образующихся при делении к числу поглощенных нейтронов в бесконечной системе, когда потерями нейтронов за счет ухода из системы можно пренебречь. Для k была получена формула

$$k = v' \phi \varepsilon$$

$$v' = \frac{\sigma_f}{\sigma_c + \sigma_f}$$

где v — число нейтронов, образующихся в делении при захвате теплового нейтрона, σ_f — сечение деления, σ_c — сечение поглощения нейтрона делящимся материалом без деления (все сечения относятся к тепловым нейтронам), ϕ вероятность быстрого нейтрону, рождающемуся при делении достичь тепловых энергий, не будучи захваченным резонансными уровнями, θ — вероятность поглощения теплового нейтрона делящимся материалом. Множитель ε , введенный позднее Флеровым, учитывает деление быстрым нейтроном в том же блоке урана. Необходимое условие цепной реакции:

$$k > 1.$$

Наиболее сложной проблемой является вычисление ϕ . Эта проблема была решена Гуревичем и Померанчуком в 1943 году [15]. Основное положение их теории таково. Рассмотрим отдельный уровень (например, уровень ^{238}U при $E_r = 6, 67$ эВ с шириной $\Gamma = 25 \cdot 10^{-3}$ эВ и сечением в пике $\sigma_0 = 22 \cdot 10^3$ барн, 1 барн = 10^{-24} см²). Определим ширину «опасной зоны» ΔE_r равенством (1):

$$\sigma_a \left(E_r + \frac{1}{2} \Delta E \right) \rho \bar{l} = 1 \quad (1)$$

где $\sigma_a(E)$ сечения поглощения, E_r — энергия нейтрона в пике сечения, ρ — число поглощенных атомов в см³ в блоке и \bar{l} — средний пробег нейтрона в блоке. Нейтроны с энергией в центре резонансного уровня со 100% вероятностью поглощаются урановым блоком. Приве-

денное выше равенство соответствует такому определению «опасной» зоны, когда вероятность поглощения нейтрона урановым блоком составляет 50%. Предположим, что вблизи резонанса $\sigma_2(E)$ описывается формулой Брейта-Вигнера

$$\alpha_a(E) = \alpha_a(E_r) \sqrt{\frac{E_r}{E}} \frac{1}{1+x^2}, \quad x = \frac{2}{\Gamma}(E - E_r).$$

Подставляя это равенство в предыдущее получаем $\Delta E = \Gamma \sqrt{a}$.

где $a = \sigma_a(E_r) \rho l$. Для первого, наиболее опасного уровня в ^{238}U $a \gg 1$, $\Delta E_r \gg \Gamma$. Это означает, что определяющим в резонансном поглощении является поглощение крыльями резонанса. Если мы разделим резонансы на две группы: низко лежащие и высоко лежащие, то приведенное рассуждение относится к первой группе. Для второй группы резонансное поглощение просто пропорционально числу атомов. Окончательная формула для резонансного поглощения, полученная Гуревичем и Померанчуком для цилиндрических блоков имеет вид [15]:

$$\ln \varphi = \frac{\lambda_s}{\xi} \frac{\alpha d^{3/2} + B d^2}{a^2 - \frac{\pi d^2}{4}},$$

где α выражается через параметры резонансного уровня, λ_s — длина рассеяния в замедлителе, ξ — средняя логарифмическая потеря энергии в замедлителе, $1/\xi \approx A/2 + 1/3$. Этот результат справедлив для малых блоков, где $l < \lambda_s$. В США резонансное поглощение рассматривалось Э. Вигнером, который предложил интерполяционную формулу

$$-\ln \varphi = \frac{\lambda_s}{\xi} \frac{A d + B d^2}{a^2 - \frac{\pi d^2}{4}}.$$

Формулы принципиально различны ($d^{3/2}$ в первой и d во второй). В начальной стадии атомного проекта в США и СССР, когда параметры уровней урана еще не были известны, константы и в той, и в другой формуле определялись эмпирически и подгонка их в обоих случаях давала удовлетворительный результат. Однако, даже

в этом случае формула Гуревича и Померанчука имеет преимущество перед формулой Вигнера: 1) она предсказывает Допплеровское уширение линии, т.е. величину температурного эффекта. С повышением температуры кривая резонансного поглощения меняется следующим образом: сечение в пике уменьшается, но площадь под кривой остается прежней, т.е. крылья поднимаются. Поскольку резонансное поглощение нейтронов определяется крыльями резонанса, то оно растет, т.е. ϕ — уменьшается; 2) она дает возможность расчета в тех случаях, когда замедлитель находится внутри блока, что и было сделано Рудиком в ИТЭФ.

В 1947 году Ахиезер и Померанчук написали книгу «Введение в теорию нейтронных мультиплицирующих систем (реакторов)», где была изложена детальная теория реакторов [18]. Помимо теории резонансного поглощения они рассматривали определение критических размеров, заложили основы теории гетерогенного реактора, изучили теорию кинетики реакторов, температурный коэффициент и решили точно краевую задачу для плоской границы среды с вакуумом (путем решения уравнения Больцмана методом Винера-Хопфа). Это была первая в мире книга по теории реакторов (в США книга появилась на 3 года позже и была значительно слабее). Книга была засекречена и опубликована только в 2002 году. Другие сотрудники ИТЭФ также внесли значительный вклад в теорию реакторов: Галанин построил теории гетерогенного реактора [19, 20], Галанин и Иоффе рассчитали цикл $Th-^{233}U$, когда замедлителем является тяжелая вода [21] и показали, что он может быть использован как бридер; Иоффе и Окунь построили теорию глубокого выгорания в тяжеловодном реакторе [22].

В 1945 г. в письмах Сталину Капица выступил против секретности в атомном проекте и против того, что Спецкомитетом руководят некомпетентные люди, такие как Берия, Маленков и Вознесенский. Он предлагал не следовать американскому пути создания атомной бомбы, а найти свой путь. Капица считал, что не существует советской науки или английской науки, а есть только интернациональная наука. В этом отношении его взгляды были близки к точке зрения Бора. Бор написал

Капице, что ученые должны собраться для обсуждения последствий создания атомной бомбы, Капица поддержал это предложение. Вместо такой встречи Берия послал в Копенгаген на встречу с Бором Якова Терлецкого, научного советника «Отдела С» НКГБ, который читал лекции в МГУ по статистической физике и мало что знал из ядерной физики. Цель поездки Терлецкого была выведать у Бора информацию о бомбе. Но большинство ответов Бора на вопросы Терлецкого были малоинформативны. Но один ответ представлял интерес и мог бы дать полезную для того времени информацию. Терлецкий спросил Бора, через какое время из атомного реактора извлекаются урановые блоки, в которых содержится плутоний. Бор ответил, что он точно не знает, но вроде бы через неделю. Ответ Бора был совершенно неверен, то ли он сам не знал, то ли умышленно ввел Терлецкого в заблуждение (на самом деле, примерно через месяц.). Поездка Терлецкого к Бору была одним из моментов противостояния Капицы и Берия. 19 декабря 1945 года Капица подал заявление о выходе из атомного проекта. Берия просил у Сталина разрешения на арест Капицы, но Сталин отказал, сказав: «Я тебе его сниму, но ты его не трогай». В августе 1946 г. Сталин подписал распоряжение о смещении Капицы с поста директора института. Капица был вынужден проводить исследования на даче на Николиной горе, но неподалеку был пост НКВД.

С 1945 года начались работы по созданию экспериментального атомного реактора с замедлителем из графита. В своей работе Курчатов в значительной мере использовал чертеж американского реактора (например, урановые стержни были такого же диаметра, как у американцев). Работа затруднялась нехваткой урана и графита требуемой чистоты (напомню, что из-за плохой чистоты графита Боте в Германии пришел к выводу о непригодности графита в качестве замедлителя). Тем не менее, 20 декабря 1946 г. экспериментальный реактор Ф-1 был пущен, цепная реакция пошла. Но мощность реактора не превышала 200 Вт, на нем можно было проводить только экспериментальные работы и то, далеко не все. Реактор работал без охлаждения.

Первый промышленный реактор был построен на Урале в 15 км к востоку от города Кыштым вблизи от озера, из которого можно было брать воду для охлаждения реактора (Челябинск-40). Строительство зданий реактора, вспомогательных служб, прилегающего города и добыча урановой руды велась заключенными. Также заключенные строили некоторые здания Лабораторий №2 и №3. За их здоровьем никто не следил, а ведь они подвергались облучению. Поэтому смертность среди заключенных была очень высокой. 22 июня 1948 года реактор был запущен на мощности 100 Мвт. Здесь пришлось преодолеть те же трудности, которые были у американцев: отравление ксеноном, ограничение кампании из-за накопления ^{240}Pu и др. Но из донесений разведки было известно, как их преодолевать. Был построен завод для химического выделения плутония из урана. К 1949 году первые килограммы плутония были получены.

Одновременно в Лаборатории №3 шла работа по тяжеловодному направлению. Здесь прежде всего надо было получить достаточное количество тяжелой воды, которой в СССР практически не было, а затем построить экспериментальный тяжеловодный реактор. Тяжелая вода получалась методом электролиза на Чирчикском комбинате. В отличие от графитового реактора, тяжеловодный реактор представлял собой сложную физическую установку. Особенностью тяжеловодных реакторов является то, что под действием нейтронов, в них появляется гремучая смесь (смесь водорода и кислорода), которую необходимо удалять и сжигать. Для сооружения реактора использовался канадский проект, но было одно важное отличие — крышка реактора была вращающейся. Это позволяло иметь возможность менять шаг решетки, тем самым выбирать наиболее оптимальный размер урановых блоков и шаг решетки и, одновременно, проверять теоретические расчеты. Одним из преимуществ тяжеловодного реактора было то, что для его загрузки требуется меньше 10 т урана, тогда как загрузка графитового котла составляет около 150 т. Реактор был введен в строй в апреле 1949 г., его мощность составила 400 Квт.

В 1955 году в реакторе стали использоваться кольцевые блоки, 2% обогащение, его мощность стала 2,5 МэВ,

а поток нейтронов в центре реактора $4 \cdot 10^{13} \text{ сек}^{-1} \text{ см}^{-2}$. Усовершенствованные реакторы такого типа (мощностью 10 Мвт) были построены по проекту ИТЭФ в Китае и Югославии. В 1964 году Ю.Г. Абовым и П.А. Крупчицким на этом реакторе было открыто несохранение четности в сильных взаимодействиях. В дальнейшем в Челябинске-40 были построены и успешно эксплуатировались несколько промышленных тяжеловодных реакторов.

Был взят американский проект взрыва плутониевой бомбы. Первоначально конструктором первой бомбы был В.А. Турбинер. Он внес некоторое усовершенствование в американский проект и настаивал на них. Но Сталин сказал: «Делать все точно по американскому проекту!». Турбинер был снят с работы и на его место был назначен Н.Л. Духов, работавший ранее директором одного из военных заводов. Духов ничего не понимал в ядерной физике и мало понимал в конструкции атомной бомбы, не имея соответствующего опыта. Но волей Сталина он был назначен на должность главного конструктора бомбы. После успешного испытания Н.Л. Духов стал Героем Социалистического Труда, а Турбинер получил премию — месячный оклад. Испытание было проведено 29 августа 1949 года на полигоне в 160 км от Семипалатинска. На полигоне были построены два трехэтажных здания для изучения влияния взрыва, башня для помещения заряда, здание командного пункта и другие сооружения. Мощность взрыва составила около 20 Кт тротила. Поздравляя Курчатова с успешным испытанием, Берия обнял и расцеловал Курчатова со словами: «Было бы большое несчастье, если б не вышло!». Курчатов хорошо знал, какое было бы несчастье.

6. Термоядерные бомбы СССР [5–9, 11, 12]

Первая практически реализуемая система термоядерного взрыва принадлежала Сахарову. Взрывное устройство, его Сахаров называл «слойка», состояло из чередующихся концентрических слоев ^{238}U и жидкого дейтерия с некоторой примесью трития (в виде тяжелой воды).

Запалом являлась обычная атомная бомба, которая создавала давление и, тем самым, поднимала температуру и энергию нейтронов. Так, что их энергия была достаточна для деления ^{238}U . В дальнейшем, В.Л. Гинзбург предложил усовершенствовать систему, заменив дейтерий на ^6LiD . Тогда нейтроны, попадая на дейтерий, расщепляли его, практически не теряя энергии: $D + n \rightarrow p + n + n$ (A). Если же нейтрон ударял по Li^6 , то происходила реакция $^6\text{Li} + n \rightarrow T + ^4\text{He}$ (B). Но сечение $D + T = ^4\text{He} + n^3$ реакции на два порядка было выше сечения $D + D \rightarrow ^3\text{He} + n$ и температура, при которой оно осуществлялось, была существенно ниже. Таким образом, в обоих случаях — процессов A и B — возникало существенное преимущество. Испытание этой бомбы (оно именовалось РДС -6с) состоялось на Семипалатинском полигоне 12 августа 1953 года. Ее тротиловый эквивалент взрыва составил 400 Кт, т.е. в 20 раз превосходил энергию бомбы, сброшенной на Хиросиму. Заряд РДС-6с был транспортабельным, т.е. мог быть использован как термоядерное оружие. Радиус поражения, т.е. то расстояние от эпицентра, где температура достигала 300° был порядка 2,5 км. Следующим шагом в развитии термоядерных бомб было использование γ -излучения для создания давления во взрывной части бомбы. Это достигалось тем, что бомба была окружена оболочкой из тяжелого вещества (бомба получила название РДС-37). В ней в качестве взрывного вещества использовался ^6LiD , тритий не применялся. Бомба была сброшена с самолета 6 ноября 1955 года в уполовиненном варианте. Тротиловый эквивалент полномасштабной бомбы составлял около 3 Мт. В дальнейшем это направление интенсивно развивалось и на полигоне на Новой Земле в 1961 году в уполовиненном варианте сброшена с самолета бомба с тротиловым эквивалентом 50 Мт (т.е. ее полный тротиловый эквивалент составлял 100 Мт). В результате радиоактивному загрязнению подвергся весь Север Европейской части СССР и даже в Москве радиационный фон был превышен в несколько раз.

7. Зачем Советскому Союзу требовалось ядерное оружие

Обычный ответ на этот вопрос: чтобы противостоять нападению США с ядерными бомбами или противостоять атомному шантажу со стороны США (признаться, я не слышал других ответов). Однако, как показано ниже, этот ответ неверен. Первая атомная бомба в СССР была испытана 29 августа 1949 года. Она была единственной, на складах больше никаких атомных бомб не было. Это была плутониевая бомба, плутоний для нее производился на одном реакторе, его производительность была порядка 10 бомб в год.

В то же время в США (ноябрь 1949 г.) по плану Объединенного комитета начальников штабов (высший военный орган США) для полного уничтожения военного и экономического потенциала СССР было необходимо 130 атомных бомб с энергией 20 Кт (типа Хиросимской). У США к концу 1949 года было такое количество бомб и было для их доставки достаточное количество самолетов (35 В-50, оборудованные для несения атомных бомб с территории США с посадкой на своих базах в Европе или на Ближнем и Дальнем Востоке, 36 В-36 на базах США и их союзников, более сотни В-29). Все эти самолеты могли летать на высотах более 40 000 футов, вне досягаемости советских зенитных установок и истребителей перехватчиков. Более того, у Советского Союза не было самолетов, способных долететь до территории Соединенных Штатов. Сталин поставил Туполеву задачу создать такой самолет, но тот отказался, сказав, что он такой самолет сделать не сможет. Сталин поставил эту же задачу Мясищеву, тот работал два года, но успеха не добился.

Таким образом, к концу 1949 года Советский Союз был полностью незащищен от атомного нападения США. Но атомного нападения не было.

Во времени войны в Корее (лето 1950 г.), когда американские и южно-корейские войска были прижаты к узкой полосе южного побережья Корейского полуострова, командующий войсками на Дальнем Востоке генерал Макартур и командующий ВВС США Ли Мэй обсужда-

ли вопрос об использовании атомного оружия в Корее (тогда превосходство США над СССР в атомных бомбах было еще большим), но отказались от его применения, даже не обращаясь к Трумэну — разрешить использовать атомное оружие мог только президент США. Они предпочли высадить десант в Инчоне.

Ситуация изменилась к концу 1950-х — началу 1960-х годов. Хотя у США по-прежнему сохранялось преимущество в числе атомных бомб (18000 в 1961 г.) намного превосходящее потребность в случае войны с СССР, у СССР появились баллистические ракеты, способные достичь США (замечу, что увеличение выделяемой энергии при взрыве бомбы от 10 Мт до 100 Мт нецелесообразно, поскольку основная часть энергии уходит в межпланетное пространство: эффективная толщина атмосферы порядка 10 км, а разрушающий радиус 10 мегатонной бомбы — такого же порядка). Данное Сталиным объяснение, приведенное в начале этого раздела было неверным, так как он не мог предвидеть развитие атомных бомб на 10 лет вперед.

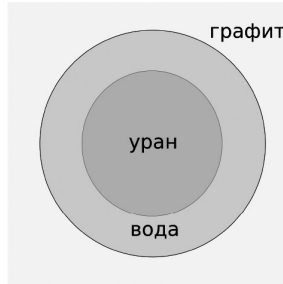
Сейчас (по договорам СНВ-1 и СНВ-2) у США и России имеется около 8000 баллистических ракет с ядерными боеголовками. У США энергия взрыва одной боеголовки порядка 2 Мт, правомерно предположить, что и у России такого же порядка. Из приведенных цифр ясно, что как число боеголовок, так и их энергия взрыва на много порядков превышают военную потребность, даже в случае войны между Россией и США и с учетом противоракетной обороны (перехватить ракету можно только на начальном — разгонном участке ее траектории, дальше боеголовка летит по баллистической траектории и потому практически невидима). Поэтому я считал бы разумным ограничением для всех ядерных держав порядка 10 баллистических ракет с ядерными боеголовками, причем ракеты и боеголовки должны храниться отдельно. Это снизило бы вероятность несанкционированного запуска в результате ошибки персонала, несрабатывания приборов контроля и т.д.

8. Основная причина чернобыльской катастрофы [20]

Основной причиной чернобыльской катастрофы был положительный температурный коэффициент реактора¹¹. Чернобыльский реактор охлаждался водой, а замедлителем служил графит. Для простоты представим себе поперечное сечение теплоделяющего элемента (ТВЭЛ) реактора в виде, представленном на рисунке 1.

Рисунок 1

Поперечное сечение ТВЭЛ в нашей модели (в Чернобыльском реакторе ТВЭЛ был более сложным, но выводы остаются те же, что и в нашей модели)



Уран покрыт тонкой алюминиевой оболочкой и такая же оболочка отделяет охлаждающую воду от графита (в расчете оболочку можно не учитывать). Распределение нейтронов описывается уравнениями диффузии с граничными условиями

$$D \frac{\partial n}{\partial r} \Big|_i = D \frac{\partial n}{\partial r} \Big|_k, \quad D = \frac{1}{3} l_t V$$

для каждой границы (i, k — уран, вода, графит, l_t — транспортные длины, $l_t = l_s / (1 - \cos \theta)$, где $\cos \theta$ — средний косинус угла рассеяния, близкий к нулю, V — скорость нейтрона. В уране и графите l_t примерно равны (l_t)_{гр} \approx (l_t)_У \approx 2,5 см, в воде же l_t значительно меньше

¹¹ Температурным коэффициентом называется отношение изменения мощности реактора к изменению его температуры.

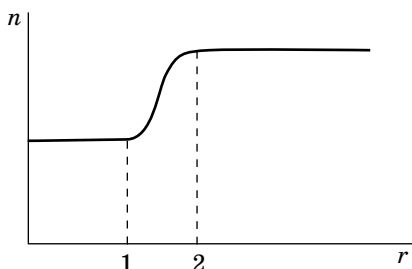
$(l_t)_{H_2O} \approx 0,8$ см. т.е. различие в коэффициентах диффузии $(l_t)_{H_2O}/(l_t)_U = 1/3$ должно компенсироваться различием в производных $(\partial n/\partial r)_{H_2O}/(\partial n/\partial r)_U \approx 3$.

Для конкретных значений ТВЭЛ чернобыльского реактора отсюда следует, плотность нейтронов на границе графита с водой примерно в 1,5 раза выше плотности нейтронов на поверхности урана (см. рис. 2).

Рисунок 2

Плотность нейтронов в поперечном сечении ТВЭЛ
как функция радиуса r ,

1 — граница урана с водой, 2 — граница воды с графитом



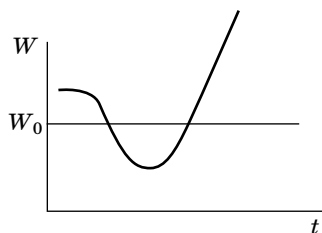
Теперь представим себе, что вода сильно нагревается или даже вскипает. Тогда плотность нейтронов на границе графита оказывается такой же, как и на уране, т.е. поглощение нейтронов в графите сильно падает. Это значит, что коэффициент размножения резко возрастает и реактор идет в разгон. Именно это и произошло в Чернобыле. Но взрыв был тепловой, а не ядерный, поскольку есть другие факторы, которые делают температурный коэффициент отрицательным при очень высоких температурах (порядка $2000^\circ - 3000^\circ$). Положительный температурный коэффициент был недостатком проекта, но авторы надеялись, что введенные ими дополнительные устройства заглушат его действия. Увы, такого не произошло.

Реально в случае чернобыльской катастрофы дело обстояло таким образом. Должен был проводиться эксперимент на мощности 200 МВт. В этот момент реактор работал на мощности 400 МВт. Неблагоприятным обстоятельством было то, что как раз тогда почти все

регулирующие стержни были подняты, т.е. находились вне активной зоны. Оператор стал снижать мощность, но в силу положительного температурного коэффициента, мощность снизилась ниже 200 МВт. Тогда оператор стал поднимать мощность, чтобы выйти на 200 МВт, но реактор проскочил требуемые значения и произошел взрыв (см. рис. 3).

Рисунок 3

Зависимость мощности W от времени t ,
 $W_0 = 200$ МВт.



Поэтому нигде в мире реакторы с большим положительным температурным коэффициентом не строятся. Более того, реакторы АЭС окружают металлической полусферой — контайнментом, который способен выдерживать давление. В контайнменты сделаны разбрызгиватели воды. Эти разбрызгиватели начинают разбрызгивать мелкие струи воды внутри контайнмента при повышении давления, вода же хорошо поглощает наиболее опасные радиоактивные вещества — йод и цезий. Поэтому даже при аварии выброс радиоактивности будет значительно меньше, чем на Чернобыльской станции.

9. Инцидент с атомной подводной лодкой, сходный с катастрофой с «Курском», но со счастливым концом

Сначала о первых атомных энергетических установках (станциях, АЭС), поскольку в российской (советской) литературе приводятся неверные утверждения. Первая АЭС в мире была построена в Оак-Ридже в 1951 г. Ее основным создателем был Зинн, который и осуществлял

ее пуск. Мощность станции была невелика — 2 кВт, но лампочки были включены в сеть и они горели. Вторая АЭС была прототипом установки для подводной лодки «Наутилус». Наконец, третья (или четвертая) АЭС была сама «Наутилус», спущенная на воду 21 января 1954 г. и совершившая свой первый рейс 17 января 1954 г. Ее создателем был адмирал Риквер, который считается отцом американского атомного подводного флота. Первая в СССР атомная электростанция мощностью в 5 МВт была пущена 27 июня 1954 г. (ее можно считать третьей в мире). Теперь перейду к инциденту, о котором я хотел рассказать.

У меня был друг — Георгий Алексеевич Гладков, главный проектировщик реакторов на всех сериях подводных лодок, проводил их ходовые испытания, ходил в дальние подводные походы и получил звание Героя Социалистического труда¹². Мы его звали Гога. Вот его рассказ. Была выпущена серия подводных лодок с атомным двигателем, которая могла делать полный реверс. Полный реверс — это такой маневр, когда лодка в подводном положении и со скоростью, близкой к максимальной, внезапно останавливается и с той же скоростью идет назад. Ясно, что возможность иметь такой маневр очень важна для подводной лодки.

И вот идут ходовые испытания первой лодки в этой серии. Гога стоит в рубке управления рядом с капитаном, а сзади на диванчике сидят два адмирала. Капитан дает

¹² Интересно, как я с ним познакомился. Он проектировал первую советскую атомную лодку и должен был докладывать проект на Научно-Техническом Совете ПГУ. Я был ученым экспертом по этому проекту, должен был вынести свое заключение и выступить на том же НТС. Поскольку дело было ответственное, мы разбирали каждую деталь проекта. Мое заключение было положительным и в процессе работы мы с Гогой подружились, тем более, что выяснилось, он, как и я ходит в горные походы. Гога был очень скромным человеком. Однажды мы плыли по Байкалу. Мест в каютах не было, и мы поставили палатку на палубе. Но пошел дождь, вода текла по палубе, и мы все оказались в луже. Я сказал Гого: “Пойди к капитану, предъяви свое удостоверение лауреата Ленинской премии. Может быть, он найдет тебе каюту”. Но Гога отказался. Тогда я взял его удостоверение, пошел к капитану и тот выдал нам двухместную каюту. Но Гога каюту не занял, я тоже.

команду: «Полный реверс!» Лодка тут же претерпевает сильный удар, становится под углом близким к 45° к поверхности, носом вниз, но почти не снижает скорости. До этого лодка шла на глубине около 100 м, а дно моря было на глубине около 300 м. Капитан понимает, что при такой скорости и положении лодки, она через 30 секунд воткнется в грунт и погибнет. Но он не теряет самообладания и немедленно дает команду на полное всплытие. И лодка, как пробка, выскакивает из воды. Когда все успокоилось и лодка остановилась, капитан вызывает по очереди начальников всех служб и спрашивает, что у них произошло. Первым докладывает начальник машинного отделения, в ведении которого находятся трансформаторы, залитые маслом. Он сказал, что если бы наклон был 45° , то масло бы вылилось на пол, а пол раскаленный, и начался бы пожар. Но наклон был 42° . Повезло! Вторым был начальник управления торпедами и он доложил, что одна торпеда сорвалась с держащих ее креплений и пошла вперед, но не дошла до установки, запускающей ее взрыв и остановилась. Опять повезло! Последним был кок, который сказал, что бутылки с коньяком разбились. Тут капитан не выдержал: «Врешь!» Когда все были допрошены, Гога повернулся к адмиралам. Они сидели белые как мел. Он подошел к ним и сказал: «Согласно плану испытаний на полный реверс, такие испытания должны проводиться дважды. Когда прикажете проводить следующие испытания?» И он услышал такой мат, которого он в жизни не слышал.

10. Как я стал физиком-теоретиком

Я вернулся в Москву из эвакуации в июне 1943 года. Мне было 17 лет, и я окончил 9 классов. Передо мной встал вопрос: что делать дальше? Продолжать учиться в школе не имело смысла: в следующем году мне исполнялось 18 лет, и меня должны были взять в армию. А такие юноши, как я, не имеющие опыта и малоприспособленные к жизни, попавшие на фронт, как правило, погибали в первой же атаке (я знал это, потому что в 1942 году полгода работал в госпитале). Летом

1943 года, в нескольких московских ВУЗах открылись подготовительные отделения, куда принимали школьников, окончивших 9-й класс. За 2–3 месяца они проходили программу 10-го класса, сдавали экзамены и поступали на 1-й курс ВУЗа. Студентам ВУЗа давалась броня — отсрочка от призыва в армию (уже в 1943 году правительство понимало, что после войны стране будут нужны инженеры). В университете подготовительного отделения не было, в энергетическом (МЭИ) и авиационном (МАИ) институтах прием уже был завершен. Единственным институтом, куда можно было поступить на подготовительное отделение, был Московский Электро-Механический Институт Инженеров Транспорта (МЭМИИТ). Я стал его студентом и в 1944 году окончил 1-й курс.

Летом 44 года студентов 1-го курса МЭМИИТа послали на месяц на лесозаготовки под Канаково около канала Москва-Волга. Нас, четырех человек поселили в маленькой комнате в деревенской избе. Мы были подготовлены к тому, что нас ожидает, захватили с собой пиретрум — порошок от клопов — и посыпали им пол и стены до примерно 1 м высоты. Ночью, когда мы проснулись и зажгли фонарик, оказалось, что выше этой линии вся стена шевелилась — по ней сплошь ходили клопы. Далее выяснилось, что туалетов в деревне не существует, ни в доме, ни во дворе — всего лишь в 100 км от Москвы мы попали в средневековье. Столовая, где нас кормили два раза в день, находилась в 3–4 км от деревни в одну сторону, а лес, где мы работали, в 3–4 км в другую сторону. То есть нам надо было, помимо работы, проходить в день около 20 км. Если человек выполнял норму, он получал в день 600 г хлеба, утром кашу, вечером суп и кашу с мясом или рыбой; если не выполнял, норма хлеба снижалась на 200 г; если перевыполнял, то ему полагались «стахановские»: норма хлеба увеличивалась на 400 г и выдавалось дополнительное второе. На валке леса, чем мы занимались, выполнить норму было невозможно. Поэтому мы поступали следующим образом: один день мы сдавали десятнику лишь 20–30% нормы, а остальные прятали — ведь было неважно, насколько не выполнишь норму, зато на следующий день мы перевыполняли норму и получали «стахановские».

Перспектива стать железнодорожником меня не воодушевляла, хотелось заниматься физикой. Я решил поступить на заочное отделение физфака МГУ. Для этого нужно было получить разрешение в МЭМИИТе, и я легко его получил, поскольку был там на хорошем счету. Более того, мне дали свободное (не обязательное) посещение лекций, что было большой редкостью. Я поступил на заочное отделение физфака осенью 1944 года и успешно сдал зимнюю сессию, получив все пятерки. В марте-апреле на физфаке был объявлен набор в специальную группу, куда принимали студентов из других институтов без всяких экзаменов причем, если человек был зачислен в эту группу, то его в обязательном порядке должны были отпустить из его прежнего института, и он освобождался от призыва в армию. Теперь ясно, что это был набор для атомного проекта, и происходил он до появления информации о взрыве атомной бомбы. Я попытался попасть в эту специальную группу, но получил отказ, хотя у меня было преимущество над всеми остальными студентами других институтов — я сдал 1-ю сессию на физфаке. Также получил отказ Давид Абрамович Киржниц, будущий член-корреспондент РАН, у которого была рекомендация от Ландау. Интересно, как он получил эту рекомендацию. Киржниц учился в МАИ. У них была преподавательница физики, которая заметила его неординарные способности. Она была знакома с Ландау, сказала ему об этом способном студенте, и Ландау пригласил его для беседы. После разговора Ландау сказал: я напишу письмо-рекомендацию декану физфака Предводителю. Он взял лист, перо, сел и задумался. Я не могу писать: «Дорогой Александр Саввич» — сказал Ландау, он мне вовсе не дорог, я не могу писать: «Уважаемый...» — я его не уважаю. Он подумал еще немного, потом воскликнул: «Dear, dear по английски ничего не значит».

Весной мне пришлось сдавать экзамены в МЭМИИТе и на физфаке. Я решил экзамены по железнодорожным дисциплинам в МЭМИИТе сдать на тройку с тем, чтобы мне потом было легче уйти. У нас был предмет — топливо, вода и смазка — ТВС. Я его почти не учил, лишь в течение нескольких часов перед экзаменом проглядел

учебник. На экзамене мне задали вопрос: Есть смесь воды с керосином. Как отделить одно от другого? У меня просто не повернулся язык, чтобы сказать что-либо иное, чем: дать постоять, сверху будет керосин, внизу вода. Я получил пять.

Весеннюю сессию на заочном отделении физфака я сдал на пятерки и получил очень хорошие рекомендации от тамошних профессоров — Градштейна и Моденова. С осени я снова стал предпринимать попытки перейти с заочного отделения на очное. При этом я не говорил, что учусь в МЭМИИТе, а только о том, что хочу перейти с одного отделения физфака на другое. Мне пришлось прийти к тому же заместителю декана физфака Георгию Петровичу З., который отказал мне, когда я пытался попасть в специальную группу. Результат был тот же, а аргументация была: с заочного на очное переходить нельзя. Тогда я пошел к проректору МГУ профессору Спицину. Тот сказал то же самое, но сочувственно добавил: А Вы жалуйтесь, жаловаться можно до бесконечности. А куда жаловаться? — спросил я. — В Министерство Просвещения — ответил проректор. Я пошел в Министерство Просвещения к заведующему отделом университетов. И тут мне повезло! Заведующий отделом — Зацепин (увы, я не знаю его имени и отчества) оказался порядочным человеком, он сказал: «Вы хотите перейти с заочного отделения на очное? Ну и переходите». «А Вы подпишите бумагу о том, что Вы не возражаете?» — спросил я. Конечно, — ответил он и тут же продиктовал текст машинистке. С этой бумагой я пошел на физфак, и тут мне опять повезло: Георгий Петрович был в отпуске, и вместо него был другой человек. Глядя на него невинными глазами, я сказал: «Георгий Петрович обещал мне, что если у меня будет письмо из Министерства Просвещения о том, что оно не возражает против моего перевода с заочного отделения на очное, то он меня зачислит студентом на физфак. Вот это письмо.» Я оформлю приказ — был ответ. Когда Георгий Петрович вернулся из отпуска, он уже ничего не мог поделать. Но надо было уйти из МЭМИИТа и уйти без скандала — иначе на меня были бы направлены бумаги в военкомат. Мне удалось этого добиться после 7 визитов

к декану и директору МЭМИИТа — железнодорожному генералу Федоренко.

Так я стал физиком. Но прошло еще много времени пока у меня появилась надежда, что я смогу стать физиком — теоретиком. Я долго колебался, но потом решил и стал сдавать Ландау теоретический минимум. Первые экзамены — вступительный по математике, механику, теорию поля и первую часть статистической физики я сдал сравнительно легко. Но при подготовке квантовой механики я застрял: некоторые вопросы были мне непонятны, их надо было изучать по оригинальным статьям, книги «Квантовая механика» Ландау и Лифшица еще не было.

На 4-м курсе студентов распределяли по кафедрам. Я подал заявление на кафедру теоретической физики и был зачислен. Но вскоре пришло новое распоряжение и меня перевели на кафедру «Строение вещества». Это было зашифрованное название, на самом деле оно означало кафедру ядерной физики. Тогда я очень огорчился такому переводу и пытался добиться его отмены, но потом понял, что мне опять повезло. Дело в том, что на этой кафедре разрешалось, чтобы руководителем дипломной работы был любой физик, участвующий в атомном проекте, тогда как на остальных кафедрах требовалось, чтобы он преподавал на физфаке. На кафедре «Строение вещества» студенты предпочитали сами найти себе руководителя и с ним договориться. Киржниц и я хотели взять себе руководителя из школы Ландау. Один старшекурсник — Б.В. Медведев — дал Киржницу два телефона — Померанчука и Компанейца. И мы решили, что сначала будет звонить Киржниц и если ему удастся договориться, то по второму телефону буду звонить я. Киржниц стал звонить Померанчуку, звонил несколько раз, но все неудачно — с Померанчуком связаться не мог. Тогда он позвонил Компанейцу и тот легко согласился взять его своим дипломником. Мне оставалось звонить Померанчуку. Я сделал много таких звонков и каждый раз мужской голос мне отвечал: Померанчука здесь нет! Уже потом, когда я стал работать в ИТЭФ, я понял, в чем дело. Телефон, номер которого мне дали, стоял не в кабинете Померанчука, а в холле, и за ним сидел сол-

дат. Наконец, один раз — о чудо! — тот же голос позвал Померанчука. По-видимому, в тот момент Померанчук проходил через холл или, может быть, стоял в холле и с кем-то разговаривал. Мне опять повезло! Я сказал, что я студент университета, сдал 3 курса из минимума Ландау и хочу делать у него дипломную работу. Для Померанчука тот факт, что я сдал Ландау три экзамена из теорминимума был достаточен, чтобы взять меня в дипломники — в то время сдавших теорминимум было мало — 10 человек — и он пригласил меня к себе домой для окончательного разговора. Я пришел. В тот день был сильный мороз. У меня не было шубы или пальто: я был в короткой лётной курточке, под которую мама подшила беличий мех из старой бабушкиной шубы. Почему-то именно этот факт произвел на Померанчука сильное впечатление. Эта курточка решила мою судьбу — впоследствии Померанчук сам сказал мне об этом — я стал его дипломником. Померанчук мне сильно помог в подготовке к экзамену по квантовой механике: он дал мне верстку тех глав готовящейся к печати «Квантовой механики», где были изложены непонятные мне вопросы. После этого квантовая механика была сдана, сданы еще несколько курсов. Я начал дипломную работу, тему которой мне дал Померанчук. Но у меня не было уверенности, что из меня получится физик-теоретик. Скорее наоборот, не было даже и надежды. Как говорил один из героев в книге Синклера Льюиса «Эроусмит»: «Не всякий, кто работает в науке — ученый. Лишь очень немногие.» Еще в бóльшей степени это относится к теоретической физике: одно дело сдавать экзамены и решать задачи и совсем другое — работать творчески.

Впервые надежда, что я смогу стать физиком-теоретиком, появилась у меня во время работы над задачей, поставленной Померанчуком. Ясно помню это мгновение — звездное мгновение в моей жизни.

Померанчук предложил мне вычислить поляризацию медленных (резонансных) нейтронов, при их рассеянии на ядрах. Такая поляризация возникает за счет интерференции ядерного рассеяния с взаимодействием магнитного момента нейтрона с кулоновским полем ядра (релятивистский эффект). Амплитуда взаимодействия маг-

нитного момента с кулоновским полем — чисто мнимая. Поэтому интерференция возможна только тогда, когда ядерная амплитуда содержит мнимую часть. Подобную задачу ранее решил Швингер, который рассмотрел рассеяние нейтронов при высоких энергиях, когда ядерное рассеяние носит дифракционный характер, и его амплитуда чисто мнимая. В случае Швингера передаваемые импульсы были много больше обратных размеров атома и взаимодействие магнитного момента нейтрона с атомными электронами можно было не учитывать. Померанчук предложил мне рассмотреть рассеяние нейтронов низких энергий в области резонансов, где ядерная амплитуда также имеет мнимую часть. Здесь, однако, рассеяние происходило с передаваемыми импульсами порядка обратных размеров атома и взаимодействие магнитного момента нейтрона с атомными электронами было существенно. Я пытался найти область, где можно было применить метод Швингера, т.е. не учитывать взаимодействие магнитного момента нейтрона с атомными электронами, но результаты были неубедительными, и я был в унынии. И сидя в читальном зале библиотеки МГУ — ясно помню это мгновение — вдруг сообразил, что могу провести вычисления точно, не используя никаких приближений — мне нужно лишь учесть атомный формфактор, и я могу это сделать, используя описание электронной атомной оболочки по методу Томаса — Ферми. Это была моя идея, ее не было у Швингера! И тут у меня впервые появилась надежда, что я смогу стать физиком-теоретиком.

11. Как я предотвратил аварию на реакторе ИТЭФ

Это случилось где-то около 1955 года. Должна была проводиться реконструкция исследовательского тяжеловодного реактора ИТЭФ: вместо естественного урана реактор должен был работать на 2%-обогащенном уране, сплошные цилиндрические урановые блочки заменялись на кольцевые, делались некоторые конструктивные изменения. В результате мощность реактора увеличи-

валась в 4 раза, а поток тепловых нейтронов почти на порядок. Я проводил физический расчет реактора. Это был первый вводимый в строй реактор, когда вся ответственность за физический расчет была полностью на мне (до того самостоятельно я рассчитывал только проекты возможных будущих реакторов, которые реально не строились, ответственным за расчеты строившихся реакторов был А.Д. Галанин, я был лишь исполнителем). И вот наступил день физического пуска реактора. Руководитель физического пуска С.Я. Никитин пригласил меня присутствовать при этом эксперименте. Физический пуск тяжеловодного реактора производится следующим образом. В реактор, в котором нет замедлителя, — тяжелой воды — загружаются урановые стержни. Поскольку замедлителя нет, цепная реакция не идет, нет и потока нейтронов. Затем начинают постепенно заливать тяжелую воду. При определенном уровне тяжелой воды реактор достигает критичности, начинается цепная реакция — реактор «пошел». Критический уровень тяжелой воды, который заранее предсказывается физическим расчетом — это основной параметр для дальнейшей работы реактора. Совпадение его экспериментального значения с теоретическим предсказанием означает, что теория достаточно надежна и можно вести дальнейшую эксплуатацию реактора, основываясь на ее предсказаниях. В случае противоречия теории с экспериментом возможны всякие неожиданности. Перед началом пуска Сергей Яковлевич спросил меня, каково теоретическое предсказание критического уровня и какова его точность. Я назвал значение уровня — 150 см, и сказал, что ошибка в этой величине не должна превышать 5 см. Стали заливать тяжелую воду. Одновременно в нескольких местах реактора измерялся поток нейтронов N (на дне реактора находился искусственный источник нейтронов) и на графике откладывалась величина $1/N$ как функция уровня.

Очевидно, что при достижении критичности ($N \rightarrow \infty$) кривая $1/N$ должна пересечь ось абсцисс. Дошли до уровня 10 см, потом 5 см ниже ожидаемого критического — кривая $1/N$ «не смотрит» в предсказанную мной точку. Сергей Яковлевич меня утешает: «Бывает,

что в последний момент кривая загибается». Дошли до предсказанного критического уровня — реактор не идет. Прошли еще 5–8 см сверх этого уровня — не идет. На лицах присутствовавших экспериментаторов и инженеров можно было ясно прочесть мысли, которые бродили у них в головах: «Первый реактор рассчитывали Галанин и Померанчук, а вот что получается, когда такое ответственное дело поручают молодым людям». Долили еще 5 см тяжелой воды — реактор по-прежнему не шел. Тут Сергей Яковлевич распорядился прекратить пуск и доложил о том, что произошло, Абраму Исааковичу. Абрам Исаакович был очень недоволен — для него это была большая неприятность. Возможно, у него в голове мелькнула та же мысль, что и у экспериментаторов. Однако, он отложил дальнейшие работы по пуску до следующего дня и сказал мне: «Проверьте еще раз свои расчеты и завтра доложите мне результаты». Весь вечер я вместе с пришедшим мне на помощь Рудиком проверял свои расчеты, но ошибок не нашел. Всю ночь я не спал, но наутро набрался мужества, пришел к Абраму Исааковичу и сказал: «Я не вижу ошибок в теоретическом расчете. Такого большого расхождения теории с опытом быть не должно». И тогда Абрам Исаакович дрогнул и приказал: «Пуск не проводить, воду слить, пусть ошибку ищут у себя инженеры». Через два дня ко мне зашел Б.А. Меджибовский, инженер, занимавшийся системой регулирования реактора и не имевший отношения к монтажу, и спросил: «Если урановые стержни подвешены не так, как они должны быть по проекту, а на 20 см выше, то каков будет критический уровень?» Я быстро прикинул и ответил: «Как раз в той точке, куда «смотрела» кривая $1/N$ ». Меджибовский объяснил, что по чертежам он нашел место, куда ошибочно могли подвесить стержни, очень похожее на правильное, но на 20 см выше. Он тут же пошел со своей догадкой к Никитину. Никитин вызвал начальника монтажа старшего механика А.П. Шилова. Тот сразу же стал кричать: «Чепуха! Этого не может быть! Никогда!» Тогда Никитин распорядился снять верхнюю крышку реактора, сказал, что завтра он сам будет измерять, как подвешены стержни, и просил меня присутствовать при этом. Когда я пришел, крышка была

снята, Никитин стоял наверху реактора в темных очках, перчатках и в халате. Возможно, под халатом было что-то надето. Надо сказать, что находиться наверху реактора при снятой крышке небезопасно. Хотя реактор и не был запущен, но кое-какой поток нейтронов был, а значит, появилась и радиация. Поэтому все присутствовавшие должны были отойти от реактора подальше. Никитин взял длинный штырь, опустил его в реактор, что-то на нем отметил, затем вынул и измерил рулеткой его длину до отметки. Так он проделал в нескольких местах реактора. Потом объявил: «Стержни подвешены неправильно, на 20 см выше. Я доложу Абраму Исааковичу». Реактор пришлось перемонтировать. Если бы при таком неправильном монтаже реактор был пущен, то верхние концы урановых стержней были бы выше уровня замедлителя, что сильно увеличило бы радиацию за счет быстрых нейтронов и привело бы к весьма нежелательным последствиям — ведь ближайšie дома, где жили люди, были всего лишь на расстоянии 100–200 м.

12. Атомные реакторы и политика

Сначала я остановлюсь на эпизоде, относящемся к прибытию в СССР Б. Понтекорво. В конце 40-х годов Понтекорво жил в Англии. Примерно в начале 1950 года он поехал с семьей в Финляндию, якобы на отдых. Там их ждал советский пароход «Белоостров», на котором они и прибыли в СССР. Операция по выезду из Финляндии была проведена нелегально и лишь потом, когда Понтекорво исчез, западные спецслужбы определили, что исчез он именно таким образом. В нашей печати никаких сообщений о его приезде не было, и я, например, узнал об этом значительно позже из американского журнала *Science News Letters*. По прибытии в СССР Понтекорво жил и работал в Дубне. Выезд из Дубны ему был запрещен примерно до 1955 года, он пребывал там как бы в ссылке. Его фамилию упоминали запрещалось. Померанчук, который в то время часто ездил в Дубну, по возвращении оттуда неоднократно говорил, что обсуждал такой-то вопрос с «профессором» или что «профессор»

сказал то-то. «Профессор» — это был Понтекорво, но имени его Померанчук не произносил: табу сохранялось до 1954 года.

Где-то в 1950 году Галанина неожиданно вызвали в Кремль. Такой вызов был весьма необычным: вызывали в разные места, но в Кремль — никогда. Поскольку Галанин занимался реакторами, было очевидно, что вызов связан с реакторным делом. Обычно Галанин все реакторные проблемы обсуждал с Рудиком и со мной: мы тоже вели расчеты реакторов — иначе просто нельзя было бы работать. Но тут он вернулся из Кремля — и молчит. В то время у теоретиков ТТЛ действовал введенный Померанчуком принцип: не спрашивать. Как говорил Исаак Яковлевич, «кому нужно, я сам скажу». Поэтому мы и не спрашивали. Молчал Галанин долго — несколько лет, но потом все-таки разговорился. Оказывается, его вызывали в Кремль на допрос Понтекорво. Там собралась группа физиков, и им предложили задавать Понтекорво вопросы о том, что он знает по атомной проблеме. Но Понтекорво знал только общие принципы. Собравшихся же в основном интересовали технические детали — например, как изготавливаются урановые блоки реактора, какова технология того или иного процесса и так далее, а этого Понтекорво не знал и ничего полезного в разговоре не сообщил.

Контакты Понтекорво с физиками были сильно ограничены. Понтекорво не мог публиковать никаких научных статей — на пять лет его имя полностью исчезло из науки. Тем не менее, он не изменил своих коммунистических взглядов. Позже, в 1956 году, мы были вместе с ним на конференции по физике элементарных частиц в Ереване и жили в одном номере гостиницы. Понтекорво перед этим вернулся из поездки в Китай, куда ездил в составе советской делегации. Как-то вечером, уже лежа в постели, он стал рассказывать мне о своих впечатлениях. Он был в восторге от того, что увидел: как хороши коммуны, с каким энтузиазмом народ строит коммунизм и т.д. Не выдержав, я заметил: «Бруно Максимович! Если смотреть на страну извне или быть в ней гостем короткое время, можно очень сильно ошибиться». Бруно Максимович прервал разговор, сказав: «Давайте спать». Он не

прости́л мне этого замечания: наши отношения, которые до того были очень хорошими, больше уже никогда не восстановились. Конфликт с Китаем разразился примерно через год-два после этого разговора.

По части наших отношений с Китаем Померанчук был намного дальновиднее. Еще в начале 50-х годов, в эпоху песни «Москва — Пекин», он предсказывал серьезнейшие конфликты и, может быть, даже войну с Китаем в будущем. Правда, такое предсказание есть в книге Оруэлла «1984», вышедшей в 1949 году. Но в то время мы не знали о ее существовании.

Раз уж зашла речь о Дубне, изложу историю, которую мне рассказали как вполне достоверную — о том, как был организован Международный Объединенный Институт Ядерных Исследований в Дубне, он назывался тогда Гидротехническая Лаборатория (ГТЛ) — видимо потому, что расположен был на Волге, никакой гидротехники там и в помине не было. Институт организовали по предложению И.В. Курчатова для изучения физики элементарных частиц и атомного ядра и, по сути дела, проводившиеся там исследования не имели отношения к атомному оружию (хотя начальство длительное время убеждено было в обратном). Когда принималось решение о создании Института, естественно, возник вопрос о месте, где его построить. Для изучения вопроса создали специальную комиссию. Берия собрал совещание, на котором комиссия представила свои рекомендации: предложили три возможных места размещения будущего института. Выслушав комиссию, Берия попросил принести карту, ткнул пальцем в место будущей Дубны (его не было среди рекомендованных комиссией) и сказал:

— Строить будем здесь.

— Но, — робко возразил кто-то, — здесь болота, неподходящий грунт для ускорителей.

— Осушим.

— Но сюда нет дорог.

— Построим.

— Но здесь мало деревень, трудно будет набрать рабочую силу.

— Найдем, — сказал Берия.

И он оказался прав. Это место было окружено лагерями, именно поэтому Берия его и выбрал. Еще в 1955 году, когда я впервые смог поехать в Дубну, по дороге тянулись лагеря, стояла охрана, которой следовало говорить: «Мы едем к Михаилу Григорьевичу» (Михаил Григорьевич — это М.Г. Мещеряков, директор ГТЛ).

Сооружение атомных реакторов в Китае проводилось на основе советских проектов и в основном руками наших технических специалистов — своих в Китае тогда не было. Глава китайской ядерной программы Цянь решил начать ее с создания исследовательского тяжеловодного ядерного реактора. Сделать проект такого реактора и послать в Китай специалистов для его строительства и пуска поручили ИТЭФ. Я получил задание выполнить физический расчет реактора. Для того чтобы научиться рассчитывать реакторы, к нам в ИТЭФ приехали три китайских физика, которых мне предстояло обучать. Одним из них оказался Пэн (Peng), теоретик, работавший в 1930-х годах с В. Гайтлером. В 1950-х он уже был академиком, который главным образом представлял. Другой, очевидно, являлся комиссаром при группе, наука его не интересовала, перед ним стояли другие задачи. И лишь третий — молодой человек по имени Хуан — оказался способным и работающим и за короткое время смог освоить эту науку. Исследовательский реактор в Китае был сооружен очень быстро и пущен в 1959 году (этот реактор работает до сих пор). Одновременно с сооружением исследовательского реактора с помощью СССР строились военные реакторы для производства плутония и химические цеха для его выделения. Сверху последовало указание предоставить Китаю самые современные проекты, которые в СССР только реализовывались. Физики и инженеры, которым следовало выполнить эту задачу, понимая политическую ситуацию лучше начальства, попытались передать более старые проекты. Однако Задикян, советник СССР по атомным делам при китайском правительстве, поймал их на этом и донес наверх. В результате передали самую совершенную технологию, а вскоре произошел разрыв отношений с Китаем.

13. Проектирование и пуск АЭС А-1 в Чехословакии

Расскажу еще на одну историю, связанную с атомной энергетикой. Она интересна тем, что проливает свет на закулисные механизмы, действовавшие в этой сфере, в частности, в ее международном аспекте.

Рисунок 4

Общий вид АЭС А-1



В Чехословакии, как известно, очень плохо с энергетическими ресурсами. Все гидроресурсы, весьма незначительные, давно задействованы, есть лишь небольшие запасы бурого угля. Но имеются урановые рудники (сразу после войны эти рудники взяла под контроль Советская Армия, и вся добыча урана направлялась в СССР). Поэтому чехословацкое правительство решило развивать в стране атомную энергетику и обратилось за помощью к Советскому Союзу. В 1957 году в Москву приехала чехословацкая правительственная делегация, чтобы заключить договоры о сооружении в ЧССР атомных электростанций с нашей помощью. С советской стороны на стол переговоров легли несколько проектов атомных электростанций: предложенные Институтом Атомной Энергии, которые работали на обогащенном уране, и проект ИТЭФ с тяже-

ловодным реактором на естественном уране. Напомню, что в 1957 году, при Курчатове, монополизм еще не был столь силен, конкуренция допускалась, так что проект нашего Института фигурировал на этом конкурсе более или менее на равных с проектами Института Атомной Энергии (ИАЭ, ныне Курчатовский институт).

Чехи выбрали проект ИТЭФ. Соображения у них были следующие. У них есть свой уран, но диффузионных заводов для его обогащения нет. Поэтому, сооружая у себя атомные станции АЭС, работающие на обогащенном уране, они энергетически оказываются в полной зависимости от Советского Союза. Имея же АЭС на естественном уране, они рассчитывали, если не сейчас, то в будущем, добиться того, чтобы уран из отечественных рудников шел бы прямо на их АЭС. Конечно, предложенная нами АЭС конструктивно и технологически являлась более сложной. Но чехов это не пугало — уровень промышленности в Чехословакии был достаточно высоким. Более того, как мне потом рассказывали сами чехи, у них имелись далеко идущие планы: развить технологию и промышленность для серийного производства таких АЭС и выйти с ними на мировой рынок, где их будут покупать малые и развивающиеся страны, т.е. обеспечить себе независимую от СССР энергетику и экономику. Этой точки зрения придерживались все правительства Чехословакии до 1968 года, как ортодоксально-коммунистические — Запотоцкого и Новотного, так и Дубчека.

Научное руководство проектом осуществлял ИТЭФ, научным руководителем был А.И. Алиханов. Я руководил физическим расчетом реактора (в те времена в ИТЭФ слово «руководить» не имело того смысла, которое оно обычно имеет сейчас. Руководить физическим расчетом означало, что человек должен был сам просчитать все, что относилось к физике реактора или, по крайней мере, детально проверить то, что сосчитали другие).

Однажды в мою комнату ИТЭФ постучался и вошел незнакомый мне человек. Он представился:

Я, Председатель Атомной Комиссии Чехословакии Августин Шевчик (т.е. министр). Я — инженер, сказал он, но ничего не понимаю в ядерной физике и ядерных реакторах. Хотел бы обучиться этому.

Я ответил:

Это будет курс лекций и я Вам буду давать задачи на дом, чтобы Вы их решали.

Он сказал: согласен.

Я прочел Шевчику курс лекций и он (министр!) решил заданные ему на дом задачи. Шевчик был Председателем Атомной Комиссии при правительствах Запотоцкого, Новотного и Дубчека. После ввода советских войск в Чехословакию при правительстве Штроугала его сняли с этой должности и он стал всего лишь консультантом при АЭС. Но мы с ним подружились и всякий раз, когда я приезжал в Прагу, звонил ему и мы проводили вечер в каком-нибудь кафе — он знал хорошие кафе в Праге.

Рисунок 5

На пуске реактора АЭС А-1 сидят (справа — налево):

В.Ф. Белкин, Б.Л. Иоффе, Б.И. Ильичев, стоит,

крайний справа Б.А. Меджибовский



АЭС была построена в Ясловске Богунице (Словакия), она называлась АЭС А-1. Первоначально пуск станции предполагался в 1965–1966 годах, но работа шла медленно, сроки переносились, и наконец, было решено окончательно сформировать программу пуска в начале 1968 года, для чего предстояло послать в Чехословакию советскую делегацию. Но тут произошли события Пражской весны и советское руководство посчитало необходимым выждать. Ждали до тех пор, пока в Чехословакию ввели наши войска, а к власти пришло новое, просоветское правительство Штроугала. Тогда точка зрения резко изменилась: было решено форсировать пуск станции как доказательство советско-чехословацкой дружбы и того, что «Старший брат» помогает «младшему, вернувшемуся на правильную стезю». Советская делегация должна была выехать в Чехословакию в ноябре 1968 года для переговоров и подписания окончательной программы пуска, и было жестко сказано, что провала в работе быть не должно. Это помогло мне впервые выехать за рубеж — до того меня за границу не пускали. Руководитель пуска Н.А. Бургов заявил, что без меня, ответственного за физический расчет реактора, он не гарантирует успеха. Перед отъездом нашей делегации предстоял инструктаж в Комитете по Атомной Энергии — таково было общее правило — сначала в отделе атомных электростанций, затем в режимном отделе. Инструктаж в режимном отделе оказался совершенно необычным. Заместитель начальника отдела сказал: «Мы не можем дать вам никаких инструкций, мы сами не понимаем, что происходит и как вам себя вести. Мы надеемся на вас. Действуйте сообразно обстоятельствам».

Переговоры проходили на заводе «Шкода» в городе Пльзень. Обстановка, в которой шло формирование программы, надо прямо сказать, доставляла мало радости. Те же люди, с которыми мы много и успешно работали до этого и поддерживали дружеские отношения, когда они приезжали в Москву и когда некоторые из нас ездили в Чехословакию, теперь сидели с каменными лицами на противоположной стороне стола, все с чехословацкими флажками в петлицах пиджаков. Даже кофе во время заседаний подавался только чехам. Как объяснили мне

потом, частично такое поведение наших партнеров связано было с тем, что они боялись, боялись партийной и профсоюзной организаций, которые были очень сильны на «Шкоде» и занимали в то время резкую позицию против всех русских. Тем более, что обстановка в стране создалась очень тяжелая: на улицах, на мостовой виднелись гигантские надписи «Иван, домой»; на Вацлавской площади в Праге, где наши танки стреляли по парламенту и по толпе, стояли в почетном карауле молодые люди со свечами; на заводах проходили забастовки протеста. И хотя я не одобрял советского вторжения в Чехословакию (для меня это было тяжелым шоком и я не скрывал того, что думаю по этому поводу), все же остро ощущал и свою вину.

Тем не менее, в деловой составляющей переговоры прошли вполне успешно. Программа пуска была сформулирована и подписана. Но дальше произошло следующее. Большинство чехословацких специалистов, принимавших участие в работе — инженеров и даже среднего технического персонала — были люди либеральных взглядов, сторонники Дубчека. Поэтому после прихода к власти ортодоксальных коммунистов все они, так или иначе, были репрессированы: кто снят с работы, кто переведен на низшую должность, кто исключен из партии. Был удален целый слой наиболее квалифицированных специалистов. Но и этого показалось мало. Новые, которые пришли на их место, в большинстве случаев тоже представлялись недостаточно политически выдержанными, и «слой» сняли еще раз. В результате квалификация сотрудников резко упала.

ЦК КПСС и правительство Чехословакии приняли решения, подчеркивающие особую важность пуска станции: она должна была явиться демонстрацией помощи СССР Чехословакии. На строящуюся станцию зачастили высокопоставленные визитеры обеих стран: министры, зампред Совмина и даже сам Штроугал. Непосредственный контроль за ходом работ с советской стороны был поручен Петросьянцу — председателю Госкомитета по Атомной Энергии. Пуск назначили на конец 1972 года, и с осени 1972 года на станции уже работало свыше ста советских специалистов. Приехавший туда Петросьянц

установил точную дату начала пуска. По-видимому, момент пуска был связан с какой-то датой или каким-то событием в Москве, к которому ему следовало рапортовать. Работа шла, но было ясно, что в указанный Петросьянцем срок реактор не будет запущен. Пришлось пойти на трюки. Один такой трюк проделали, когда станцию посетил важный член чехословацкого правительства. Он знал, что при пуске в реактор заливается тяжелая вода. Вот ему и показали, как в воронку трубы, ведущей в реактор, рабочий заливает тяжелую воду (у меня даже есть фотография этого события). Но на самом деле заливать воду в реактор было еще нельзя. Поэтому кран, ведущий в реактор, был перекрыт, и вода по трубе стекала этажом ниже, где другой рабочий собирал ее в ведро.

Наконец все подготовительные работы были окончены. Но в силу технологии реактор оказался нагрет. Физический пуск реактора и вся большая, рассчитанная на месяц, программа экспериментов, которая была запланирована, должны проводиться на холодном реакторе, только тогда можно проверить все заложенные в расчет параметры. Знание их, в свою очередь, необходимо для расчета режима работы реактора на мощности. Поэтому до начала физического пуска предстояло ждать, пока реактор остынет. Реактор — это махина в 150 тонн, и на это понадобилось бы три дня. А срок Петросьянца подходил, ждать он не мог и требовал пускать реактор немедленно, кричал, угрожал. Два дня руководитель пуска и ведущий инженер держались, понимая, что пуск при нагретом реакторе сорвет всю программу экспериментов и вся дальнейшая эксплуатация атомной станции будет идти вслепую. В конце второго дня под угрозами Петросьянца они сдались и назначили пуск на следующий день при еще не остывшем до конца реакторе. Утром (работа началась в 6 утра, а гостиница, где мы жили, была в 30 км от АЭС) я приезжаю на станцию, сажусь за стол в пультовой и прошу инженеров измерить, где можно, температуру в реакторе с тем, чтобы внести поправки в мои расчеты, сделанные для холодного реактора. Подходит Петросьянец и спрашивает: «Каково ваше предсказание для критического уровня?» Я говорю: «Сейчас ничего не могу сказать, реактор нагрет и нагрет неравномерно. Я

запросил данные о температурах с тем, чтобы внести поправки в свои расчеты». — «Я так и думал, что вы ничего не сможете сказать», — бросает Петросьянец и отходит. Через некоторое время мне приносят данные, я начинаю вычислять поправки. Снова появляется Петросьянец и спрашивает: «Ну, где предсказание?» — «Я вам дам его через полчаса», — отвечаю. «Я знаю, что вы сделаете, — говорит Петросьянец, — вы дадите предсказание вот с такой ошибкой». И он показывает руками, как рыболов, рассказывающий, какую он поймал рыбу. Через полчаса я подхожу к Петросьянцу, сообщаю ему мои данные, ошибка составляет три процента, и спрашиваю: «Как вы считаете, Андрей Михайлович, это вот такая ошибка?» Он вынужден признать, что это не «вот такая ошибка». Пуск был проведен и критический уровень сошел с моим прогнозом.

Реактор был запущен, Петросьянец отрапортовал в Москву, последовали победные репортажи в прессе, атомная станция была выведена на мощность и успешно проработала несколько лет. Однако такая ситуация не устраивала наше руководство. Ему хотелось ключ от чехословацкой энергетики держать в своем кармане. Поэтому оно стало давить на чехословацкое правительство с тем, чтобы все последующие АЭС были на обогащенном уране типа ВВЭР. И чехословацкая сторона уступила. Одновременно, используя в качестве предлога два не очень существенных обстоятельства, станцию А-1 решили закрыть и демонтировать. До «бархатной революции» вся атомная энергетика Чехии и Словакии — это были АЭС типа ВВЭР. Сейчас атомные электростанции с тяжеловодными реакторами строятся в разных странах, но Россия из этого дела выпала.

Заканчивая обсуждение вопроса об атомных электростанциях, хочу остановиться на проблеме их безопасности — теме номер один при обсуждении АЭС после Чернобыля. По моему мнению, главный и неизлечимый порок станций с реакторами типа РБМК («чернобыльских») — положительные и большие температурный и паровой коэффициенты реактивности. Это означает, что реактор как физическая система реагирует увеличением мощности на возрастание температуры или объема

пара. И наоборот: уменьшением мощности на понижение температуры и сокращение объема пара, то есть он принципиально нестабилен. Это кардинальный порок реактора, и связан он с тем, что замедление нейтронов происходит в графите, а охлаждается реактор водой. Избавиться от этого порока нельзя, именно по этой причине нигде в мире больше нет энергетических реакторов подобного типа. Положительные паровой и температурный коэффициенты стали основной причиной чернобыльской катастрофы, хотя были и другие, побочные обстоятельства, в какой-то степени усугубившие критическую ситуацию. Устранением таких обстоятельств и занимаются сторонники реакторов типа РБМК. По моему мнению, любой безопасный ядерный реактор АЭС в первую очередь должен быть стабилен как физическая система, то есть иметь отрицательный (и желательно достаточно большой) температурный коэффициент (и паровой коэффициент, если реактор охлаждается водой или она может вскипеть). Именно таким свойством обладают тяжеловодные реакторы на естественном или слабообогащенном уране типа того, о котором речь шла выше. К сожалению, все попытки построить АЭС подобного типа в нашей стране или хотя бы провести серьезное сравнение их с ВВЭР и РБМК до сих пор наталкивались на глухую стену того же монополизма. В 1974 году, после пуска АЭС А-1 в ЧССР, я написал статью, в которой дал описание параметров и результатов пуска АЭС А-1 в Чехословакии, а в конце статьи была небольшая глава, где сравнивались тяжеловодные АЭС на естественном уране с газовым охлаждением с ВВЭР и РБМК по расходу урана на единицу производимой электроэнергии (не по проблеме безопасности, тогда статью запретили бы). Сравнение оказалось не в пользу ВВЭР (РБМК)¹³, несмотря на то, что для последних я взял проектные данные, не оправдавшиеся при эксплуатации. Комитет по Атомной Энергии в лице начальника отдела АЭС запретил мне публиковать статью. В официальном заключении гово-

¹³ ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор, РБМК – реактор большой мощности, кипящий – название одного и того же реактора, иногда употребляется одно, иногда другое. На всех атомных станциях в России стоят реакторы такого типа.

рилось, что статья может быть напечатана только при условии, если глава со сравнением различных реакторов будет удалена. Все попытки преодолеть этот запрет кончались неудачей. В конце концов мне удалось выйти на А.П. Александрова (он был тогда президентом Академии Наук, директором ИАЭ и председателем Научно-Технического Совета при Министерстве Среднего Машиностроения, то есть главой атомной проблемы), который на титульном листе статьи написал: «Все, что сказано в статье, правильно, а то, что мы строим ВВЭР (РБМК), так это по совсем другим причинам». Причины, которые имел в виду Александров, как я понимаю, состояли в том, что технологически реакторы РБМК близки к военным и для их сооружения нужна минимальная перестройка промышленности. После этой резолюции статью опубликовали целиком. До Чернобыля это была единственная в русской специальной литературе статья, где ставился под сомнение факт, что РБМК (ВВЭР) — лучшие АЭС.

Сегодня времена «просвещенного монополизма» в нашей науке вызывают лишь ностальгические чувства.



1. Л.Д. Ландау. Теоретический минимум Ландау [24–27]

Начну с того, как я стал учеником Ландау. На третьем курсе физфака МГУ я понял, что хочу быть теоретиком, но сомневался, хватит ли у меня способностей. Мне казалось, что Давид Киржниц, который учился со мной в одной группе, способнее меня, и он может, а могу ли я — неизвестно. После некоторых размышлений я все-таки записался и был зачислен в теоретическую группу. Но кафедра теоретической физики была слабой (это я понимал даже тогда, в 1947 году): всех теоретиков высокого класса — Ландау, Тамма, Леонтовича — оттуда выжили. Зато оставались большие специалисты по марксистско-ленинской философии, отвергавшие квантовую механику и теорию относительности. Как говорил в своей поэме «Евгений Стромынкин» мой сокурсник Герцен Копылов:

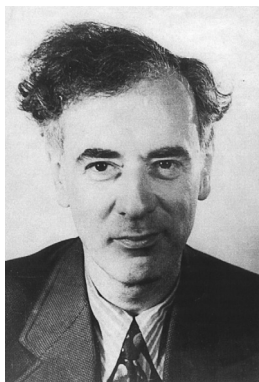
Я был при том, когда Леднев¹⁴
Собрав профессоров кагал,
Льва одряхлевшего — Эйнштейна —
Ногой бестрепетной лягал.

И вот, летом 1947 года, собрав все свое мужество, я сделал решительный шаг — позвонил Ландау и спросил, могу ли я начать сдавать ему теоретический мини-

¹⁴ Н.А. Леднев — профессор математической физики на физическом факультете.

мум. Он сказал, чтобы я приехал в один из ближайших дней. Довольно легко я сдал вступительный экзамен по математике, и Ландау дал мне отпечатанную на машинке программу семи остальных экзаменов (на самом деле, был еще восьмой: математика II — комплексные преобразования, специальные функции, интегральные преобразования и т.д.). В то время из книг курса Ландау вышли только: Ландау, Пятигорский «Механика»; Ландау, Лифшиц «Теория поля», «Механика сплошных сред» и первая (классическая) часть «Статистической физики». Все остальные курсы надо было изучать по разным книгам и значительную часть по оригинальным статьям. Статьи были на английском и немецком; например, в курсе квантовой механики были две большие — страниц по 100 каждая — статьи Бете в *Annalen der Physik*. То есть само собой подразумевалось, что сдающий владеет обоими языками.

Лев Давидович Ландау



Лев Давидович
Ландау

Экзамен проходил следующим образом. Студент звонил Ландау и говорил, что он хотел бы сдать такой-то курс (порядок сдачи курсов был более или менее произвольным). «Хорошо, приезжайте тогда-то». Пришедший должен был оставить в прихожей все книги, записи и т.д. Затем Ландау приглашал его в маленькую комнату на втором этаже, где был круглый стол с несколькими листами чистой бумаги, стул и ничего более. Ландау формулировал задачу и уходил, но каждые 15–20 минут заходил и смотрел через плечо сдающего, что сделано. Если он молчал, это было хорошим признаком, но иногда он говорил «хм» — и это было дурным знаком. У меня нет собственного опыта, как и что происходило в тех случаях, когда студент проваливал экзамен (знаю только, что передача допускалась). Я приблизился

к опасной черте лишь раз, когда сдавал статистическую физику. Начал решать задачу не тем способом, который ожидал Ландау. Ландау пришел, заглянул мне через плечо, сказал «хм» и вышел. Через 20 минут он опять пришел, взглянул и сказал «хм» еще более недовольным тоном. Тут по каким-то делам зашел Лифшиц. Он тоже посмотрел в мои записи и закричал: «Дау, не стоит терять время, гони его!»¹⁵ Но Дау возразил: «Дадим ему еще 20 минут». За это время я получил ответ, и ответ был правильный!

Дау увидел ответ, еще раз посмотрел мои вычисления и признал, что я был прав. Они с Лифшицем задали мне несколько простых вопросов, и экзамен был сдан.

Задачи, которые давал Ландау, бывали довольно сложными, студент должен был решить каждую из них примерно за час (как правило, на экзамене были одна-две сложных задачи и одна попроще). Поэтому надо было много практиковаться в решении задач при подготовке к экзамену. Чтобы приобрести такую практику, я старался найти задачи, где только можно (в то время задачников не было, и нигде не были собраны те проблемы, которые есть сейчас в «Курсе» Ландау в виде задач). Я спрашивал у Абрикосова, который сдал минимум Ландау передо мной, какие у него были задачи (но не их решения!) и решал их. После нескольких экзаменов я обнаружил, что у Ландау довольно ограниченный запас задач — порой он давал мне те же задачи, что и Абрикосову. Я думаю, Ландау понимал, что сдающие ему экзамены рассказывают друг другу, какие задачи он дает, но его это не беспокоило: чтобы оценить способности студента и его знания, ему было достаточно видеть, как решается задача. Например, задача по макроскопической электродинамике. Шар из диэлектрика с электрической и магнитной восприимчивостями ϵ_1, μ_1 вращается с угловой частотой ω ; в среде, характеризуемой ϵ_2, μ_2 , в постоянном электрическом поле E . Угол между осью вращения и вектором E равен α . Найти электрическое и магнитное поле внутри шара и в среде.

¹⁵ Дау — так его называли близкие друзья и мы в его отсутствие.

А вот эпизод, характерный для сравнения уровня обучения в МГУ с минимумом Ландау. Весной 1948 года настало время сдавать экзамен по квантовой механике на физфаке. Курс читал Блохинцев, но я не посещал его лекции. Я изучал квантовую механику по программе минимума и считал, что пока еще мой уровень знаний недостаточен, чтобы сдавать ее Ландау: мне нужно еще много поработать. Как-то во дворе МГУ я встретил Д. Ширкова, который был студентом на теоретической кафедре.

— Я иду досрочно сдавать квантовую механику Блохинцеву. Не хочешь присоединиться?

— Давай, — сказал я после минутного размышления. Мы сдали экзамен, я получил пять, Ширков — четыре. А Ландау я смог сдать экзамен только в сентябре, после еще трехмесячной подготовки.

На сдачу минимума у меня ушло почти два года. (В течение тех же двух лет я сделал две научных работы под руководством Померанчука). В июне 1949 года после сдачи последнего экзамена Ландау внес меня в список своих учеников.

Незадолго — примерно за 2–3 недели — до трагической автокатастрофы 7 января 1962 года, оборвавшей его творческую жизнь, Ландау составил список всех сдавших теорминимум. До 1951 года Ландау сам принимал все экзамены. Однако, поскольку число желающих сдавать минимум стало резко расти в 50-е годы, в 1951 году Ландау решил, что он будет принимать только первый вступительный экзамен по математике, а все остальные будут принимать его сотрудники из Института Физических Проблем — Лифшиц, Халатников, Абрикосов и другие. Сейчас, по прошествии многих лет, глядя на этот список, можно с уверенностью сказать, кто из сдавших теорминимум действительно состоялся как значительный физик-теоретик, а кто остался на среднем уровне. И видна довольно резкая граница как раз около 1951–1952 годов: число известных теоретиков до 1952 года заметно больше, чем после. Возникает мысль, что важно было не только содержание теорминимума и набор задач на экзамене — важна была роль экзаменатора. Вероятно, на экзамене Ландау мог

увидеть, кто действительно талантлив, а кто нет. Его ученикам, по-видимому, это удавалось хуже. Великий человек неповторим.

Но и у Ландау бывали проколы. В списке сдавших теорминимум нет фамилии В. Хозяинова, который сдал его в 1950 (или 1951) году. И это не забывчивость Ландау. Хозяинов учился на физфаке, на одном курсе со мной, но по возрасту был старше. При распределении по кафедрам на третьем курсе он не пошел в теоретики, а подал заявление на какую-то другую кафедру и был туда зачислен. Но когда нескольких студентов (и меня в том числе) с теоретической кафедры перевели на кафедру «Строение вещества», руководство физфака решило, что теоретическую кафедру надо укрепить. «Укрепить» всегда означало также «укрепить политически». Хозяинов и еще один студент были приказом переведены на теоретическую кафедру. Хозяинов был членом партии, возможно даже членом парткома физфака. Так он стал теоретиком. То, что потом он сдал минимум Ландау, очень меня удивило. Я узнал об этом от самого Ландау. Ландау добавил, что он собирается взять Хозяинова в аспирантуру. Я пытался отговорить его, рассказал, как тот попал в теоретики, что, по-моему, Хозяинов физик слабый, а как личность довольно сомнителен. Но на Ландау это не подействовало, на все мои аргументы у него был один ответ: «Но он сдал минимум!»

Через некоторое время (вероятно, через полтора-два года) Ландау дал мне диссертацию Хозяинова и попросил высказать свое мнение. Диссертация была по физике частиц, но формальной (содержания ее я не помню), и оценка моя была довольно кислая. Ландау спросил: «Чуши в ней нет? Ничему она не противоречит?» «Нет, — ответил я, — но содержания мало». «Ничего, — сказал Ландау, — тогда защищать можно». Хозяинов защитился и тут-то развернул бурную деятельность. В течение короткого времени он стал секретарем парткома Института Физических Проблем. Напомню, что шел 1952 год — разгар борьбы с «космополитизмом», т.е. попросту разгар антисемитской кампании. А в возглавляемом Ландау теоротделе Института Физических Проблем (ИФП)

процент евреев превышал все допустимые нормы. Фактически, в отделе (помимо Хозяинова) был лишь один русский (по паспорту) — А. Абрикосов, да и тот был наполовину еврей. Для исправления ситуации дирекция ИФП создала второй теоротдел с В.А. Фоком во главе. Фоку такая роль крайне не нравилась, но по-видимому, отказаться он не мог. Хозяинов, как секретарь парткома, начал энергично действовать с тем, чтобы заменить Ландау на Фока во главе всего теоротдела (не исключено, что инициатива принадлежала не ему, и он был лишь исполнителем). Но добиться успеха он не успел — Сталин умер. Спустя короткое время Хозяинова уволили из ИФП, Ландау больше никогда не упоминал о нем.

2. Семинар Ландау

Звание ученика Ландау не давало никаких привилегий — только обязанности, поскольку любой мог вести научные обсуждения с Ландау и получать его советы. Лишь немногие из тех, кто сдал минимум, становились его аспирантами. Правом и, одновременно, обязанностью ученика Ландау было полноправное участие в его семинаре. Но, опять-таки, любой мог участвовать в семинаре, задавать вопросы и делать замечания. Обязанности таких «полноправных» участников семинара состояли в том, чтобы регулярно, в алфавитном порядке, делать обзорные доклады на семинаре. После каждого семинара Ландау брал последний выпуск *Physical Review* (в то время журнал не был разделен на секции) и отмечал следующему докладчику статьи, которые должны быть доложены на семинаре. Как правило, таких статей было 10–15 из самых разных разделов физики. Большинство это были экспериментальные статьи или полужэкспериментальные-полутеоретические. Иногда попадались короткие теоретические статьи, типа «письмо в редакцию». Помню, как я рассказывал «письмо в редакцию» *Physical Review* Маршак и Тамора, в котором приводились результаты расчетов по теории возмущений фоторождения π -мезонов на нуклоне и захвата π -мезонов в водороде.

Докладчик должен был не только прореферировать статью, т.е. изложить ее исходную идею и основные результаты, но ясно понимать, как эти результаты были получены, привести и объяснить аудитории все необходимые формулы и даже экспериментальную технику. И самое главное, докладчик должен был иметь собственное мнение, правильна ли данная работа. Коротче говоря, докладчик нес ту же ответственность за докладываемую работу (и за содержащиеся в ней ошибки!), что и автор. И это по всем работам, из самых различных областей физики — от физики элементарных частиц и ядерной физики до свойств металлов и жидкостей.

Особой любовью Ландау пользовались квасцы. Статьи по свойствам квасцов он всегда отмечал в *Physical Review*. Так что у нас (в ИТЭФ) «квасцы» стало именем нарицательным для обозначения любой малоинтересной — для нас — тематики на семинаре Ландау (но докладывал я статьи по квасцам добросовестно). Ландау хорошо знал любой предмет доклада (несмотря на то, что он почти не читал статей, только слушал их изложение), задавал вопросы, на которые нужно было немедленно и определенно отвечать: общие слова типа «автор утверждает, что...» не допускались. Среди аудитории всегда находились специалисты в данной области, и они тоже задавали вопросы и делали замечания. Так что сделать обзор *Physical Review* было нелегкой работой. По счастью, это приходилось делать примерно два раза в год.

Иногда, если, по мнению Ландау, докладчик недостаточно квалифицированно рассказывал статью, он прерывал его и просил перейти к следующей. Если такое повторялось два-три раза в течение доклада, то Ландау восклицал: «Вы не приготовили урок! Кто у нас следующий, Алеша?» (Алеша Абрикосов был секретарем семинара, его обязанностью было следить за списком докладчиков). В худшем случае, если одного и того же докладчика прогоняли с подиума несколько раз, его подвергали остракизму — исключали из списка участников семинара, Ландау отказывался что-либо обсуждать с ним, но, конечно, он мог по-прежнему посещать семинар. Я припоминаю два таких случая, и в одном из

них докладчиком был известный физик В.Г. Левич, будущий член-корреспондент Академии Наук. Остракизму подвергались и другие ученики Ландау — Берестецкий, Тер-Мартirosян и даже Померанчук, но за иные провинности, не за провалы на семинаре. Я расскажу об этом ниже. Только по прошествии длительного времени — около года или даже более — и только после того, как за него заступались один-два наиболее уважаемых участника, провинившийся получал прощение.

Теоретические работы представлялись иначе. Человек, не обязательно участник семинара, который хотел рассказать на семинаре теоретическую работу (свою собственную или из литературы), сначала рассказывал ее Ландау. Если Ландау был согласен с основными положениями работы, то доклад ставился на семинаре. В течение доклада Ландау делал поясняющие замечания, и довольно часто его объяснения работы сильно отличались от точки зрения автора. Начиналось шумное обсуждение. Нередко можно было слышать, как Ландау говорил: «Автор сам не понимает, что он сделал!» Во всех случаях Ландау понимал работу совершенно оригинально, и для обычного человека было нелегко следить за его аргументацией. Мне, и не только мне, требовалось несколько часов, а иногда и дней, чтобы я мог понять, сколь глубоки были его высказывания, которые зачастую освещали проблему совсем с другой стороны.

Теоретический доклад освобождал участника семинара от обязательного обзора *Physical Review*. Померанчук, например, никогда не делал таких обзоров, а всегда докладывал теоретические работы. Теоретические работы докладывали не только физики школы Ландау, но и Тамм, Боголюбов, Гельфанд и многие другие. В послевоенное время и до 1955 года ни один иностранный физик не приезжал в Москву.

Среди участников семинара были два исключительных человека, которые не вписывались в общие правила — Гинзбург и Мигдал. Ландау как-то сказал о Гинзбурге: «Гинзбург не мой ученик, он примазался». И действительно, Гинзбург сам считал себя учеником Тамма. Тем не менее, он был одним из самых активных участников семинара Ландау. Он не подчинялся стандартным прави-

лам с представлением обзоров и т.д. Но выступал он часто, и в каждом его выступлении было обилие новых фактов и новых идей, представленных с блеском и остроумием. Я до сих пор помню его доклад о сверхновых с историческим введением об их наблюдении в древнем Вавилоне, Египте, Китае. И не случайно, что известная феноменологическая теория сверхпроводимости, предшественница многих современных моделей спонтанного нарушения симметрии, была создана Гинзбургом и Ландау.

Другим исключительным человеком был Мигдал. Его нет в списке учеников Ландау — он не сдал теорминимума, но он был полноправным участником семинара. Только Мигдалу разрешалось опаздывать на семинар и, тем не менее, входить в зал через переднюю дверь. Как правило, семинар начинался в назначенное время с точностью до минуты, но иногда Ландау говорил: «Давайте подождем пять минут — это мигдальские пять минут». Однажды, в середине семинара открылась передняя дверь в зале, и в ее проеме возникла фигура в пожарном костюме и пожарной каске. «Выходите! Освобождайте помещение, будем здесь противопожарные учения проводить!» — сказал человек решительным тоном. Лифшиц вскочил с места: «У нас здесь семинар каждый четверг! Вы не имеете права!». «Выходите!» — скомандовал человек еще более решительно. Люди стали подниматься с мест и пошли к дверям. Тогда пожарник снял каску и ниточку, которая подтягивала его нос кверху — это был Мигдал!

В 1958 году Ландау и кое-кто еще из участников семинара были в большом энтузиазме по поводу новой теории Гейзенберга, в которой все частицы возникали из универсального фермионного поля (другие, правда, относились к этой теории весьма скептически). На одном из семинаров Ландау передали якобы полученное через Понтекорво письмо от Паули, и Ландау вслух зачитал его. В коротком письме Паули писал, что ему очень нравится теория Гейзенберга, он нашел новые аргументы в ее пользу и считает эту теорию весьма правдоподобной. Более того, писал Паули, последние эксперименты с Λ -частицами подтверждают теорию Гейзенберга. Никаких подробностей об этих экспериментах, однако, не

приводилось. Возникло большое возбуждение — ведь Паули был известен как человек критического склада ума, далекий от легковерия. Выдвигались разные гипотезы, один молодой теоретик (Л.Б. Окунь) даже вышел к доске и попытался представить, каким мог бы быть тот эксперимент, о котором пишет Паули. Тем временем, Мигдал взял письмо, внимательно прочитал его и сказал: «Здесь есть одна странная вещь. Если прочитать первые буквы всех строк сверху вниз, то получается русское слово «дураки». Что бы это значило?» Секрет был прост — письмо написали Мигдал и Понтекорво.

Ландау участвовал в атомном проекте, участвовал добросовестно, на своём очень высоком уровне. Причина была в том, что он боялся отказаться участвовать, хотя ему это очень не нравилось. Он уже имел опыт: он сидел год (1938–1939) в тюрьме и никак не хотел повторения этого опыта.

В своих работах по атомному проекту Ландау:

- 1) подробно развил теорию размножения нейтронов в бомбе, что позволило вычислить её КПД;
- 2) разработал теорию преждевременного взрыва бомбы;
- 3) участвовал (по совместительству) в работах лаборатории No 3. В частности Ландау ввёл понятие, характеризующее урановый блок в реакторе, важное для построения теории гетерогенного реактора;
- 4) построил теорию ударной волны при взрыве бомбы с учётом излучения;
- 5) участвовал (в начальной стадии) в работах по РДС-6т и сделал окончательное заключение по этой системе;
- 6) построил (совместно с Н.Н. Мейманом) метод численного интегрирования нестационарной динамической задачи, используемой при расчёте процессов, протекающих в бомбе.

За работы по атомному проекту Л.Д. Ландау было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

3. О классификации физиков-теоретиков по Ландау

Ландау разделял всех физиков-теоретиков в соответствии с их научными достижениями на 5 классов. К 5-му классу относились, как он их называл, «патологи». Конечно, это был стиль Ландау. Людей, выпускавших работы, противоречивших установленным в физике законам или хорошо известным фактам, он вообще не рассматривал. Но людей, сделавших ошибку или неверное предположение Ландау относит к тому или иному классу в соответствии с верной частью их работы. Первым в классификации Ландау, был, конечно, Эйнштейн. Его Ландау относил к классу $1/2$. (Допускались классы с полуцельным номером). К первому классу Ландау относил создателей квантовой механики: Бора, Гейзенберга, Шредингера, Дирака, де Бройля. Многих удивляло, что Ландау относил де Бройля к первому классу. Но Ландау возражал: де Бройль первым сказал, что частица может быть одновременно частицей и волной (в одних условиях проявлять свойства точечной частицы, а в других — свойство волны). Это гениальная идея! К классу $1-1/2$ Ландау относил Паули и Ферми.

Фейнмана Ландау не включал в списки классов 1 и $1-1/2$. Объяснялось это тем, что в России понимание работ Фейнмана проходило с большим запозданием. Например, на семинаре Ландау два докладчика пытались рассказать знаменитые работы Фейнмана и обоих их Ландау прогонял с подиума. Лишь на третий раз докладчику (Померанчуку) удалось прорваться.

Себя Ландау до 1937 года относил к классу $2-1/2$. После создания им теории фазовых переходов в 1937 году он перевел себя в класс 2.

Я считаю, что к классу 2, а скорее всего и выше, должен быть отнесен Георгий Гамов. По моему мнению ему следовало бы дать Нобелевскую премию и даже две — по физике и биологии. Он первым вычислил вероятность α -распада, как происходящую за счет туннельного эффекта. Туннельный эффект в квантовой механике был известен раньше, но впервые был применен к физическому явлению Гамовым. Он предсказал, что Вселенная

начиналась с Большого Взрыва. Эта гениальная идея намного опередила свое время. Теперь она лежит в основе всех космологических моделей. После открытия двойной спирали в генетике Гамов сделал величайшее открытие: к двойной спирали подсоединяются 20 аминокислот. Это тоже была гениальная идея. Я советую всем прочитать книгу Джордж Гамов, «Моя мировая линия». М., Физматлит, 1994 (в книгу включена большая — 1/3 книги — статья Д.Д. Иваненко. То, что он пишет о Гамове, вероятно правильно, а про себя...).

Я как-то спросил Гинзбурга к какому классу он относит себя. Он ответил — к третьему. Я сказал: Так что же, я к четвертому? Он тут же сказал: Вы правы, я отнесу себя к классу 2–1/2. Я считаю, что высшее достижение Виталия Лазаревича — введение в теорию понятия спонтанного нарушения симметрии, сделанное в работе Гинзбурга и Ландау по сверхпроводимости в 1950 году (это сделал Гинзбург, а не Ландау).

К классу 2–1/2 я бы также отнес: Грибова, Ларкина, Келдыша (сюда надо было бы отнести Бронштейна, который первым стал квантовать гравитацию, но увы, он был расстрелян в 1937 году, когда ему было 30 лет). Я перечислил только тех, чьи работы хорошо знал; не обсуждаю таких известных людей, как Тамм, Померанчук и др. — по пословице «сапожнику — суди не выше сапога».

Владимир Наумович Грибов был, бесспорно, крупнейшим физиком-теоретиком в области физики элементарных частиц в России. Фактически им было создано реджевское описание процессов взаимодействия при высоких энергиях. Ландау предугадал его высочайшие способности: в 1950-х годах, когда еще основные работы Грибова не были сделаны, в своем отзыве на представление Боголюбова на Ленинскую премию Ландау написал, что Ленинскую премию нужно дать не Боголюбову, а Грибову. Но в отделении ядерной физики АН СССР, где Грибов был членом-корреспондентом, с 1972 по 1997 года за время его членства было избрано 8 академиков, а Грибов не был удостоен этой чести.

Я считаю, что высшим достижением Анатолия Ивановича Ларкина является открытие им (в работе с В.Г. Ваксом) спонтанного нарушения симметрии в физике эле-

ментарных частиц, сделанное в 1950-х годах. Тогда не понимали, что явление спонтанного нарушения симметрии сверхпроводимости с теоретической точки зрения аналогичны и в физике частиц.

У читателя может возникнуть вопрос, к какому классу автор относит себя? Ответу: к третьему. Мои высшие достижения таковы: 1) До второй половины 1960-х годов считалось, что сильно взаимодействующие частицы ввиду того, что они протяженные, не могут при взаимодействии принимать на себя больших импульсов. В работе 1966 года я показал, что в некоторых случаях это не так, т.е. они ведут себя как точечные. Используя этот результат в работе, сделанной совместно с Е.П. Шабалиным, мы показали, что теория слабых взаимодействий, в которой есть только 3 кварка внутренне противоречива. Тогда Глэшоу, Илипоулос и Майани ввели в теорию четвертый кварк и построили универсальную электрослабую теорию (нобелевская премия С. Глэшоу). 2) Я показал, исходя из $CPT = 1$ теоремы, что при нарушении четности должны нарушаться также зарядовая симметрия и/или симметрия относительно обращения времени. 3) Было доказано, что в глубоко-неупругом рассеянии лептонов на адронах взаимодействие в пространстве-времени происходит вблизи светового конуса. 4) Я установил, что масса протона возникает за счет спонтанного нарушения киральной симметрии в квантовой хромодинамике и вычислил массу протона с точностью порядка 10%.

4. История создания некоторых работ, связанных с Ландау

Работа Ландау, Абрикосова и Халатникова

Сразу после зачисления в ИТЭФ (1950 г.) я стал изучать теорию перенормировок, фейнмановскую технику. А.Д. Галанин пытался вычислять радиационные поправки в квантовой электродинамике (КЭД) еще в старой технике. Он переключился на новую фейнмановскую технику и был для меня как бы старшим товарищем. Мы

научились вычислять радиационные поправки в КЭД и мезонной теории, проводить перенормировку – сначала в низшем порядке теории возмущений, а затем и в более высоких. Мне удалось построить точную систему зацепляющихся уравнений для функции Грина мезонной теории. Затем в совместной работе А.Д. Галанина, И.Я. Померанчука и моей была проведена перенормировка массы и заряда в такой системе. Мы показали, что решения такой системы связанных уравнений не должны содержать бесконечностей – они должны быть конечными. Однако, при попытке обрыва этой бесконечной системы на каком-либо конечном члене, бесконечности появлялись опять: для того, чтобы избавиться от них, нужно было просуммировать весь бесконечный ряд. Так что эта попытка не привела к успеху, хотя мы многому научились.

Вычисляя первые порядки теории возмущений, мы с Галаниным увидели, что в поляризационных операторах и вершинных функциях при больших виртуальностях p^2 возникают $\ln(p^2/m^2)$, причем в 1-м порядке появляется $\ln(p^2/m^2)$, во 2-м есть члены, пропорциональные $\ln^2(p^2/m^2)$, в третьем – $\ln^3(p^2/m^2)$ и т.д. Очень поучительной оказалась для нас статья Эдвардса (S.F. Edwards. Phys. Rev. 90, 284 (1953)). Эдвардс построил уравнение для вершинной функции в лестничном приближении и установил, что в n -порядке теории возмущений возникают члены $(e^2 \ln p^2 / m^2)^n$.

В 1950-е годы Ландау приезжал в ТТЛ (ИТЭФ)¹⁶ каждую среду. Он участвовал — и очень активно — в проходивших по средам экспериментальных семинарах, которыми руководил Алиханов. После семинара Ландау приходил в комнату теоретиков, где тогда сидели Галанин, Рудик и я. Сюда же собирались все остальные теоретики, и начинались обсуждения, продолжавшиеся часа два.

На одном таком обсуждении Померанчук, Галанин и я объяснили Ландау ситуацию с радиационными поправками в квантовой электродинамике. Из этих разго-

¹⁶ ТТЛ – Теплотехническая Лаборатория – старое название ИТЭФа.

воров у Ландау возникла идея суммирования старших логарифмических членов, т. е. членов $(e^2 \ln p^2)^n$ в КЭД. Именно за это Померанчуку, Галанину и мне была выражена благодарность в первой работе Ландау, Абрикосова и Халатникова (Ландау был скуп на благодарности и выражал их только тем, кто действительно внес что-то существенное в его работу).

Первоначально, когда Ландау формулировал идею, у него было представление, что в результате суммирования старших логарифмов в КЭД возникает то, что сейчас называется асимптотической свободой — взаимодействие станет убывать с ростом p^2 . Такие ожидания сформулированы в первой из серии работ Ландау, Абрикосова и Халатникова, которая была отправлена в печать еще до того, как был получен окончательный результат. Приезжая в ТТЛ по средам, Ландау рассказывал, как идут вычисления. Основные идеи (поворот контура интегрирования, введение обрезания, выбор калибровки и т.д.) принадлежали Ландау, но технически все вычисления делали Абрикосов и Халатников — сам Ландау фейнмановской техникой владел плохо. Полученный ими результат подтвердил ожидания — эффективный заряд в КЭД убывал с ростом энергии.

Галанин и я решили повторить эти вычисления. Нам хотелось провести ту же идею в нашей системе перенормированных уравнений (в дальнейшем вместе с Померанчуком мы это сделали). Однако, уже вычисление первой петли привело к противоположному результату: эффективный заряд не убывал, а рос с ростом энергии! В ближайшую среду мы рассказали это Ландау и убедили его в своей правоте.

В последней из серии работ Ландау, Абрикосова и Халатникова, которую авторы уже собирались отправить в печать, была ошибка в знаке, кардинально меняющая все выводы — вместо асимптотической свободы появился нуль заряда. То есть квантовая электродинамика оказалось внутренне противоречивой теорией. Как последствии рассказывал С.С. Герштейн (который тогда работал в Институте Физических Проблем), вернувшись после этого семинара из ТТЛ, Ландау сказал: «Галанин и Иоффе спасли меня от позора».

Спустя год или два после опубликования работ Ландау, Абрикосова и Халатникова, когда уже была опубликована статья Ландау и Померанчука с более общим обоснованием нуля заряда, Ландау получил письмо от Паули.

В нем говорилось, что аспирант Паули Вальтер Тирринг нашел пример теории, в которой нет нуля заряда – скалярной теории взаимодействия мезонов с нуклонами. К письму была приложена рукопись статьи Тирринга. Дау дал эту статью Чуку, а Чук мне, с просьбой разобраться. Я изучил статью и пришел к выводу, что она неправильна. Ошибка состояла в том, что использовалось тождество Уорда, возникающее при дифференцировании по массе нуклона, а оно нарушалось при перенормировке. Я сказал об этом Чуку. “Вы нашли ошибку, Вы должны написать об этом Паули”, – сказал Чук. Мне было страшно: писать самому Паули, что его аспирант сделал ошибочную работу, а он, Паули, этого не заметил! Но Чук настаивал и в конце концов, я написал письмо Паули. Ответ я получил не от Паули, а от Тирринга. Он полностью признал свою ошибку. Статья так и не появилась в печати.

Работы по несохранению C, P, T

В 1955–1956 годах всех волновала загадка $\theta - \tau$. Экспериментально наблюдались распады $K -$ мезонов на 2 и $3 \pi -$ мезона. При сохранении четности ($p=1$), которая тогда считалась незыблемой, один и тот же мезон не мог одновременно распадаться на 2 и $3 \pi -$ мезона.

Поэтому большинство физиков думало, что это два разных мезона – θ и τ . По мере уточнения экспериментов становилось ясно, что их массы совпадают. Весной 1956 года Ли и Янг выступили со своей революционной статьей, в которой выдвинули гипотезу о несохранении четности в слабых взаимодействиях, объяснили загадку $\theta - \tau$ и вычислили эффекты несохранения четности в β -распаде и цепочке распадов $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$. Ландау категорически отвергал возможность несохранения четности, говоря: «Пространство не может быть асимметрично!» Померанчуку больше нравилась гипотеза вырожденных по четности дублетов странных частиц.

А.П. Рудик и я решили вычислить еще какой-нибудь эффект на основе предположения о несохранении четности, помимо рассмотренных Ли и Янгом. Наш выбор пал на $\beta - \gamma$ корреляцию. Я сделал оценку и получил, что эффект должен быть большим. Рудик приступил к детальным вычислениям. Через некоторое время он приходит ко мне и говорит: «Знаешь, эффект равен нулю». «Не может быть!» – говорю я. Мы садимся разбираться, и я вижу, что Рудик, как образованный теоретик, когда писал лагранжиан слабого взаимодействия, наложил условие C – инвариантности (симметрии относительно замены частиц на античастицы), что привело к тому, что константы при несохраняющих четность членах оказались чисто мнимыми. У Ли и Янга константы были произвольными комплексными числами (если предположить их чисто мнимыми, то и у них все не сохраняющие четность эффекты пропадают). Возник вопрос о связи C - и P -инвариантности. Я обсуждал этот вопрос с Володей Судаковым и в разговоре мы вспомнили о работе Паули. Я читал эту работу раньше, но совершенно забыл о ней. Частично это было связано с тем, что Ландау скептически относился к данной работе: он считал, что CPT -теорема есть некое тривиальное соотношение, которому удовлетворяет любой лагранжиан¹⁷. Замечу, что в статье Ли и Янга вообще нет ни слова о CPT -теореме и о связи C -, P - и T -инвариантности.

Я снова прочитал статью Паули, теперь уже внимательно, и сразу стало ясно, что при нарушении P обязательно должны нарушаться либо C , либо T , либо и то, и другое (согласно теореме, доказанной Паули, $CPT=1$). И тут возникла следующая мысль: два сильно отличающихся по времени жизни K^0 -мезона, могут возникать только в том случае, если, по крайней мере, приближенно одна из инвариантностей — C или T – имеет место. Мы с Рудиком рассмотрели ряд эффектов и увидели, что P -нечетные парные корреляции спина и импульса (члены $\sim \underline{\sigma} p$) возникают при нарушении C и сохранении T , в противоположном случае их нет (в последующей работе я доказал эту теорему в общем виде, а также нашел вид

¹⁷ CPT теорема гласит: $CPT = 1$, где T означает обращение времени.

P -нечетных членов, соответствующих нарушению T). Мы написали статью, и я рассказал ее Л.Б. Окуню. Окунь сделал очень полезное замечание, что аналогичные эффекты – различные в схемах с C - и T -инвариантностью — возникают также в распадах K^0 -мезонов на π -мезоны. Мы включили это замечание в статью, и я предложил Окуню стать соавтором. Он вначале отказывался, говоря, что за такое замечание он заслуживает лишь благодарности, но в конце концов я его уговорил [28]. После этого работу рассказали Померанчуку. Померанчук постановил: немедленно, в ближайшую среду, работу нужно рассказать Дау. В среду Дау сначала отказывался слушать: «Я не хочу слушать о несохранении четности. Это ерунда!» Чук его уговаривал: «Дау, потерпи 15 минут, послушай, что скажут молодые люди». Скрепя сердце, Дау согласился. Я говорил недолго, вероятно, полчаса. Дау молчал, потом уехал. На следующий день утром мне позвонил Померанчук: «Дау решил проблему несохранения четности. Немедленно едем к нему». К этому моменту обе работы Ландау — о сохранении комбинированной четности и о двухкомпонентном нейтрино — со всеми выкладками уже были сделаны [29]. Ландау предположил, что CP -инвариантность является строгим законом природы, что оказалось неверным: Крониным и др. в США экспериментально изучавшим распады K^0 -мезонов было установлено что CP не сохраняется, но нарушение CP мало по сравнению с обычным слабым взаимодействием (Phys. Rev. Lett. 13, 138, 1964).

Наша статья и статьи Ландау были отправлены в печать до опытов Ву и др., в которых была обнаружена асимметрия электронов при распаде поляризованного ядра — найдена корреляция спина ядра и импульса электрона, т.е. открыто несохранение четности. Из наших результатов тогда следовало, что в β -распаде также не сохраняется зарядовая четность. Соответствующее примечание при корректуре было сделано в нашей работе. Аналогичное утверждение было также в работе Ву и др., где авторы ссылались на сделанную позже нашей работу Ли, Оме и Янга. В Нобелевских лекциях Ли и Янг отметили наш приоритет в данном вопросе.

К сожалению, история создания работ Ландау по не-

сохранению четности завершилась некрасивым эпизодом, о котором не хочется говорить, но из песни слов не выкинешь. Буквально через несколько дней после того, как Ландау отправил свои статьи в ЖЭТФ, он дал интервью корреспонденту Правды, которое тут же было опубликовано. В этом интервью Ландау рассказал о проблеме несохранения четности и том, как он решил ее. О работе Ли и Янга не упоминалось (не говоря уж о нашей). Все теоретики ТТЛ были возмущены этим интервью. Берестецкий и Тер-Мартirosян поехали к Ландау и высказали ему все, что они об этом думают. А результат их действий был таков: оба они были отлучены от семинара. Я свое мнение непосредственно Ландау не высказывал, но выражал его в разговорах с его сотрудниками, которые, по-видимому, и сообщили его Ландау. Меня Ландау наказал иначе: он вычеркнул мою фамилию из благодарности в своей статье, оставив только Окуня и Рудика. Тут уже не выдержал Померанчук. Он поехал к Ландау и сказал ему (так мне рассказывал сам Чук): «Борис тебе все объяснил про S , P и T . Без него твоя работа не была бы сделана, а ты вычеркиваешь его из благодарности!» Не знаю, что ответил Ландау, но он пошел на компромисс – восстановил мою фамилию в благодарности, но не по алфавиту, а второй.

Ландау считал сохранение CP точным законом природы и не допускал его нарушения. По поводу CP он говорил то же самое об асимметрии пространства, что и раньше о нарушении четности. Я построил пример лагранжиана, в котором T было нарушено, но ничего с вакуумом не происходило, и пытался переубедить его, но он ничего не хотел слушать.

5. Область применимости теории слабых взаимодействий

С 1958 года, когда Гелл-Ман — Фейнман и Маршак — Сударшан сформулировали универсальную четырехфермионную теорию слабого взаимодействия, меня стал интересовать вопрос о высших поправках в этой перенормируемой теории. Идея состояла в том, что за счет

высших поправок по слабому взаимодействию должен возникнуть ряд наблюдаемых эффектов, а их отсутствие на эксперименте позволило бы ограничить сверху область применимости теории слабых взаимодействий. Предполагалось, что интегрирование по импульсам виртуальных адронов обрезается за счет сильного взаимодействия, и, следовательно, диаграммы с виртуальными адронами учитывать не надо — их вклад мал. В работе 1960 года (ЖЭТФ 38, 1608 (1960)) из таких эффектов были рассмотрены распады $\mu \rightarrow e + \gamma$, $\mu \rightarrow 3e$ и поправки, нарушающие равенство констант β — и μ — распадов. В то время считалось, что есть только одно нейтрино, т.е. распад $\mu \rightarrow e + \gamma$ разрешен.

Наиболее сильное ограничение $\Lambda \geq 50$ GeV возникало именно из этого распада. Однако, когда выяснилось, что электронное и мюонное нейтрино различны, это ограничение отпало. Поскольку из рассмотрения чисто лептонных процессов никаких ограничений не возникло, и существовало общее мнение, что процессы с виртуальными адронами обрезаются сильными взаимодействиями, то возникало впечатление, что этот путь бесперспективен.

В работе 1966 года (Письма в ЖЭТФ 4, 332 (1966)) я установил, что в силу алгебры токов в некоторых случаях (речь шла о поправках к константе β -распада за счет слабого взаимодействия в теории с промежуточным бозоном) сильное взаимодействие не обрезает амплитуды с виртуальными адронами. Е.П. Шабалин поставил передо мной вопрос: нельзя ли эту технику применить к рассмотрению слабых нейтральных токов, где экспериментальные ограничения очень сильны. Совместно с Шабалиным [30] в теории, где есть только обычные и странные частицы (т.е. только u -, d -, s -кварки), мы рассмотрели процесс распада $K_S \rightarrow \mu^+ \mu^-$ и разность масс K_L - и K_S -мезонов; показали, что в силу алгебры токов здесь не происходит обрезания виртуальных слабых взаимодействий сильными, и вычислили амплитуду $K_L \rightarrow \mu^+ \mu^-$ и разность масс $K_L - K_S$ в порядке $G^2 \Lambda^2$. Наиболее сильное ограничение на предел обрезания $\Lambda \leq 5$ GeV возникло из разности масс $K_L - K_S$. На кварковом языке оно означало, что теория слабого взаимодействия с u -,

d -, s -кварками меняет свою форму при весьма низких энергиях $E \leq 5 \text{ GeV}$. Это утверждение явилось исходным пунктом для гипотезы Глэшоу, Иллиопулоса и Майани о существовании c -кварка и введения такой формы слабого взаимодействия, чтобы вклад c -кварка компенсировал расходящиеся члены за счет u -, d -, s -кварков (ГИМ-механизм).

Мы доложили нашу работу на семинаре ИТЭФ, выпустили препринт, статья была опубликована в журнале Ядерная Физика. Спустя некоторое время Л.Б. Окунь поехал на конференцию в США. Вернувшись оттуда, он рассказал на теоретическом семинаре ИТЭФ то новое, что он узнал на конференции. Основной новостью было соотношение для разности масс K_L и K_S -мезонов, полученное Гелл-Маном, Голдбергером, Лоу и Кроллом за счет поправок по слабому взаимодействию. В формуле, которую он написал на доске, я узнал нашу формулу — они точно совпадали (строго говоря, как в нашей, так и в их формуле предполагалось насыщение вакуумным состоянием; мы, кроме того, вычислили вклад следующего, однопионного состояния, и показали, что он мал). После семинара я показал Льву Борисовичу уже опубликованную нашу работу и напомнил, что он присутствовал на том семинаре, где я ее рассказывал. Он посоветовал мне послать письмо и оттиск нашей статьи Лоу, который докладывал работу на конференции. В своем ответе Лоу признал, что мы сделали то же самое, что и они, значительно раньше. Статья Гелл-Мана, Голдбергера, Лоу и Кролла так и не появилась в печати. В своей обзорной статье по этому вопросу Лоу ссылаясь на нашу работу, не упоминая о своей.

В связи с этой деятельностью я получил приглашение от Маршака сделать доклад на Международной конференции «Частицы и поля» в Рочестере в 1967 году. У этого приглашения была любопытная предыстория. Летом 1967 года Маршак участвовал в конференции, организованной Украинской Академией Наук и проходившей в Ялте. Председателем Оргкомитета был Н.Н. Боголюбов, и конференция было организована по высшему классу в смысле комфорта, обслуживания и т.д. При этом строго выдерживалась иерархия среди приглашенных:

кому черная икра, кому красная, а кому и вовсе только сервелат.

Грибов и я тоже участвовали в этой конференции, и у нас было много обсуждений с Маршаком (я знал Маршака еще с 1956 года, когда он впервые приехал в Москву). Во время одного из таких обсуждений Маршак сказал, что пришлет нам обоим приглашение сделать доклады на конференции «Частицы и поля», которую он организует. «Так нас же не пустят!» – сказали мы. «Я все это понимаю, – возразил Маршак, – но я их обхитрю: я приглашу также Боголюбова и поставлю условие – должны приехать все трое. Если вас не пустят, я отзову приглашение Боголюбову».

Хитрость Маршака сработала. Я стал проходить оформление и дошел до очень высокого уровня, до которого никогда не доходил раньше. Для конференции я написал доклад, в котором привел наши результаты по $K_L \rightarrow \mu^+ \mu^-$, разности масс $K_L - K_S$ и также ряд других. В последний момент меня на конференцию не пустили, но Грибову поехать разрешили.

Маршак оказался в сложном положении — отменить приглашение Боголюбову, но тогда и Грибов не поедет... И он пошел на компромисс: Грибов поехал, я — нет. Грибов согласился сделать мой доклад вместо меня. Однако, ему не нравилась часть, касающаяся разности масс $K_L - K_S$, в частности, гипотеза о насыщении вакуумным состоянием. Поэтому он поставил условие, чтобы эта часть была выкинута. Пришлось согласиться. В результате эта часть оказалась менее известной на Западе, что привело к тому, что аналогичную работу, хотя и значительно позже, сделали Маршак, Мохapatра и Рао.

6. Личность Ландау

О Ландау писали многие (см., например, [10,11], [24–27]). Стараясь избегать повторений, я попытаюсь сказать здесь лишь о том, о чем, по моему мнению, было сказано недостаточно. Дело в том, что и создание школы, и семинар, и многое другое для Ландау имело одну

цель – поддержание научного уровня физики. Ему была важна не его школа, не большое количество учеников, почитающих его как «мэтра» (так его иногда называл Померанчук), а то, чтобы его ученики всегда находились на переднем крае науки. Ему совершенно было не нужно, более того, это было противно его натуре, чтобы кто-либо из его учеников делал научную карьеру, занял бы директорский пост. Уже после катастрофы, когда Ландау был болен и слабо реагировал на все окружающее, к нему как-то пришли и сказали: «Дау, Ваш ученик стал директором». «Мой ученик, — ответил Дау, — не может быть директором». Внешние признаки подобострастия по отношению к Учителю были чужды Ландау: настолько, что я даже не могу себе представить, что бы он сделал, если бы кто-нибудь их проявил – вероятно выгнал бы. Тут он был прямой противоположностью некоторым руководителям других школ.

Ландау чувствовал свою личную ответственность — своего рода «бремя белых» — за поддержание высокого научного уровня. Он не молчал, как это сейчас делает большинство и как это принято на Западе, когда в его присутствии докладчик делал неверные утверждения. И само существование Ландау поддерживало этот уровень — мало кто рисковал выйти с сырой и непродуманной идеей, опасаясь критики Ландау. Померанчук как-то сказал: «Вы не можете себе представить, какую громадную ассенизаторскую работу делал Дау в теоретической физике». Если же по каким-то причинам Дау не хотел публично критиковать докладчика, он просто не приходил на его доклад. Так было с докладом Румера по пяти-оптике, который Румер сделал, вернувшись в Москву после многих лет, проведенных в тюрьмах и ссылке. Дау любил Румера, но не считал работы по пяти-оптике правильными и не пришел на его доклад. Е. Л. Фейнберг великолепно описывает этот эпизод [10].

Требовательность к высокому научному уровню не противоречила у Ландау сравнительно скромной самооценке. Типичный афоризм Ландау: «Как Вы можете решать задачу, ответа на которую Вы не знаете заранее?» В том классе проблем, которым он сам себя

ограничил, для Ландау не было трудностей в решении задач – трудности были только в их постановке. В том, что Ландау не брался за решение задач, ответ на которые он не мог знать заранее, была не только его сильная, но и слабая сторона. Тем самым, он отказывался от попыток решить проблемы, которые, как он считал, были выше его класса. Мне кажется, что в результате такой скромной самооценки Ландау не сделал всего того, что он мог бы сделать (в частности, в квантовой теории поля).

Всей своей манерой поведения Ландау совсем не соответствовал общепринятому образу солидного академика. Померанчук (Чук) мог ему заявить: «Дау, ты говоришь чушь!», и Ландау воспринимал это совершенно спокойно, но, конечно, требовал убедительных доказательств.

Со времени основания ИТЭФ, Ландау регулярно приезжал в ИТЭФ по средам на руководимый Алихановым экспериментальный семинар, а потом оставался на час-полтора для разговоров с теоретиками. В течение всего 1946 года он был начальником Теоретической Лаборатории, затем начальником стал Померанчук, а Ландау остался сотрудником — совместителем на полставки. Так продолжалось до 1958 года, когда совместительство было запрещено, и Ландау был уволен (одновременно с ним был уволен Зельдович, который тоже был совместителем). Разговоры по средам, в которых участвовали все теоретики (нас тогда было немного — всего 5-7 человек) были самыми разными и свободными, касались самых разных вопросов — от физики до политики и литературы — и для нас, молодых, были захватывающе интересными.

Возвращаясь к характеристике личности Ландау, я думаю, что внутренняя скромность, вернее, даже робость, по-видимому, была свойством его характера. Он понимал свою слабость, пытался с ней бороться, особенно в юности, но это выливалось в эпатаж. Я согласен с Е.Л. Фейнбергом [10], в том, что у него было как бы две сущности (мне не нравится слово «маска» в книге Фейнберга [10]): внешняя — резкая, задиристая, и внутренняя — мягкая, робкая, легко ранимая. С этой двойственностью Ландау связаны его отношения с женщи-

нами, описанные (но крайне искаженно!) в книге¹⁸ его жены Кора Дробанцевой [24]. Чтобы охарактеризовать автора, я приведу такой факт. После автокатастрофы, когда Ландау был между жизнью и смертью, физики создали бригаду, члены которой круглосуточно дежурили в больнице и организовывали доставку лекарств, врачей, специального питания и т.д. Указания они получали от Евгения Михайловича Лифшица и его жены Елены Константиновны, которые фактически и руководили борьбой за жизнь Ландау. Возглавлял каждую смену ответственный дежурный. Я был одним из таких ответственных и дежурил в больнице раз в 3–4 дня. Я могу категорически утверждать, что на протяжении первых полутора месяцев Кора в больнице не появлялась. Ни разу! Она появилась в первый раз через полтора месяца после катастрофы, когда стало ясно, что Ландау будет жить.

В своей книге Кора представляет Ландау таким Дон Жуаном, а то и хуже. Мне кажется, что хотя она и прожила с Дау много лет, она не смогла разобраться в характере своего мужа. Значительно лучше это сделал А.С. Кронрод. Однажды он познакомил Ландау с дамой, которая если и не была женщиной легкого поведения, но, во всяком случае, была весьма близка к этому определению. Спустя некоторое время Кронрод поинтересовался: «Ну как, удалось у Вас что-нибудь с этой дамой?» «Что Вы, – ответил Дау, – она же недотрога какая-то!» И Кронрод так объяснил эту историю: «Не дама была недотрога, а Ландау был робок внутренне, и опытная дама сразу это почувствовала».

Теперь о другом. В беседах, на семинарах Ландау любил говорить афоризмами, это были его собственные афоризмы, и он их иногда повторял. Многие относились к его афоризмам пренебрежительно: «А, опять одна и та же пластинка!» На самом деле, в его афоризмах был глубокий смысл. Ландау понимал, что с афористическим высказыванием не поспоришь, и это лучший способ закрыть бесполезную дискуссию, которая в противном случае продолжалась бы до бесконечности. Вот несколько

¹⁸ По-моему, книга отвратительная.

таких афоризмов. Ландау считал, что глупостей (в науке и в жизни) много, а разумного мало. Афоризм в этой связи выглядел так: «Почему певцы глупые? Отбор происходит по другому признаку». А вот другой, кстати, очень подходящий к настоящему времени: «Люди, услышав о каком-то необыкновенном явлении, начинают предлагать для его объяснения малоправдоподобные гипотезы. Прежде всего, рассмотрите простейшее объяснение — что все это вранье».

Наконец — и это крайне актуально сейчас — Ландау считал, что научный лидер должен обязательно иметь собственные и общепризнанные научные результаты. Только тогда он имеет моральное право руководить людьми и ставить перед ними задачи. Ландау говорил: «Нельзя делать научную карьеру на одной порядочности — это неминуемо приведет к тому, что не будет ни науки, ни порядочности». Эти слова хочется сейчас обобщить: нельзя делать научную карьеру на одних организаторских способностях — последствия будут аналогичными.

7. Листовка

27 апреля 1938 года Ландау был арестован и пробыл в тюрьме НКВД на Лубянке ровно год — освобожден под поручительство П.Л. Капицы 28 апреля 1939 года. В тюрьме Ландау катастрофически похудел — он не мог есть тюремную пищу. Как он говорил «Если бы я пробыл в тюрьме еще 2 месяца, я бы умер» (я сам слышал от него эти слова). Пребывания в тюрьме отразилось на его характере и поведении во всей последующей жизни. В деле Ландау, которое в архивах КГБ удалось прочитать историку науки Г.Е. Горелику [25], основное обвинение, предъявленное Ландау, состояло в «участии в антисоветской группе, существовавшей в харьковском Физико-Техническом Институте, и вредительской деятельности». Но в деле также фигурирует листовка, написанная другом Ландау М.А. Корецом и одобренная Ландау. Это он признает в своих показаниях, сделанных в тюрьме. Листовка была написана в конце апреля

1938 года от имени несуществующей Антифашистской Рабочей Партии. Ее предполагалось распространять во время празднования 1-го Мая. Содержание листовки потрясает. В ней говорится, что «сталинская клика совершила фашистский переворот», Сталин сравнивается с Гитлером и Муссолини, трудящихся призывают сбросить фашистского диктатора и его клику, вступить в Антифашистскую Рабочую Партию (полный текст листовки приведен у Горелика [27], в сокращенном виде — в книге Фейнберга [10].)

В деле Ландау есть только машинописная копия листовки, оригинала Горелик не видел. За такую листовку по тем временам полагался немедленный расстрел — расстреливали и за меньшее, а тут Ландау через год выпустили, да и Корец получил сравнительно мягкое наказание (10 лет лагерей + продление еще на 10 лет) и дожил до 80-х годов. В деле Ландау листовка фигурирует не в качестве основного обвинения (основное — во вредительстве), а в качестве дополнения к нему. Возникает вопрос, не являлась ли листовка сфабрикованной в НКВД фальшивкой? В том, что в НКВД были большие мастера по этой части, ни у кого, разумеется, сомнений нет. Горелик [25] отвечает на этот вопрос отрицательно, с ним соглашается Фейнберг [10], для Гинзбурга [11] вопрос остается неясным.

Основным аргументом Горелика было то, что в 1930-е годы у Ландау было коммунистическое мировоззрение: он считал, что только при коммунистическом строе наука может успешно развиваться, и путь в нее открыт всем молодым талантам из всех слоев общества. По Горелику, в 1937 году, увидев массовые аресты, Ландау понял, что существующий строй не имеет ничего общего с тем, который он, Ландау, себе представлял, и решил с ним бороться. Такое рассуждение мне кажется наивным. Ландау, прежде всего, был рационально мыслящим человеком. Он вводил рациональный подход всюду, даже туда, куда его не следовало вводить, — об этом говорит вся история его жизни. Он прекрасно знал, что ближайшие его друзья — М.П. Бронштейн, Л.В. Шубников и многие другие физики были арестованы в 1937 году и бесследно исчезли в застенках НКВД.

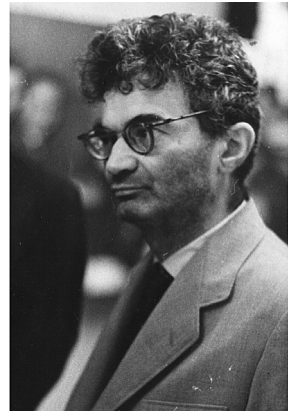
Именно для того, чтобы спастись от неминуемого ареста, в феврале 1937 года Ландау переезжает из Харькова в Москву (он подозревал, что за ним следили и в Москве, — см. [10]). Он не мог не понимать, что листовка, если она будет распространяться (фактически, она существовала — если вообще существовала — в одном экземпляре), не приведет ни к чему, кроме ареста ее авторов. Что с ними дальше будет — тут уж нельзя питать никаких надежд. На составление и распространение такой листовки мог пойти только человек, который хотел стать мучеником. Ландау никак не принадлежал к такому типу людей — он был, скорее, гедонистом. И, конечно, Ландау никак уж не был настолько глуп, чтобы не предвидеть все последствия. Поэтому я не думаю, чтобы Ландау мог хотя бы в какой-то степени участвовать в составлении листовки. Я также не думаю, чтобы Корец мог придти к нему с таким предложением: по свидетельствам людей, знавших Кореца, он любил Ландау, и, конечно, должен был понимать, какой опасности его подвергает.

Более правдоподобной мне представляется такая возможность. В тюрьме Кореца заставили подписать признание в том, что он написал листовку и Ландау одобрил ее текст. Вероятно и то, что на самом деле листовку написал следователь. Затем листовку и признание Кореца предъявили уже сломленному Ландау, и он тоже признал свое участие в составлении листовки. Это все не кажется удивительным, поскольку в своих собственноручно написанных показаниях Ландау признает и свою антисоветскую деятельность, и многое, многое другое (мастера из НКВД умели добиваться признаний, известен случай, когда один заключенный признал, что он взорвал мост через Волгу, много лет спустя, выйдя на свободу и попав в то место, он увидел, что мост цел и невредим — никто и никогда не взрывал его). В 1970-х годах, уже будучи на свободе, Корец заговорил: он сказал, что да, он написал эту листовку. Возможно, однако, ему было легче сказать такое, чем признать, что он подписал показание под пытками. Когда Кореца выпустили в 1950-х годах, Ландау помогал ему. Здесь тоже нет противоречия — по собственному опыту Ландау знал, как у Кореца было выбито признание.

Остается вопрос: зачем НКВД нужна была листовка, которая не фигурировала в качестве основного обвинения? Гипотезы могут быть разными. Вот одна из них. Вначале, как один из вариантов дела, рассматривался большой, возможно, открытый процесс над учеными. Для такого процесса нужны были весомые доказательства. Потом от этой мысли отказались. Может быть, здесь сыграли роль письма в защиту Ландау, которые Сталин получал от западных ученых. Возможно, произошла подвижка политического курса – кратковременная оттепель при замене Ежова Берией; Ландау был арестован при Ежове, его показания датированы 8 августа 1938 года (еще при Ежове) и его дело, по-видимому, должно было рассматриваться позднее (для сравнения: Берия был назначен зам. наркома НКВД в августе 1938 года, наркомом – в ноябре того же года). Что есть истина? Тайны Лубянки остаются тайнами до сих пор.

8. И.Я. Померанчук. Принципы Померанчука

Впервые я встретился с И.Я. Померанчуком зимой 1947/48, когда учился в Университете на кафедре строения вещества на четвертом курсе. Надо было подыскивать себе руководителя дипломной работы. Я хотел выбрать его из школы Ландау (такое допускалось на кафедре строения вещества, в отличие от других кафедр физфака). Мой выбор пал на Померанчука просто по той причине, что к тому времени другие возможные кандидатуры (В.Л. Гинзбург, А.С. Компанеец) были уже разобраны. До этого я Исаака Яковлевича не знал, никогда не видел и не знал даже его работ. Я позвонил ему, представился и сказал, что сдал три курса из минимума Ландау. Этого оказалось достаточно, и И.Я. пригласил меня придти к нему домой для



Исаак Яковлевич
Померанчук

разговора. Меня поразило, что в квартире И.Я. почти не было мебели: в одной комнате стоял письменный стол, а в другой — раскладушка, застланная серым солдатским одеялом, на котором лежала книжка Ф. Блоха «Теория магнетизма». И.Я. каждые 3–5 минут посматривал на часы, близоруко поднося их к самым глазам. Я спросил его: «Я Вас, вероятно, задерживаю?» «Не обращайтесь внимания, — ответил он, — привычка». Разговор был недолгим. В конце разговора И.Я. сказал, что берет меня в дипломники с условием, что я досдам минимум Ландау.

Зимой 1948/49 Померанчук читал в МИФИ курс «Квантовая теория поля». В него входили: квантование электромагнитного поля, метод функционалов Фока, теория излучения, метод Блоха–Нордсика, многовременной формализм и т. д. Курс этот был уникален во всех отношениях — ничего подобного ни услышать, ни в столь законченной форме прочитать нельзя было нигде. Мне удалось быть лишь на части этих лекций, и хотя я понимал далеко не все, я до сих пор помню это ощущение ясности и восторга перед красотой теории.

Одновременно в том же 1949 году Исаак Яковлевич читал в МГУ курс физики нейтронов и теории ядерных реакторов. Такое смешение высоких и низких «штилей», абстрактной теории и конкретной, даже прикладной физики было характерно для И.Я. всегда, и он старался привить этот стиль своим ученикам. Так, уже во время дипломной работы, И.Я. дал мне совершенно разные задачи: первая называлась «Получение поляризованных нейтронов и деполяризация их при замедлении», вторая — «Зависимость сечений тормозного излучения и аннигиляции пар от поляризации фотона».

С первого января 1950 года я стал работать в Лаборатории Теоретической Физики ИТЭФа. Очень скоро я узнал принципы, которые И.Я. положил в основу работы сотрудников Лаборатории. Вот эти принципы:

1. «Дирекцию следует уважать». Это означало, что все задачи, которые ставит дирекция по решению прикладных проблем, должны выполняться в первую очередь с полной ответственностью и гарантией безошибочности.

2. «Экспериментаторов надо уважать». Это означало, что если в теоретический отдел приходил экспериментатор с вопросом или просьбой помочь, то надо было на вопрос ответить, просьбу выполнить, и, если нужно, провести даже сложные расчеты.
3. «У нас нет черной и белой кости». Это означало, что все сотрудники Лаборатории в равной степени должны выполнять задачи, поставленные дирекцией или экспериментаторами (увы, как это часто бывает с хорошими принципами, этот принцип выполнялся не столь строго, как предыдущие два).
4. «Наукой вы можете заниматься от 8 до 12 вечера». Это означало, что при всей загрузке по пунктам 1 и 2, сотрудники, особенно молодые, должны находить время для занятий высокой наукой.
5. «Институт — это не благотворительная организация». То есть, в Лаборатории (и шире — во всем Институте) не должно быть плохо или мало работающих сотрудников.

Последнее требование Померанчука полностью совпадало с точкой зрения Ландау. Как-то я слышал, как Ландау говорил Померанчуку про Судакова (Судаков был, пожалуй, самым талантливым теоретиком из послевоенного поколения ИТЭФ): «Судаков — бездельник. Такие высокие полные блондины часто бывают бездельниками. Ты жми на него, заставляй работать, не давай ему бездельничать!»

Померанчук не снижал требований к сотрудникам Лаборатории и тогда, когда их положение повышалось, — они становились докторами наук. Наоборот, требования повышались. Примером служит такой эпизод. С середины 1950-х годов Померанчук поручал мне писать годовой отчет по Лаборатории (по открытой тематике). В то время сотрудников в Лаборатории было немного, большинство работ я знал, а по недостающим просил рукописи или оттиски у авторов и изучал их. Отчет писал основываясь на своем понимании значимости статей: одним статьям я уделял много внимания, другим меньше, а третьи вовсе не упоминал в тексте отчета, включая их только в список выполненных работ. Затем рукопись отчета я приносил Померанчуку. Он при

мне внимательно читал текст: что-то вычеркивал, что-то добавлял. Иногда говорил: «Поправьте здесь так-то и так-то». После этого исправленный текст я отдавал машинистке. Отпечатанный отчет Померанчук подписывал уже не читая. По-видимому, моя работа и мои оценки его в основном устраивали, поскольку такой порядок оставался до конца его жизни.

В 1963 году (или в 1964-м — точно не помню) я, как обычно, пришел к Померанчуку с отчетом. В нем, в числе прочего, были описаны работы двух сотрудников Лаборатории — докторов наук. Я поставил их во вторую категорию работ, результаты которых описываются, но кратко. Померанчук стал читать отчет, дошел до этих работ, жирной чертой вычеркнул их описание и жестко сказал: «Я не понимаю, что делают эти люди! Это не наука! Я как начальник Лаборатории, не могу нести ответственность за то, что они делают. Я поставлю перед директором Института вопрос о том, чтобы они более не состояли в моей Лаборатории». Действительно, вскоре были созданы две новые теоретические лаборатории во главе с этими докторами.

Вместе с тем, Исаак Яковлевич не был рабом своих принципов и, когда нужно, отступал от них. В 1952 году мы с Рудиком должны были сдавать кандидатский экзамен по философии. В то время сдача этого экзамена была серьезнейшим делом: надо было дословно знать массу цитат, за малейшее искажение оценка снижалась, а получить тройку вообще было равносильно катастрофе. И Померанчук распорядился: в течение двух недель перед экзаменом нам всякую работу прекратить, в своей комнате не появляться, чтобы никто нас не мог найти, а сидеть в другом корпусе и изучать философию. После этого философия была сдана успешно.

У меня с Померанчуком оказался общий интерес вне науки — мы читали газеты. Этот интерес не разделяли остальные сотрудники Лаборатории, да и вообще в то время мало кто читал газеты, разве что по обязанности — в них не было никакой, заслуживавшей внимания информации. Все газеты были заняты статьями, которые начинались словами вроде: «Новые производственные успехи были достигнуты на...» или «Фрезеровщик

Иванов (прокатчик Петров и т.д.), работая по-стахановски, за одну смену выполнил 10 (20, 50...) норм...». Чтобы извлечь какую-нибудь информацию из газеты, надо было быть специалистом в этом деле, и мы — Чук и я — ими были (впредь я буду называть его Чук, как его звали многие). Утром, как только Чук приезжал в ИТЭФ, он приходил в мою комнату и спрашивал:

— Вы читали сегодняшнюю «Правду»?

— Да, — отвечал я.

— И на что Вы обратили внимание?

— Маленькая заметка на третьей странице.

— О! — Чук поднимал указательный палец.

— А Вы?

— Вероятно, на то же, о пленуме Воронежского обкома?

— Да.

— И что же Вас заинтересовало в этом сообщении?

— Приветствие членам Политбюро.

— О! — указательный палец вновь поднимался вверх.

— Что именно?

— Порядок, в котором были перечислены члены Политбюро. Мы хорошо понимали друг друга. Исходя из этого порядка можно было сделать вывод о том, кто из членов Политбюро двигается вверх, а кто вниз, тем самым оценить, что нас ожидает.

Но однажды утром, еще дома, я прочел в газете, что Померанчуку совместно с Иваненко и Соколовым присуждена Сталинская премия за работы по синхротронному излучению. Приехав на работу я пошел в свою комнату (в то время — это было в самом начале моей работы в ИТЭФ — я сидел не там, где все теоретики, а в другом корпусе: Померанчук временно «одолжил» меня В.В. Владимирскому, я должен был рассчитывать поле в линейном ускорителе). Позже, часов в 12, я зашел в комнату теоретиков, где обычно сидели Берестецкий, Галанин и Рудик, и увидел такую картину: за тремя столами сидят Померанчук, Галанин и Рудик и в полном молчании что-то пишут в своих бумагах. Я оказался в сложном положении так как знал, что у Чука была работа с Иваненко по синхротронному излучению в бетатроне, за которую ему и дали Сталинскую премию. Но я также знал, что Ландау терпеть не мог Иваненко,

считал, что у него нет никаких теоретических достижений¹⁹, более того, когда Чук сделал работу с Иваненко, Ландау отлучил Чука от теоретического семинара, и должно было пройти заметное время, пока Чук был прощен. Мне было непонятно, что происходило до моего прихода, поздравляли ли остальные Чука или нет и что мне делать. Потом я узнал от Рудика. Они с Галаниным были в комнате. Открылась дверь, вошел Чук, быстро прошел к столу Берестецкого, сухо поздоровался и, не говоря ни слова, сел и стал что-то писать. Они сделали то же самое, и так продолжалось до моего прихода. Я подошел к Чуку и сказал: «Исаак Яковлевич, я не знаю, следует ли Вас поздравить или, наоборот, выразить свое сочувствие». Тут Чук оттаял и рассказал историю появления этой злополучной работы.

В то время (1944 год), говорил Чук, я обычно обедал в столовой Дома Ученых. Однажды во время обеда я оказался за одним столом с Иваненко. У нас с ним тогда были вполне нормальные отношения и я рассказал ему свою работу о синхротронном излучении, которую я тогда заканчивал. Иваненко выслушал, никаких замечаний не сделал. Через некоторое время я снова встретил его в столовой Дома Ученых, и он сказал мне: «В прошлый раз мы с Вами обсуждали проблему синхротронного излучения. По-моему, это заслуживает опубликования. Надо бы нам с Вами статью напечатать». У меня не хватило духу сказать: «А Вы-то тут при чем?» Так появилась эта статья (Иваненко рассказывает историю создания статьи совсем иначе [31,32]).

1940-е годы, особенно, вторая половина, были очень плодотворными для Померанчука: тут и создание теории ядерных реакторов, и теория жидкого ${}^3\text{He}$, и многое другое. Но на первом месте для него всегда оставалась

¹⁹ Обычно говорится, что основным достижением Иваненко является его работа о том, что ядра состоят из протонов и нейтронов (до открытия нейтронов приходилось считать, что, поскольку атомный вес ядер не совпадает с их зарядом, то в ядре есть электроны, и это приводило к ряду противоречий). Ландау говорил по поводу этой работы: «В то время (после открытия нейтрона Чэдвиком) все понимали, что в ядрах есть нейтроны, и только Иваненко взял и напечатал».

теория поля. Всевозможные «эффекты Померанчука», которые он с таким блеском придумывал, он сам считал своей слабостью и часто ругал себя за это.

В 1950 году все сотрудники Лаборатории Теоретической Физики ИТЭФ — В.Б. Берестецкий, А.Д. Галанин, А.П. Рудик и я — интенсивно изучали новые методы в квантовой электродинамике, статьи Фейнмана, Швингера, Дайсона и других. Некоторые из этих статей мы с Галаниным перевели на русский язык и они были напечатаны в обзорных сборниках²⁰. Померанчук очень одобрял такие занятия, но сам до середины 1951 года в них не участвовал: в 1950–1951 годах его на полгода командировали в Арзамас-16 для работы над проектом водородной бомбы.

В 1949–1950 годах в Москве мало кто понимал, что с созданием перенормировок пришла новая эра в физике частиц и квантовой теории поля (кроме нашей группы это были Абрикосов, Халатников и, может быть, еще 1-2 человека). Большинство считали, что поскольку бесконечности в теории остались, то теория перенормировок есть ничто иное, как «заметание пыли под ковер». Померанчук так не думал. Он считал, что хотя перенормированная квантовая электродинамика (или мезонная теория) не есть еще новая теория, но это очень важный шаг на пути к ней. И Исаак Яковлевич с нетерпением ждал новой теории. «Когда наступит новая теория, — говорил он, — мы все перейдем на казарменное положение и наденем сапоги. Борис Лазаревич, — спрашивал он строгим голосом, — у Вас есть сапоги?» Пришлось признаться, что сапог у меня нет, есть только солдатские ботинки с обмотками. Чук был согласен и на это, лишь бы наступила новая теория.

Ландау скептически относился к новому развитию в квантовой электродинамике: он не верил, что трудности с бесконечностями удастся обойти с помощью перенормировок массы и заряда. На семинаре Ландау по-прежнему доминировали «квасцы».

²⁰ В 1949-1951 годах американские физические журналы доходили до нас с трудностями, часто с большой задержкой, а иногда со штампами «classified». Было известно, что они поступали нелегально, через Швецию.

Меня Ландау называл снобом. Он повторял неоднократно: «Борис — сноб». Смысл его слов состоял в том, что я не хочу заниматься решением реальных физических задач, а предпочитаю изоциренную теорию. Его слова никак не действовали на Померанчука, к которому чаще всего они и были обращены, поскольку мы с Чуком были заодно. Но — и это было хуже всего — Ландау говорил то же самое Алиханову, директору ИТЭФ. А для Алиханова Ландау был непререкаемым авторитетом в теории и оценках различных теоретиков. Поэтому высказывания Ландау могли привести к весьма нежелательным для меня последствиям. К счастью, в этом вопросе Алиханов имел свое собственное мнение. Он прекрасно знал, что я делаю расчеты ядерных реакторов и его, Алиханова, экспериментальных установок, и уж никак не был снобом.

Теорией перенормировок Померанчук начал заниматься в 1951 году, и стал делать это с присущей ему страстью. Однажды утром Чук ворвался в нашу с Рудиком комнату в страшном гневе. В таком гневе я не видал его никогда — ни до, ни после. Он кричал: «Фейнмана читали, Дайсона читали — ничего не поняли!» Не сразу удалось выяснить, в чем дело. Оказалось, И.Я. понял, что при вычислении фейнмановских интегралов нужно брать вычеты в полюсах пропагаторов так, что некоторые из p^2 равны m^2 . Отсюда он пришел к выводу, что метод Дайсона вычисления степени расходимости диаграмм путем счета степеней импульсов неправилен, а мы этого не заметили. Лишь к вечеру, после того, как И.Я. несколько остыл, его удалось убедить, что Дайсон все-таки прав. С тех пор больше таких вспышек по отношению к нам И.Я. себе не позволял.

9. Семинар Померанчука

Много раз Померанчук пытался убедить Ландау переориентировать круг своих интересов в сторону квантовой электродинамики и мезонных теорий. Снова и снова он повторял: «Дау, здесь масса проблем. Они трудные, как раз для человека твоего класса». Но Ландау каждый раз

возражал: «Я знаю свои возможности, решить проблемы бесконечностей — это не для меня».

Осенью 1951 года Померанчук организовал семинар по квантовой теории поля и физике элементарных частиц. Семинар нельзя было проводить в ИТЭФ, так как не все участники имели право прохода на территорию ИТЭФ. Поэтому Померанчук договорился с Ландау, что семинар будет проходить в конференцзале Института Физических Проблем в тот же день — четверг — что и семинар Ландау, но на два часа раньше. Померанчук назначил меня секретарем семинара, и первое заседание состоялось 1 октября 1951 года. Я докладывал на этом заседании работу Дайсона. Алиханов, как директор ИТЭФ, попросил меня представить ему докладную записку об организации семинара, что я и сделал. Этот документ сохранился. В работе семинара принимали участие практически все известные теоретики и очень много молодежи.

От докладчика на семинаре Померанчук прежде всего требовал четкого физического изложения: нужно было ясно понимать физический смысл решаемой задачи и полученных результатов, обязательно рассмотреть предельные случаи и сравнить их с полученными другими методами (если такие существовали). Однажды на семинаре Померанчука А.М. Балдин рассказывал о своих расчетах сечений фоторождения π^- -мезонов на нуклонах по теории возмущений. Он писал на доске длинные формулы и показывал много графиков. Померанчук задал вопрос: «Каково поведение сечения вблизи порога?» Балдин показал один из графиков. — «А какова асимптотика при больших энергиях?» Балдин показал другой график. «Графики — это не метод дискуссии в теоретической физике», — закричал Померанчук, — Ваш доклад закончен!»

В 1953 году, когда ограничения на вход в ИТЭФ стали менее жесткими, семинар был перенесен в ИТЭФ. В форме, заложенной Померанчуком, семинар существовал до 2005 года.

10. Померанчук вне науки

Вне науки Чука было мало, но нельзя сказать, что не было совсем. Он сам говорил о себе (см. «Воспоминания» А. Д. Сахарова [5]): «Я человек старомодный, и для меня все еще самыми важными являются такие странные вещи как любовь». И — я добавлю — дружба. Было несколько человек, при упоминании которых всегда теплел голос Чука — Шмушкевич, Ахиезер, Мигдал. Чук восклицал: «Илья Миронович!» (Шмушкевич), указательный палец шел вверх, и интонация была такова, что Илья Миронович способен на такие поступки (по-видимому, разгульные), на которые не способен никто другой. Если Илья Миронович (крупный, представительный мужчина) присутствовал при таких разговорах, он тут же ужасно краснел (на самом деле, Илья Миронович был высоконравственным человеком, ни к какому разгулу не способным). К Ландау отношение было иным: нельзя ведь с теплотой говорить о Боге, а для Чука Ландау был Богом.

В молодости, говорят, Чук был правоверным советским гражданином, комсомольцем. Не активным, конечно, — вся его активность уходила в науку — но правоверным. Когда Ландау посадили, это было сильнейшим ударом для Чука. С тех пор Чук стал очень (и, часто, чрезмерно) осторожен. В 1956 году после разгона партийной организации ИТЭФ, в Институте проходила кампания по укреплению вновь созданной организации — старались вовлечь в партию новых членов. Чук как-то пришел ко мне и сказал: «Борис Лазаревич, я не уговариваю Вас вступить в партию, но если бы Вы такое сделали, я бы встретил это с пониманием». Чук прекрасно знал мои политические взгляды, очень далекие от коммунистических.

Тогда же он позвонил Никитину и сказал:

— Сергей Яковлевич, не могли ли Вы меня принять?

— Что Вы, Исаак Яковлевич, я сам к Вам зайду. Дальше рассказывает Никитин.

У Чука сидел Грибов.

— Володя, — сказал Чук, — не могли ли Вы на минутку выйти?

Мы остались одни, и Чук сказал:

— Сергей Яковлевич, я считаю, что Вам нужно вступить в партию.

— Только после Вас, Исаак Яковлевич, — ответил я. Чук помолчал.

— Да, — сказал он, — я так понимаю, что Володю можно позвать обратно?

У Чука был набор любимых анекдотов, подходящих ко многим случаям жизни. Вот один из них.

Одному человеку, который жил и работал на окраине Москвы, часто приходилось бывать в центре. И там он посещал один общественный туалет. Поскольку он делал это часто, то в результате познакомился с работавшей там пожилой женщиной. Иногда он давал ей какую-нибудь мелочь. Потом, на некоторое время ему пришлось уехать из Москвы. Вернувшись, он опять посетил этот туалет, но его знакомой там не оказалось. Он огорчился и подумал: «Пожилая женщина, всякое могло случиться...» Спустя какое-то время он случайно зашел в туалет на окраине и — о радость! — увидел там свою знакомую. «Почему Вы здесь, а не на прежнем месте?» — спросил он. «Интриги» — ответила она. Это вечно живой анекдот, и я думаю, сейчас он еще более актуален, чем во времена Чука.

И уже реальный случай (об этом мне рассказал Е.Л. Фейнберг). Померанчук выступал на семинаре в ФИАНе с докладом о дифракционном рождении частиц при столкновениях налетающей частицы (или ядра) с ядром. В этом процессе рождение частиц происходит, когда налетающая частица (или ядро) проходит вне ядра, в области его дифракционной тени. Присутствовавший на докладе Д.И. Скобельцын спросил: «Как это может быть, ведь налетающая частица проходит вне ядра и с ним не взаимодействует?» Померанчук объяснил, что волновая функция налетающей частицы перекрывается дифракционной тенью ядра, и отсюда возникает взаимодействие, и продолжил доклад. Через некоторое время Скобельцын повторил свой вопрос. Померанчук дал по существу тот же ответ, но другими словами и более подробно. Прошло какое-то время, и Скобельцын снова задал тот же вопрос. Померанчук ответил: «Если хотите, можете это рассматривать как непорочное зачатие».

11. А.И. Алиханов. Физик, гражданин, директор



**Абрам Исаакович
Алиханов (Портрет
Бажбеук-Мелика
(1955))**

Я считаю Абрама Исааковича одним из своих учителей (наряду с Ландау и Померанчуком). Он учил меня многому: глубокому, не формальному пониманию физики, умению работать, целиком отдавая себя делу, чувству ответственности, смелости и инициативе, гражданственности и гражданскому мужеству, настоящей, не показной демократичности. В какой либо ситуации достаточно было представить себе его реакцию на эту ситуацию или даже то, что он подумает на этот счет, и сразу становилось ясно, что ты должен поступить так, а не иначе.

Такое поведение было внутренне присуще Абраму Исааковичу и проявлялось, разумеется, не только по отношению ко мне, но и к любому, с кем он общался.

Алиханов и Курчатов были основателями ядерной физики в Советском Союзе. Именно эти две кандидатуры рассматривались при выборе главы ядерной программы — их рекомендовал А.Ф. Иоффе. Курчатов был выбран на этот пост не за его более высокие научные достижения (в то время Алиханов был уже членом-корреспондентом Академии Наук, а Курчатов — нет), а потому, что он произвел лучшее впечатление сначала на Кафтанова, а затем на Молотова. На выборах в Академию Наук в 1943 году, когда Алиханов и Курчатов были избраны в академики, вначале было выделено одно место, на которое был избран Алиханов, и лишь потом выделено еще одно, на которое был избран Курчатов. Но в целом, надо прямо сказать, на роль главы программы Курчатов, конечно, подходил гораздо больше.

А.И. Алиханов был основателем и первым директором Лаборатории No. 3 — ТТЛ — ИТЭФ. С самого начала Институт был весьма необычным. Директор и его заме-

ститель по науке Василий Васильевич Владимирский были беспартийными, беспартийным было также большинство начальников лабораторий. Благодаря Абраму Исааковичу состав Института, моральный и научный уровень Института, были высочайшими. Институт был организован в декабре 1945 года с задачей сооружения тяжелых реакторов. Но уже в первом постановлении правительства о создании Лаборатории No. 3 в качестве одной из ее задач фигурировали физические исследования ядерных частиц большой энергии — основное направление работ сегодняшнего ИТЭФ. В этом сказалось блестящее научное предвидение Алиханова. Поскольку реакторы были нужны, с существованием Института мирились, хотя он всегда был бельмом на глазу у начальства.

Абрам Исаакович не любил советскую власть. Он ясно понимал ситуацию в стране и не питал каких-либо иллюзий. В этом отношении он был достаточно откровенен, во всяком случае, откровеннее других известных мне видных физиков. В 1950-е годы он имел обыкновение раз или два в неделю заходить вечером в ту комнату, где сидели мы с Рудиком, и после обсуждения реакторных дел и вопроса «Что нового в теории?» переводить разговор на общие, часто политические, вопросы. Я многое узнал из этих разговоров. В частности, мне запомнились его рассказы о том, что делал Берия в бытность свою в Тбилиси, до переезда в Москву: как неугодных ему людей хватили на улицах, истязали в застенках, как организовывалась охота на женщин, которые ему понравились и которых он делал своими любовницами, а их мужей просто убирал — убивал или сажал в тюрьму. Причем говорилось это, включая общую характеристику Берии («страшный человек!»), еще до его падения.

К этой общей характеристике политической позиции Абрама Исааковича можно добавить такой штрих. Он был единственным из крупных физиков, который посещал П.Л. Капицу после того, как Капицу по приказу Сталина отправили в ссылку на подмосковную дачу. И посещал до тех пор, пока его самого не вызвали в «инстанции» и не сказали, что если он не прекратит эти посещения, то сам отправится туда же, а может быть, и подальше. От

Абрама Исааковича же я узнал, что Капицу сняли с работы и сослали потому, что он написал письмо Сталину, где говорилось, что Берия некомпетентен в ядерных вопросах и не может возглавлять атомный проект. Берия требовал куда более строгого наказания Капицы — ареста со всеми вытекающими отсюда последствиями, но Сталин смилостивился.

В Институте Алиханов старался поддерживать такой порядок, чтобы все служило на пользу науке, а всевозможные бюрократические и режимные ограничения сводились бы к минимуму. Это было непросто. В Институте существовала должность Уполномоченного Комитета Обороны (потом ЦК КПСС и Совмина). Ее занимал генерал-лейтенант МГБ Осетров. Его биография примечательна: он возглавлял операцию по выселению одного из северокавказских народов (об этом мне рассказал его адъютант, который участвовал в акции). Он же был командиром дивизии, которая охраняла ядерный полигон во время первого испытания атомной бомбы. По некоторым вопросам Осетров мог действовать через голову Алиханова, но он понимал, что в случае конфликта с директором одному из них придется уйти, а кому — было неясно. Поэтому он предпочитал не вмешиваться в дела без крайней необходимости (если не будет указания сверху). И Теплотехническая Лаборатория продолжала оставаться островом свободы (относительной, конечно) и разумности.

ТТЛ была уникальна также и по составу кадров. Их Алиханов подбирал, основываясь только на научной квалификации (и, конечно, порядочности — негодяев не брали). Анкетные данные — национальность, партийность — роли не играли. Конечно, здесь бывали и трудности, но каждый раз Алиханову удавалось их преодолевать. И это относилось не только к известным ученым, известных ученых с плохими данными до поры до времени брали и в других местах, но и к молодым людям, включая инженерно-технический персонал. С каждым будущим сотрудником Алиханов предварительно беседовал сам. Примером может быть мой случай. Я был единственным евреем со всего курса физфака в 1949 году, который получил назначение в хорошее место. Все остальные либо не получили

никакого назначения, долго искали работу и в конце концов устраивались не по специальности (например, экскурсоводом в Планетарии), либо их направляли на заводы вне Москвы (как это случилось с Киржницом). Я не сомневаюсь, что своим назначением я обязан Абраму Исааковичу и, конечно, Исааку Яковлевичу Померанчуку, который меня ему рекомендовал.

Наконец, административный и хозяйственный персонал ТТЛ, который был невелик, директор подбирал и направлял так, чтобы он работал на науку, а не на самого себя, как это часто происходит.

Большую часть своей жизни Алиханов положил на создание тяжеловодных реакторов. Первый тяжеловодный исследовательский реактор в СССР был пущен в ТТЛ в 1949 году, т.е. всего через три года после организации ТТЛ. Если учесть еще, что Лаборатория создавалась на ровном месте и никакого опыта в создании тяжеловодных реакторов в стране не было (да и по части графитовых реакторов опыт был очень невелик), то это потрясающий результат. Менее чем через два года после этого под руководством Алиханова на базе вступил в строй промышленный тяжеловодный реактор по производству плутония и урана-233. Одновременно, опять-таки по инициативе Абрама Исааковича, в ТТЛ стали разрабатываться проекты тяжеловодных реакторов мирного назначения — реакторов атомных электростанций. Одним из таких проектов (это был один из первых расчетов реакторов, которые я сделал) был проект тяжеловодного реактора-размножителя на тепловых нейтронах, работающего на цикле торий-уран-233. Эта работа началась в 1950 году. Замечу, что именно такой цикл, как наиболее перспективный для атомной энергетики в 1980-х годах предложили лауреаты Нобелевской премии К. Руббиа и Г. Бете [38,39].

Благодаря директору в Институте в 1950-х годах создавалась исключительная творческая обстановка, когда смело выдвигались новые идеи, каждый старался сделать как можно больше и лучше, между сотрудниками происходил интенсивный обмен мыслями и предложениями, и все относились друг к другу очень доброжелательно. Все это приводило к быстрому росту молодых сотрудников

Института и к тому, что они рано становились самостоятельными. Вот несколько примеров из моего собственного опыта, иллюстрирующих сказанное. Я начал работать в Лаборатории № 3 1 января 1950 года, после окончания МГУ. Почти одновременно со мной (на несколько месяцев раньше) начал работать А.П. Рудик, и первые годы большинство работ мы с ним делали вместе.

Одной из основных задач, которыми мы занимались в 1950-1951 годах был расчет ядерных реакторов. До этого никакого опыта в таком деле у нас не было, так что первое время нам приходилось при расчетах одновременно еще и обучаться этой науке под руководством

И.Я. Померанчука и А.Д. Галанина. Постепенно опыт набирался, и к концу 1950 — началу 1951 года мы уже достаточно хорошо стали понимать физику реакторов, сами вели расчеты и даже кое-что знали об основных проблемах в этом деле. Однако самостоятельными мы себя не чувствовали, был старший товарищ, хоть не формально, но фактически ответственный за все, в том числе, и за расчеты реакторов, которые делали мы, — А.Д. Галанин, еще выше был И.Я. Померанчук, и мы считали себя добросовестными, но рядовыми исполнителями, которым проявлять инициативу необязательно.

Расчеты, которые мы вели, были весьма ответственными: в то время обсуждалась долговременная и крупномасштабная программа строительства реакторов в Советском Союзе. ТТЛ и Лаборатория Измерительных Приборов АН СССР (ЛИПАН) выдвигали альтернативные предложения по этой программе. Инициатором предложений нашего Института был Абрам Исаакович. Он считал, что наиболее перспективными являются тяжеловодные реакторы в силу их физических преимуществ, а возникающие при этом технические сложности могут быть решены, если проявить достаточную изобретательность. Поскольку проблема реакторостроения в то время была основной для Института, Абрам Исаакович непрерывно следил за ходом теоретических расчетов, регулярно, по крайней мере, раз в неделю, а то и чаще (если не бывал в отъезде) заходил к нам, обсуждал результаты, сравнивал наши параметры реакторов с параметрами реакторов, которые предлагал ЛИПАН и т.д.

И вот, где-то в начале 1951 года, когда Померанчук и Галанин были в длительных командировках, Абрам Исаакович вызвал нас и сказал, что пришло письмо от Завенягина, в котором выдвинуто требование, чтобы Институт в двухнедельный срок представил свои соображения по программе строительства реакторов. Поскольку Померанчука и Галанина нет, письмо с предложениями Института и указанием параметров реакторов должны написать мы. Мы были сильно испуганы — в 1951 году написать такое письмо «самому» Завенягину было отнюдь не шуткой. Но делать было нечего. С большим страхом, еще раз проверив все вычисления, мы такое письмо написали, Абрам Исаакович его подписал, и письмо было отправлено. С этого момента мы стали самостоятельными и уже больше не боялись брать на себя ответственность.

Таков был стиль работы Абрама Исааковича: он стремился иметь непосредственный контакт с работником, независимо от их положения (разница в положении была колоссальна: Абрам Исаакович был академиком, директором Института, а мы — младшими научными сотрудниками со стажем работы немногим более года). Из такого общения, всегда в непринужденной обстановке, Абрам Исаакович приобретал собственное мнение о способностях и квалификации работника, о том, с какой ответственностью этот работник относится к делу, и если впечатление было положительным, он начинал полностью доверять этому человеку. Естественно, такое доверие окрыляло, и человек старался работать еще лучше.

Еще один пример — более мелкий, но характерный.

Где-то в 1951 или 1952 году нас — Галанина, Рудика и меня — вызвал Абрам Исаакович и попросил написать заключение на секретный отчет. Фамилия автора была нам неизвестна, а содержание отчета состояло в объяснении устройства атомных ядер. К отчету был приложен ящик с искусно изготовленными деревянными деталями, из которых можно было составлять ядра согласно теории автора. Но главное во всем этом было то, что на титульном листе была резолюция: «Акад. А.Н. Несмеянову. Прошу представить заключение. Берия». Далее шла резолюция Несмеянова (президента Академии Наук), адресованная Алиханову. Абрам Исаакович, понимая наши

чувства, сказал: «Напишите то, что думаете. Я подпишу, пойдет за моей подписью». После этого написать отзыв не составляло труда. Отзыв ушел — и ничего. Уже потом я узнал, кто был автор, — начальник лагерей на Колыме. Это объяснило все — и подпись Берии, и хорошо выпиленные деревяшки.

В основном именно благодаря своему директору в 1950-х годах ИТЭФ был совершенно уникальным научным учреждением. Я не знаю другого подобного ему института, и не исключено, что такого вообще не было в СССР. В ИТЭФе все было подчинено одной цели — науке, теоретической или прикладной. И в науке ценилось только одно — конечный результат. Каждый научный сотрудник мог в любой день придти к директору, и тот всегда находил время для разговора с ним по науке, причем разговора не на ходу, а делового, обстоятельного, с выяснением всех деталей. Если по причине административных обязанностей Абрам Исаакович не мог поговорить с сотрудником днем²¹, он приглашал прийти вечером, после 18-19 часов, но никогда не откладывал разговора надолго. Особенно ценились новые научные идеи и, в первую очередь, естественно, в эксперименте. Если Абрам Исаакович приходил к выводу, что новая идея действительно значительна, то он просто загорался, заражал своим энтузиазмом других, и работа разворачивалась немедленно. В результате очень многие экспериментальные и методологические идеи впервые в СССР были осуществлены именно в ИТЭФе. Так было с созданием ускорителя с жесткой фокусировкой, пузырьковых камер, постановкой опытов по несохранению четности.

Как директора, Абрама Исааковича интересовало в Институте все. На первом плане была, конечно, наука, но и все остальное не проходило мимо его внимания: от программы семинара и состояния библиотеки до неработающего или грязного туалета. При виде малейшего беспорядка он реагировал сразу же: вызывал виновного, требовал немедленного исправления, и плохо

²¹ В силу своей должности Абраму Исааковичу приходилось много заниматься административными вопросами, которые он очень не любил. «После таких дел к концу дня голова становится, как кочан капусты», — говорил он.

бывало тому, кто пытался укрыться за «объективными» причинами. Абрам Исаакович сам понимал, как нужно устранить ту или иную неполадку, поэтому спорить с ним было трудно. Известен случай, когда он сам занимался налаживанием канализации, причем в непростой ситуации — она должна была работать не сверху вниз, а снизу вверх — и наладил.

Абрам Исаакович понимал и любил музыку, был дружен с Шостаковичем, часто бывал на концертах классической музыки. Однажды, когда Шостакович был у него дома, он сказал: «У вас прекрасный дом, но как Вы можете жить так далеко от консерватории?» Жена его Слава Соломоновна (в девичестве Рошаль) была скрипачкой и в 1935 году стала лауреатом конкурса «Молодых дарований». Сын — Тигран — пианист и в течение нескольких лет был директором Московской консерватории.

Однако, успешное становление и развитие Института оказалось под серьезной угрозой в 1951 году. Причины были политические. Как я уже говорил, Тепло-техническая Лаборатория вызывала большое раздражение у властей. И вот в ТТЛ направили проверочную комиссию ПГУ²². В это время Алиханов и его заместитель Владимирский были на базе, занимаясь подготовкой к пуску реактора, а обязанности директора исполнял Сергей Яковлевич Никитин (тоже, кстати, беспартийный). Цель комиссии была очевидна — собрать компромат. Комиссия изучала документы и допрашивала всех научных сотрудников. Вопросы задавались разные, сплошь и рядом провокационные. Меня, например, спросили, какую последнюю книгу я читал. Я сдуру назвал Бальзака, что было правдой. Как я потом узнал, мне было поставлено в вину, что я читаю буржуазных писателей. Меня спросили также, сколько работ я сделал за время работы в Институте. Работ было 11, из них 6 закрытых и 5 открытых, и все они были сделаны совместно с А.П. Рудиком. Как мне рассказал потом Никитин, который как и.о. директора входил в состав комиссии,

²² ПГУ – Первое Главное Управление Совета Министров СССР, занимавшееся атомным проектом. Начальником ПГУ в 1946-1953 годах был Б.Л. Ванников, его заместителем – А.П. Завенягин.

когда я вышел, председатель комиссии, полковник МГБ, предложил одного из нас — меня — уволить, а чтобы другой — Рудик — делал только закрытые работы. И Никитину стоило большого труда меня отстоять, аргументируя это тем, что закрытых работ было больше, чем открытых, и кроме того, когда работают двое, возникает кооперация, ускоряющая и улучшающая работу. Члены комиссии отступили только после того, как Никитин спросил их, берут ли они на себя ответственность, если в результате увольнения одного из теоретиков задания по закрытой деятельности не будут выполнены.

Но в других случаях результаты собеседований оказались не столь благополучными. На основании работы комиссии Завенягин подписал приказ, фактически означающий разгром Института: несколько десятков лучших работников должны были быть уволены, директору вменялись серьезные финансовые и хозяйственные нарушения — фактически, даже преступления (например, утверждалось, что из построенных для Института домов — коттеджей один был украден). Был пункт относительно Померанчука. Померанчук был объявлен «злостным совместителем»²³.

И тут С.Я. Никитин совершил неслыханный по тем временам поступок — он отказался выполнить приказ! Заявил, что в отсутствие директора выполнить такой приказ не может. И в таком положении, не увольняя никого, ему удалось продержаться месяц или два. За это время реактор на базе был успешно пущен, Алиханов вернулся “со щитом”, пошел к Ванникову и добился отмены, точнее, замены приказа. В новом приказе число увольняемых было меньше — человек 10–12 (но это тоже

²³ За год или два до того Померанчук приказом ПГУ был назначен по совместительству начальником теоретического отдела в Гидротехнической Лаборатории (ныне ОИЯИ, Дубна). Он регулярно, раз в неделю, ездил в Дубну, фактически создал там теоротдел, послал туда нескольких своих учеников, вел много обсуждений с экспериментаторами, направляя их на решение актуальных задач. Но никаких денег за эту работу не брал — ни копейки — хотя в Дубне ему настойчиво пытались заплатить. Поэтому при замене приказа Завенягина на новый (подписанный Ванниковым), исключить этот пункт было несложно, но должность начальника теоретического отдела в Дубне Померанчуку пришлось оставить.

были очень хорошие работники), обвинения в финансовых преступлениях тоже отпали, Институт уцелел, хотя и понес серьезные потери. Никитину не простили его дерзкого поступка: через год, придравшись к какому-то пустяку, его сняли с поста начальника отдела и перевели в старшие научные сотрудники. Вернуть его на прежнюю должность Алиханову удалось лишь через два года.

Через несколько лет была попытка снять директора. Секретарем парткома ИТЭФ был назначен некто Романов. Вскоре после своего назначения он развил кампанию, добиваясь снятия директора — писал доносы и т.д. И даже добился некоторого успеха — какой-то поддержки сверху. Но погорел самым глупым образом. В ИТЭФ цветочницей работала некая дама. Она ухаживала за цветами на клумбах и в оранжерее (тогда в ИТЭФ были прекрасные цветы, за ними ухаживали, была даже своя оранжерея). Дама была не самых строгих нравов и пользовалась у мужчин успехом. Жила дама в одном из принадлежавших Институту коттеджей, у нее была комната в коммунальной квартире. Романов стал за ней ухаживать, что сразу же заметили соседи по квартире. Они установили корреляцию событий: если вечером начиналась интенсивная готовка на кухне, то вскоре появлялся Романов. Как только дверь комнаты дамы закрывалась, соседи по очереди прикидывали глазом к замочной скважине. Возмущенные происходящим, они написали в вышестоящие организации и поставили в известность жену Романова. Состоялось разбирательство и Романов был снят «за аморальное поведение».

Еще более серьезной опасности ИТЭФ (ТТЛ) подвергся в 1956 году, когда решением Секретариата ЦК КПСС партийная организация ТТЛ была распущена, многих исключили из партии, а четверо были уволены. События 1956 года и роль в них А.И. Алиханова, фактически спасшего Институт, подробно описаны в книге Ю.Ф. Орлова «Опасные мысли» (М.: АиФ, 1992). После XX съезда КПСС, на котором Хрущев в своем докладе говорил о культе личности Сталина, во всех партийных организациях состоялись партсобрания с обсуждением доклада Хрущева. В ИТЭФ на собрании 4 человека, особенно Орлов, выступили и призывали к установлению де-

мократии в СССР (выступления некоторых из них были довольно путанными, так один из них — Авалов — призывал «вооружить народ»).

Я приведу здесь выдержки из постановления Секретариата ЦК КПСС, которое осталось неизвестным Орлову. Заседание состоялось 3 апреля 1956 года, председательствовал Суслов, присутствовали секретари ЦК Беляев, Брежнев, Поспелов, Фурцева, Шепилов, ряд членов ЦК и др. Постановление называлось «О враждебных вылазках на собрании партийной организации Теплотехнической Лаборатории АН СССР по итогам XX Съезда КПСС». В постановлении говорилось, что на партийном собрании «имели место антипартийные выступления некоторых коммунистов, младшие научные сотрудники Авалов Р.Г., Орлов Ю.Ф., Нестеров В.Е. и техник Щедрин Г.И. выступили с клеветническими злобными провокационными заявлениями, ревизирующими генеральную линию Коммунистической партии...». Далее отмечалось, что «в ТТЛ... создалась нездоровая, гнилая обстановка (особенно среди коммунистов научных секторов)». Было сформулировано решение, которое было вынесено на утверждение Президиума ЦК (цитирую):

«ЦК КПСС постановляет:

1. Утвердить решение Политуправления Министерства Среднего Машиностроения СССР об исключении из рядов КПСС Авалова, Орлова, Нестерова и Щедрина за враждебные, антипартийные и антисоветские выступления на партийном собрании ТТЛ АН СССР.
2. Признать, что партийная организация ТТЛ АН СССР оказалась политически нездоровой и небоеспособной. В связи с этим поручить Ленинскому райкому КПСС г. Москвы совместно с Политуправлением Министерства Среднего Машиностроения провести перерегистрацию членов и кандидатов в члены КПСС ТТЛ АН СССР, имея в виду оставить в рядах партии только тех, кто на деле способен проводить генеральную линию партии...
3. Вновь созданную парторганизацию ТТЛ АН СССР подчинить Ленинскому райкому КПСС г. Москвы.

4. Начальника политотдела ТТЛ АН СССР т. Шмелева И.С. как не справившегося с порученным делом, с работы снять.
5. Отметить, что Политуправление Министерства Среднего Машиностроения СССР (т. Мезенцев) не осуществляло должного контроля за работой парторганизации и не замечало крупных недостатков в подборе и воспитании кадров со стороны руководства и политотдела ТТЛ.
6. Обязать руководство Министерства Среднего Машиностроения СССР (тт. Завенягина, Мезенцева) принять меры по укреплению ТТЛ АН СССР руководящими научными и инженерно-техническими кадрами».

Пункт 6 постановления был особенно опасен — ТТЛ угрожала массовая чистка. Абрам Исаакович снова спас Институт. Как он мне рассказывал, на следующий день после партийного собрания (точнее, после его второго дня — собрание продолжалось два дня) утром он получил распоряжение из МГБ, которым Авалов, Орлов, Нестеров и Щедрин лишались допуска. В этом случае директор ничего не может поделать: он должен немедленно отобрать у них пропуска в Институт. Тогда Абрам Исаакович по прямому телефону — кремлевской “вертушке” — позвонил Хрущеву. В разговоре с Хрущевым, хотя, по словам Абрама Исааковича, тот был явно в гневе, ему удалось добиться многого: обещания, что Институт будет сохранен, других увольнений не будет, и, более того, «укрепление» научных кадров будет проводиться по согласованию с ним, Алихановым. Но попытка спасти четверых потерпела неудачу. Абрам Исаакович пытался аргументировать: «Это же мальчишки...». На что Хрущев резко ответил: «Эти мальчишки покушались на основы государства и будут строго наказаны!»

Проблему «укрепления руководящих кадров» Абраму Исааковичу удалось решить наилучшим образом: на должность зам. директора был приглашен М.С. Козодаев, член КПСС, но старый, еще по Ленинградскому Физтеху, сотрудник Алиханова и весьма достойный человек.

Одной из основных заслуг Алиханова было создание в Советском Союзе жесткофокусирующих ускорителей

протонов высоких энергий. Как известно, идея жесткофокусирующих ускорителей пришла из США, но сразу была подхвачена В.В. Владимирским в ТТЛ, где под его руководством был создан сначала проект ускорителя на 7 ГэВ, а затем ускорителя на 50–70 ГэВ, по тем временам самого большого в мире. В разработке последнего большую роль сыграли Ю.Ф. Орлов и Д.Г. Кошкарев (Кошкарев придумал, как проходить критическую энергию; в США тогда этого не знали). Абрам Исаакович загорелся идеей сооружения жесткофокусирующих ускорителей и стал со свойственной ему энергией проводить ее в жизнь. Он добился того, чтобы к ТТЛ была присоединена прилегающая территория, и на ней началось сооружение ускорителя на 7 ГэВ. Он воодушевлял и организовывал все экспериментальные группы для работы на будущем ускорителе, форсировал проектные и строительные работы. Если против сооружения в ТТЛ ускорителя на 7 ГэВ серьезных возражений не было, то предложение о сооружении ускорителя на 70 ГэВ встретило большое сопротивление. Против него выступили те, кого в ТТЛ называли «4Б»: Боголюбов, Блохинцев, Бурлаков (тогда ведущий работник отдела ЦК, курировавшего атомную проблему) и Борис Львович (Ванников). Основным аргументом противников ускорителя было: «Как может такой сравнительно небольшой институт, как ИТЭФ, построить самый большой в мире ускоритель?» Абрам Исаакович парировал такой аргумент, говоря: «Но ведь известны случаи, когда слабая, хрупкая женщина рождала богатыря!» Алиханову при поддержке Курчатова удалось преодолеть это сопротивление, и было принято решение о сооружении под Серпуховом ускорителя протонов на 70 ГэВ по проекту ИТЭФ и как филиала ИТЭФ. В дальнейшем группа Боголюбова изменила свою позицию, попыталась захватить будущий ускоритель в свои руки и преуспела в этом. Борясь с таким оборотом событий, Абрам Исаакович получил инсульт — прямо в кресле кабинета Петросьянца, председателя Комитета по Атомной Энергии.

К сожалению, у Абрама Исааковича были и ошибки. Самая большая и удручающая из них — это история с открытием варитронов, частиц с массами, промежу-

точными между массой мюона и протона. Алиханян и Алиханов с сотрудниками (главная роль в этой работе принадлежала Алиханяну — Алиханов в основном занимался реакторами) построили великолепный прибор — магнитный спектрометр: большой электромагнит, между полюсами которого располагались ряды счетчиков. С помощью этого магнитного спектрометра можно было с большой точностью определять импульсы заряженной частицы, влетающей в спектрометр. Чтобы определить массу частицы, нужно было знать еще одну величину — ее энергию. Энергия частицы определялась по ее ионизационному пробегу в фильтрах, куда попадала частица, пройдя спектрометр. Один такой прибор был установлен на станции космических лучей на горе Арагац (3200 м) в Армении и второй, меньшего размера, в ИТЭФ. Массовый спектр космических лучей, полученный на магнитном спектрометре, расположенном на горе Арагац, показал наличие большого числа пиков, которые были интерпретированы как неизвестные до того мезоны и названы варитронами (данные, полученные на спектрометре, установленном в ИТЭФ, т.е. на уровне моря, были менее определенными, этот спектрометр использовался больше для проверки методики).

Эксперименты Алиханова, Алиханяна и их сотрудников подверглись сильной критике со стороны сотрудников ФИАНа Вернова, Добротина, Зацепина: существование варитронов было поставлено под сомнение. Дальнейшие исследования показали, что критика была справедлива — никаких варитронов не существует. Ошибка групп Алиханова и Алиханяна состояла в измерении энергии по пробегу частиц в фильтрах. Предполагалось, что потери энергии только ионизационные. В действительности, однако, значительную часть своей энергии частица теряет в результате рождения мезонов и неупругих столкновений с ядрами, т.е. неионизационным образом.

Справедливости ради следует отметить, что долю ответственности за эту ошибку несут и теоретики, особенно Ландау и Померанчук, с которыми Алиханов и Алиханян по ходу работы многократно обсуждали эксперименты. То, что Ландау просмотрел эту, казалось бы, тривиаль-

ную (на его уровне) ошибку можно понять, если учесть его внутренний настрой: Ландау не верил в мезонные теории, и то, что было найдено множество мезонов, с его точки зрения показывало, что мезонные теории не имеют никакого отношения к реальной физике.

Другую ошибку Абрам Исаакович сделал в 1962 году, когда он поддержал опыты Я. Шаламова и их теоретическую интерпретацию А. Грашина. Грашин и Шаламов утверждали, что они открыли ρ -мезон. Эти опыты были раскритикованы рядом экспериментаторов и теоретиков ИТЭФ, и было показано, что из данных опытов нельзя сделать никаких выводов (автор этих строк тоже внес свой вклад в эту критику). В ответ на научную критику Грашин перенес дискуссию в другую плоскость — в область политических обвинений и доносов. Тут поддержка Алиханова немедленно прекратилась — такого он терпеть не мог — и Грашин был уволен из ИТЭФ.

К чести Абрама Исааковича надо сказать, что он никогда не предпринимал никаких административных мер против критиковавших его сотрудников. Наоборот, критиковавшую их с Алиханяном работы сотрудницу ФИАНа Н.Г. Биргер он взял на работу в ИТЭФ, когда ее уволили из ФИАНа. Та же Н.Г. Биргер критиковала работы Грашина и Шаламова, но отношение к ней Абрама Исааковича не изменилось. Наконец, совместно с другими теоретиками я сделал специальную работу (неопубликованную), в которой было математически доказано, что из экспериментальных данных Шаламова и Грашина можно получить любые выводы, т.е. никакого открытия они не сделали. Такое заключение, конечно, было неприятно для Абрама Исааковича: ему хотелось, чтобы в Институте делались выдающиеся открытия. Это, однако, никак не повлияло на наши отношения — они оставались самыми теплыми до самого конца его жизни.

Абрама Исааковича заботили не только служебные дела его сотрудников, но и личные тоже. Как только ему становилось известно о каких-либо трудностях или проблемах у кого-либо — со здоровьем, жильем или даже семейных проблемах, он охотно и без напоминаний приходил на помощь. Я мог бы рассказать о нескольких

таких случаях, но расскажу лишь об одном, который касался лично меня.

В конце 1950-х годов я обратился в дирекцию с просьбой выделить мне квартиру. В то время как раз заканчивалось строительство жилого дома для сотрудников Института, поэтому квартира была мне выделена. Однако, по формальным причинам райисполком не утвердил мне выделение квартиры. Не удалось получить положительного решения этого вопроса и в Мосгорисполкоме. Тогда Абрам Исаакович решил поехать сам к заместителю председателя Мосгорисполкома, который был главной фигурой по распределению жилья в Москве. Я встретил его по возвращении в холле, когда он вышел из машины. На его пиджаке была Золотая Звезда Героя Социалистического Труда, которую он надевал крайне редко. Он был очень расстроен и сказал, указывая на Звезду: «Видите, даже это ради Вас надел, но не помогло». Эта фраза почти примирила меня с потерей квартиры.

Я уже говорил, что Абрам Исаакович регулярно, иногда по несколько раз в неделю заходил в комнату, где сидели мы с Алексеем Петровичем Рудиком. Это продолжалось вплоть до того момента, когда Абрам Исаакович серьезно заболел. Чаще он заходил под вечер, но бывало и днем. В последнем случае, если во время разговора появлялась секретарь и говорила, что его спрашивают по телефону по каким-либо административным делам, то, как правило, он отвечал: «Пусть позвонят через час. Сейчас я занят». Разговор с теоретиками он считал для себя более важным, чем административные вопросы. Если были реакторные дела, то разговор начинался с них. Часто Абрам Исаакович ставил на обсуждение проблемы, связанные с проводившимися в ИТЭФе экспериментами или же с последними экспериментальными новостями извне. И всегда, практически каждый раз, когда он приходил, в какой-то момент он спрашивал: «Что нового в теории?» Отвечать на этот вопрос было нелегко, потому что по реакции Абрама Исааковича было видно, что ему действительно интересно узнать, что нового происходит в теории, так что формальный ответ не годился. Хотелось отвечать так, чтобы он понял, но математический аппарат теории использовать

было нельзя — он им не владел. Поэтому приходилось искать физические объяснения, что было трудно, но зато очень увлекательно. В результате возникал живой разговор о физике, который доставлял нам массу удовольствия (по-видимому, и Абраму Исааковичу в какой-то степени тоже — иначе он не приходил бы к нам так часто).

А.И. Алиханов был снят с поста директора ИТЭФ в 1968 году за то, что отказался уволить начальника математического отдела А.С. Кронрода, подписавшего письмо с требованием выпустить из психушки известного математика и правозащитника А. Есенина-Вольпина.

12. А.И. Алиханян. наброски к портрету на фоне эпохи



**Артемий Исаакович
Алиханян**

Артемий Исаакович Алиханян был одним из основателей ядерной физики и физики элементарных частиц в Советском Союзе. Он одним из первых в Союзе понял, что для развития физики частиц или, говоря языком того времени, для выяснения природы ядерных сил необходимы эксперименты с частицами высоких энергий. Для этого, в свою очередь, необходимо тесное сотрудничество экспериментаторов и теоретиков, экспериментаторы должны знать, что происходит в теории и прислушиваться к мнению теоретиков: не обязательно следовать их указаниям, но прислушиваться — обязательно, а теоретики должны

знать, что происходит в эксперименте. Исходя из такой мысли Артемий Исаакович организовал, начиная с 1957 года, серию конференций и школ по физике элементарных частиц и физике высоких энергий в Ереване, а затем на станции космических лучей в Нор-Амберде. Это было очень своевременно.

Конференций и школ подобного рода не проходило в СССР к тому времени уже почти 20 лет. За эти годы наука шагнула далеко вперед, появилось много способной молодежи. Но пришедшие в ядерную физику молодые люди, да и люди более старшего поколения в основном занимались атомной проблемой — вопросами, связанными с физикой ядерных реакторов и атомной бомбы. Знания новейшего развития физики элементарных частиц не хватало как теоретикам, так и экспериментаторам. Брешь заполнили конференции, а затем школы, организованные Артемием Исааковичем. Осуществлено это было с присущими ему блеском и организаторским талантом.

Самолет, на котором летели участники первой конференции — а тогда в Ереван летали небольшие самолеты ИЛ-14 — был заполнен цветом советской физики: Мигдал, Зельдович, Гинзбург, Фейнберг, Берестецкий, Понтекорво, Чудаков, другие, которых моя память не удержала, и много молодежи. Алиханян сам встречал нас в аэропорту прямо у трапа. Нас отвезли в гостиницу, лучшую по тем временам в Ереване, разместили, и через час было то, что тогда пышно именовалось «банкет», а теперь “welcome party”. Я помню, что на банкете (шел 1957 год, время хрущевской оттепели) Евгений Львович Фейнберг произнес тост «За окончание армяно-финской резни!» До того отношения Ереванской группы и, в первую очередь, Алиханяна, а также А.И. Алиханова с ФИАНовской группой — Верновым, Добротиним и Зацепиным были сложными: работы по варитронам подвергались жестокой критике. После 1957 года наступила разрядка: стало ясно, что работы по варитронам ошибочны, Алиханян и Алиханов, хотя и неявно, признали это, и отношения нормализовались.

Дальше началась конференция. Программа ее была подготовлена Артемием Исааковичем — это была отличная программа, каждый из участников делился с остальными всем, что он знал, и, в свою очередь, обогащал свои знания.

Артемиий Исаакович понимал, что не хлебом единым жив человек. Была организована великолепная культурная программа: поездки в Гарни, Гехард, Эчмиадзин,

Джермук. Храм в Гарни тогда еще лежал в развалинах, торчали одни лишь колонны, а капители валялись рядом. Но впечатление, тем не менее, оставлял он сильнейшее: достаточно было выйти на обрыв, почти вертикальный, высотой 300–500 м, сразу за храмом и представить себе, как с той стороны долины в древние времена появляются пришельцы, дикие народы, и их взору предстает храм. Яков Борисович Зельдович тоже попытался подойти к краю обрыва и взглянуть вниз, но был остановлен суровым окриком сопровождавшего его охранника: «Яков Борисович, отойдите от края!» Перед храмом Гарни, на лужайке в тени деревьев были накрыты столы с угощением, в том числе, с новым, тогда только появившимся вином «Вернашен». За столами, в такой возвышающей душу обстановке, шел разговор о науке, рождались новые идеи.

Другая запомнившаяся поездка — в Джермук. По дороге в автобусе — путь был долгим — опять разговоры о науке. Дорога пересекала погранзону. В автобус вошел пограничник и стал проверять паспорта. Когда он двигался по приведенному выше списку, лицо его все больше мрачнело. Дойдя до фамилии Чудакова, он сказал: «Наконец, хоть один попался!»

Из Джермука Берестецкий, Вайсенберг, Гольдман и я решили пройти пешком через Варденизский хребет на Севан. Шли мы легко одетыми: Владимир Борисович в легких тапочках и пижамных брюках, остальные тоже в обычной, нетуристской обуви. Лишь у меня были американские солдатские ботинки — так называемые «студебеккеры». Вначале дорога была прекрасной: весна, май, распускаются цветы, поют птицы. Затем стали появляться снежники, потом снег стал сплошным, по колено. Я шел впереди, пробивая след своими ботинками, остальные шли за мной след в след.

На нашем пути оказалась текущая в снежных берегах горная речка, которую нужно было переходить вброд. Было ясно, что удовольствия мы не получим: температура воды лишь немногим выше нуля, а потом из реки мы выходим на снежное поле, где и обсушиться негде. Я настаивал, чтобы мы не откладывая переходили реку вброд: другого выхода не было, а перейдя реку, у нас еще

оставался шанс выйти из снежных полей, и может быть, даже дойти до Севана. И тут я вижу, что Вайсенберг идет вверх вдоль реки. Там, вверху, реку перекрывал снежный мост, из-под которого с ревом вырывалась вода. Я понял, что Вайсенберг собирается перейти реку по снежному мосту. Это было безумно опасно: снежный мост был сильно подмыт, почти наверняка под тяжестью человека должен был обрушиться, и Вайсенбергу вряд ли удалось бы спастись. Я крикнул: «Александр Овсеевич, назад, туда нельзя!» Он продолжал идти. Крикнул еще раз — никакого эффекта. До снежного моста ему оставалось несколько метров. И тогда, как мог, изо всех сил я покрыл его матом! Это подействовало, Вайсенберг повернул назад. Я считаю, что спас ему жизнь.

Реку мы перешли по таджикскому способу, обнявшись. После реки снежные поля действительно стали редеть, и к вечеру мы вышли на сухое голое место. Нашли какую-то яму, залезли в нее и прижались друг к другу. Еды у нас с собой было мало, но была бутылка коньяка. Мы выпили, немного согрелись и стали ждать рассвета. На рассвете оказалось, что у меня снежная слепота: не могу открыть глаза, боль ужасная. Пошли дальше, я держался за Гольдмана, как слепой за поводья. Тут выяснилось, что мы совсем немного не дошли до дороги — плохой, малоезженной, но все-таки дороги. И последнее препятствие — дорогу преграждал крутой снежник шириной метров 10. Пересекать его было нужно траверсируя по одному. Для меня это было самое трудное — надо было держать глаза открытыми, несмотря на сильную боль и льющиеся слезы. На следующий день, придя в Басаргечар, мы позвонили Артемию Исааковичу. Он спросил: «Вы где?» — «В Басаргечаре». — «Как вы туда попали?!» Через пару часов за нами пришла машина. Позже, уже в Москве, Владимир Борисович сказал, что он никогда не чувствовал себя так хорошо, как после этого похода.

Артемию Исаакович говорил мне, что самое интересное место в Армении — это Зангезур. В следующем году мы собрались туда вчетвером — Абрикосов, Гольдман, Судаков и я. Мы решили лететь самолетом в Кафан, оттуда пройти пешком в Татев, и я договорился с Артемием Исааковичем, что он пришлет за нами в Татев машину.

Татев — одно из самых замечательных мест в Армении, здесь был первый на территории СССР университет, где преподавали математику еще в XIII веке! Все уже было договорено, как вдруг приходит Володя Судаков и говорит, что с нами хочет отправиться Марина, воспитанница Алиханяна (потом она стала его женой) которую он, Судаков, пригласил. Мне это сильно не понравилось. Я пошел в гараж, чтобы уточнить насчет машины, и оказалось, что машина сломалась. Тогда я пошел к Марине и описал ей все трудности нашего пути: подъем крутой и длинный, тропа плохая, возможен дождь, тогда будет скользко и совсем трудно идти. В результате мне удалось уговорить ее отказаться от своего намерения. Машину починили, и мы вылетели.

Но с погодой нам действительно не повезло, и к вечеру мы пришли в Татев промокшие, грязные и голодные. Я пошел в сельсовет, единственное место, где был телефон, звонить Алиханяну, а мои друзья остались на улице. Когда я вышел, вокруг них уже собралась толпа любопытных. В то время в Татев очень редко попадали посторонние, и появление каждого нового лица, тем более, сразу четырех русских было целым событием. Мы были в растерянности: надвигалась ночь, шел дождь, палатки у нас не было, где и как провести ночь, мы не знали — Татев был просто большой деревней, и никакой гостиницы в нем, конечно, не было. К тому же среди собравшихся никто не говорил по-русски. Тут к нам подходит молодой парень и на плохом русском языке приглашает переночевать у него. Мы с радостью соглашаемся. По дороге к его дому он объясняет, что служил в армии, и поэтому немного знает русский язык. Живет он вдвоем с сестрой, дом у них бедный, но они сделают для нас все, что смогут. Приходим в дом. Дом действительно бедный, одна комната, стол, лавки, две кровати с тюфяками, но тепло и сухо. Парень объясняет, что мы будем спать здесь, а они с сестрой устроятся где-то еще. Тут появляется сестра — очаровательная девушка лет восемнадцати. В руках у нее таз с теплой водой. Парень объясняет, что по древнему армянскому обычаю женщина должна вымыть ноги пришедшему в дом усталому путнику. Мы в полной растерянности: ноги у нас

грязные, девушка прекрасна... Но обидеть хозяина нельзя. С большим трудом и используя все наше дипломатическое искусство, удалось убедить хозяев нарушить обычай. Затем они принесли еду. Еда была скудная, но было видно, что это все, что есть у них в доме. Потом они ушли, оставив нас ночевать.

Наутро пришла машина. Мы успели посмотреть Татевский собор IX века и монастырь XIII века, стоящий на четырехсотметровом обрыве над рекой (в монастыре располагался и университет). Во дворе собора стоит удивительный памятник — восьмигранный качающийся каменный столб на шарнирном основании высотой 8 м. Достаточно прикоснуться к нему пальцем, и столб начинает качаться.

Настал момент расставаться с нашими гостеприимными хозяевами. О том, чтобы заплатить за ночлег, не могло быть и речи — это была бы смертельная обида. Неожиданно нам помог сам молодой человек: он попросил сфотографировать его с сестрой и прислать фотографии. Фотоаппарат был только у Абрикосова, и он, конечно, выполнил эту просьбу и взял адрес. Потом, в Москве, я много раз напоминал Абрикосову, что надо послать фотографии в Татев. Сначала он говорил, что еще не проявил пленки, потом заявил, что это обычная практика — в походе обещают прислать фотографии, а потом не выполняют. Когда же я попросил дать мне пленки и адрес, он сказал, что потерял их. Этого я никогда не мог ему простить. Я навсегда запомнил этих молодых армян, которые пронесли нетронутой в наш мир патриархальность древней Армении. Эта обстановка, с одной стороны, рабочая и творческая, а с другой — такая, когда можно было позволить себе расслабиться в кругу друзей и коллег, были присущи всем конференциям и школам, организованным Артемием Исааковичем. Дальнейшие школы проходили на космической станции в Нор-Амберде. Большим удовольствием было отправиться на лыжах из нижней станции на прицепе за танкеткой или трактором на верхнюю и, после нескольких дней занятий наверху, спуститься на лыжах своим ходом вниз.

Хотя все школы были очень интересными и полезными (я до сих пор пользуюсь прочитанными на них

лекциями), но самой интересной была школа 1965 года. Артемию Исааковичу удалось пригласить на нее М. Гелл-Манна, Л. Ледермана, Т.Д. Ли, М. Шварца — настоящих (к тому времени) или будущих Нобелевских лауреатов, С. Гольдхабер, М. Штрауха и ряд других выдающихся иностранных физиков, а из советских — Померанчука, который редко ездил на школы и конференции. Эта школа стала значительным событием в нашей жизни. Конечно, тот факт, что столь выдающиеся физики согласились приехать в Ереван, был связан не только с авторитетом и обаянием Артемия Исааковича, но и с созданием в ЕрФИ электронного кольцевого ускорителя (ЭКУ).

Сооружение ЭКУ, организация коллектива работающих на нем физиков, формулирование программы экспериментов на ЭКУ и ее реализация — неоспоримая заслуга Артемия Исааковича Алиханяна. При создании коллектива Артемий Исаакович совершал неординарные поступки. Он взял на работу в качестве главного теоретика по расчету ускорителя Ю.Ф. Орлова, известного диссидента и правозащитника, бывшего сотрудника ИТЭФ, изгнанного из ИТЭФ в 1956 году и исключенного из партии решением Секретариата ЦК КПСС. Алиханян прекрасно понимал, что взяв Орлова на работу он многим рискует: ЕрФИ входил в то же Министерство Среднего Машиностроения, что и ИТЭФ, а Орлов, до того как он стал работать в ЕрФИ, не мог устроиться на работу нигде — ходил с волчьим билетом. Артемий Исаакович руководствовался не только деловыми, но и моральными соображениями — он хотел поддержать Орлова. В дальнейшем ему удалось добиться, чтобы Орлова за его большой вклад в сооружение ЭКУ избрали членом-корреспондентом Армянской Академии Наук. Это звание оказалось очень полезным для Орлова. Деньги, которые он получал за это звание, некоторое время были единственным источником его существования, когда, в дальнейшем, он вновь стал подвергаться преследованиям.

Другой, сходный, хотя, конечно, менее серьезный случай связан с приемом на работу в ЕрФИ физика-теоретика В.А. Хозе, который до того состоял в аспирантуре Института Ядерной Физики Сибирского

Отделения АН СССР. Хозе был членом народной дружины в Академгородке в Новосибирске. Однажды, проводя, как дружинник, обход, Хозе увидел молодого человека, дебоширившего в ресторане, и потребовал от него, чтобы тот отправился вместе с ним в милицию. На это молодой человек заявил, что Хозе об этом сильно пожалеет, поскольку он — зять академика Лаврентьева, президента СО АН СССР. За мужа вступилась и присутствовавшая здесь жена. Тем не менее, Хозе отвел сановного зятя в милицию. Тут началось дело. Конечно, зятю ничего не было. Но Лаврентьев стал требовать от Будкера, директора ИЯФ СО, чтобы Хозе был исключен из аспирантуры. Теоретики (большинство из них) не хотели отдавать Хозе, поскольку он был хорошим аспирантом и они считали его правым в этой истории. Будкер некоторое время держался, но потом вызвал теоретиков и сказал: «Ваш Хозе уже мне обошелся в 5 миллионов. Я не могу больше рисковать Институтом из-за него». Тогда теоретики обратились к Алиханяну, и тот взял Хозе на работу, хотя тоже рисковал: Лаврентьев был могущественным лицом не только в Новосибирске, но и во всей Академии и был злопамятен: он преследовал родителей Хозе еще на протяжении многих лет. Как и в случае с Орловым, Артемию Исааковичу не пришлось пожалеть о своем решении: Хозе много сделал, работая в ЕрФИ.

23 ноября — 4 декабря 1971 года в Ереване состоялась Международная Школа по Теоретической и Экспериментальной Физике, последняя школа, которую организовал А.И. Алиханян. На этой школе была лекция А.И. Алиханяна и Ю.Ф. Орлова о проекте электрон-позитронного ускорителя на встречных пучках с полной энергией 100 ГэВ. Этот проект был очень близок к проекту будущего ускорителя LEP в ЦЕРНе (LEP тогда еще даже не замышлялся!). Проект Алиханяна и Орлова не был осуществлен и, более того, не был даже опубликован. Причина состояла в том, что после вторжения в Чехословакию и протестов диссидентов, давление на них стало усиливаться. Орлов по-прежнему числился в диссидентах, он отказался подать заявление о восстановлении в партии, открыто осуждал вторжение в Чехословакию. От Алиханяна потребовали вычеркнуть

Орлова из числа авторов проекта. Он отказался, и проект был похоронен.

На Ереванской Школе 1971 года В.А. Хозе и я представили лекцию о программе экспериментов на будущем ускорителе со встречными e^+e^- — пучками с энергиями $2 \times (50 \div 100)$ ГэВ. Фактически, это могла бы быть программа для будущего LEP. В ней, правда, не было опытов с очарованными частицами, которые тогда еще не были открыты, и опытов по рождению Z^0 , в существование которого тогда мало кто верил (нейтральные токи были открыты в 1973 году), но в остальном, включая опыты по рождению W^\pm и измерения сечений $e^+e^- \rightarrow$ адроны, — это была программа LEP. Сборник лекций Ереванской Школы не был опубликован по той же причине — из-за крамольной лекции Алиханяна и Орлова. Наша лекция также осталась только в виде препринта Ереванского Института ЕФИ–ТФ4 (1972) — в ней была ссылка на лекцию Алиханяна и Орлова.

Если бы проект Алиханяна и Орлова был принят, мировой центр по физике высоких энергий переместился бы в СССР. Но этого не произошло, политика в который раз задушила науку.

В 1976 году Институт Физики Высоких Энергий (ИФВЭ) выступил с предложением о сооружении в ИФВЭ ускорителя протонов со сверхпроводящими магнитами и энергией 2 ТэВ. Предложение энергично продвигал А.А. Логунов, который был тогда научным руководителем ИФВЭ, вице-президентом АН СССР, ректором МГУ, членом ЦК КПСС с 1978 г. и т.д. В мае 1976 года в Протвино для обсуждения этого вопроса было созвано расширенное заседание Научно-Координационного Совета ИФВЭ, на которое были приглашены физики из ряда институтов. Была ясна цель заседания — одобрить предложение ИФВЭ о сооружении протонного ускорителя. Поэтому все предполагаемые участники подготовили доклады, в которых с той или иной точки зрения аргументировалась целесообразность сооружения такого ускорителя и формулировалась программа возможных экспериментов.

Я тоже получил предложение участвовать в заседании. Однако, я по-прежнему считал, что самым разумным,

обещающим получение важнейших научных результатов в ближайшее время и, в то же время, вполне реальным, было бы сооружение ускорителя со встречными e^+e^- — пучками и полной энергией 100 ГэВ (или более), т.е. ускорителя типа, предложенного Алиханяном и Орловым. Фамилия Орлова тогда была под полным табу: хотя он был еще на свободе, но до его ареста оставалось меньше года. Понимая, что доклад такого содержания могут не включить в программу, я озаглавил его неопределенно: «Физические процессы при энергиях порядка 100 ГэВ в системе центра масс». Председательствовать на заседании должен был А.А. Логунов, программу составлял С.С. Герштейн. Ему я сообщил название доклада. Оно не вызвало возражений, и доклад был включен в программу. По приезду в Протвино, я сказал Герштейну, о чем реально я буду говорить. Он сильно испугался: «Что ты, что ты! Анатолий Алексеевич будет очень недоволен! Тебе же нетрудно: расскажи о чем-нибудь другом». Но я отказался. Поскольку доклад был включен в программу, отменить его было уже нельзя. Однако Анатолий Алексеевич оказался умнее, чем о нем думал Герштейн. После моего доклада он сказал: «Хорошо, что на нашем совещании высказываются различные мнения». Все остальные участники поддержали проект ИФВЭ. ЦЕРН выступил с проектом LEP через пару лет, LEP был запущен в 1989 году, и на нем были сделаны выдающиеся открытия. Ускоритель протонов на 2 ТэВ так и не был построен. Тому было много причин, но это отдельная история.

Любопытная деталь. В своем докладе на Научно-Координационном Совете (эти доклады были опубликованы в виде препринта ИФВЭ) я предложил механизм поисков хиггсовского бозона H на ускорителе со встречными e^+e^- -пучками — процесс ассоциированного рождения H и Z^0 -бозона: $e^+e^- \rightarrow Z^0 + H$ — и сделал оценку его сечения. Этот процесс замечателен тем, что его эффективная константа связи велика, $\lambda mW/e$, так что сечение ассоциированного рождения большое. О своем предложении я рассказал Бьеркену, который был в Москве летом 1976 года, а Бьеркен, в свою очередь, сославшись на меня, рассказал о нем в лекции на Летней Школе

Стэнфордского Линейного Ускорителя (СЛАК, США) 1976 года. Осенью 1976 года В.А. Хозе и я написали обзор возможных экспериментов на встречных e^+e^- -пучках при энергии ~ 100 ГэВ, где, в частности, было рассмотрено ассоциированное рождение ZH , выпустили его в виде препринта Ленинградского Института Ядерной Физики (ЛИЯФ) и направили в журнал Элементарные Частицы и Атомное Ядро (ЭЧАЯ). В ЭЧАЯ обзор пролежал почти два года и был опубликован лишь в 1978 году. Ассоциированное рождение $H + Z$ стало основным методом поиска хиггсовского бозона на LEP. Наш препринт ЛИЯФ был мало кому известен (а тем более мой доклад в Протвино), а лекцию Бьеркена читали все. Поэтому процесс $e^+e^- \rightarrow ZH$ стали называть процессом Бьеркена, и хотя Бьеркен неоднократно указывал, что не он автор этого предложения, но ссылка на нашу работу с Хозе появилась в Review of Particle Physics, Particle Data Group лишь в выпуске 2002 года.

Вместе с Л.А. Арцимовичем Артемий Исаакович был одним из первых в СССР, кто стал заниматься проблемами истощения природных ресурсов, загрязнения окружающей среды. Он обсуждал эти вопросы с коллегами, снабжал их соответствующей литературой, пытался довести проблему до сведения «верхов».

Остановлюсь еще на деятельности Артемия Исааковича в Академии Наук СССР.

А.И. Алиханян был членом-корреспондентом АН СССР. В этом качестве он активно участвовал в создании Отделения Ядерной Физики АН (ОЯФ было создано по инициативе А.И. Алиханова и В.И. Векслера). При выборе новых членов Отделения Артемий Исаакович настойчиво, не вступая в какие-либо компромиссы, добивался, чтобы Отделение пополнялось только физиками высочайшего класса.

В Академии Наук члены-корреспонденты считаются людьми второго сорта по сравнению с действительными членами Академии Наук — академиками. Так было раньше, так есть и сейчас. В то время, когда Алиханян уже был членом-корреспондентом, в Академии Наук действовало когда-то давно установленное правило, что академики и члены-корреспонденты избираются толь-

ко академиками. Артемий Исаакович и Лев Андреевич Арцимович при обсуждении вопроса о том, кто имеет право голоса при выборах членов-корреспондентов, сформулировали «зоологический принцип»: «Любое животное в мире имеет право и возможность воспроизводить себе подобных». Возражать против него было трудно, и члены-корреспонденты получили право избирать себе подобных.

Но остальное неравноправие академиков и членов-корреспондентов осталось. Артемий Исаакович чувствовал это на себе и очень хотел, чтобы его выбрали академиком. По своим научным достижениям он, безусловно, этого заслуживал. Проходили выборы за выборами, а его не выбирали. Артемий Исаакович сильно переживал, настолько сильно, что это сказывалось на его здоровье — увыв, он не был лишен человеческих слабостей.

Алиханяна возмущало, что члены Академии Наук находятся под надзором и мелочной опекой государственных и партийных чиновников. Временами это доходило до гротеска. Он рассказывал такой эпизод. Как-то он жил некоторое время в санатории Академии Наук «Узкое». В то время в этой санатории в основном жили пожилые или больные члены Академии, часто с женами. Вечером, те кто мог, собирались в общем зале, посидеть, поговорить. Но приходил массовик — затейник и начинал с присутствовавшими разучивать песню: Академики нужны, Да, да, да! Для защиты всей страны, Да, да, да!

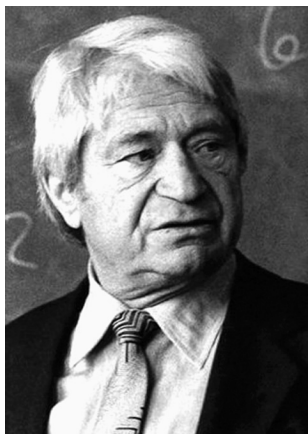
Присутствовавшие должны были подхватывать припев: «Да, да, да!» «Больше ничего им не разрешалось», — добавлял Алиханян.

Как и его брат, Артемий Исаакович не любил советскую власть. Эта нелюбовь имела глубокие корни. В 1930-е годы он жил в Ленинграде в одной комнате с Л.А. Арцимовичем, Лев Андреевич оставался его близким другом всю жизнь. В 1937-м году друзья старались возвращаться домой попозже, а то и поутру, в надежде, как говорил Алиханян, обмануть судьбу. Вместе с тем, понимая, в каком мире нам всем приходится жить, Артемий Исаакович был тонким политиком, умевшим лавировать среди политических течений, не поступаясь (или почти не поступаясь) принципами.

Была у Артемия Исааковича одна слабость: он поддавался на лесть. И некоторые сотрудники ЕрФИ, пользуясь этой слабостью, делали карьеру в Институте. Потом, когда положение Алиханяна как директора стало шатким, они отступились от него и перешли на сторону его противников.

Последний штрих. Именно Артемий Исаакович выбрал для ИТЭФ то здание, которое ИТЭФ занимает до сих пор (особняк с колоннами), и именно он нашел человека (заключенного осетина), который восстановил старинную лепнину в этом доме (и был за это досрочно освобожден).

13. А.Б. Мигдал



Аркадий
Бенедиктович
Мигдал

«Мигдал может опоздать, но Мигдал никогда не подведет». Эти слова я несколько раз слышал от Аркадия Бенедиктовича, или А.Б., как многие его называли. И он был прав. А.Б. был оппонентом на моей докторской диссертации. Ситуация с ней не была простой. Диссертация состояла из двух частей. Первая часть была посвящена слабым взаимодействиям. Здесь было доказано, что при несохранении пространственной четности обязательно должна нарушаться зарядовая или временная четность, и P – нечетные парные кор-реляции спина и импульса частицы возможны лишь при нарушении C –четности

(этот результат был получен до опыта Ву, в котором было открыто несохранение четности), установлена связь между $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ и $\pi^- \rightarrow e^- \nu \gamma$ распадами и многое другое. Вторая часть была посвящена сильным взаимодействиям, в частности, дисперсионным соотношениям, и тут таилась опасность. Я выводил дисперсионные со-

отношения своим методом, основываясь на физических соображениях — принципе Гюйгенса и, конечно, условии причинности. Идею этого метода мне подсказал Ландау. Поэтому в первоначальном варианте у статьи было два автора; потом Ландау свою фамилию снял, сказав, что он сделал в этой работе слишком мало и не может быть автором. Помимо известного дисперсионного соотношения для $\pi - N$ рассеяния, мне удалось получить новое — для нуклон-нуклонного рассеяния (одновременно это сделали В. Файнберг и Е. Фрадкин, именно на их и мою работы ссылается Померанчук в своей знаменитой теореме о равенстве сечений рассеяния частицы и античастицы). Но, занимаясь выводом дисперсионных соотношений, я вторгался на чужую территорию. Считалось, что единственный корректный метод получения дисперсионных соотношений — это метод Н.Н. Боголюбова и его школы. И хотя я подчеркивал, что мой метод не строгий, а эвристический, и его достоинство в том, что с его помощью можно получить результаты, которые пока не удастся получить методом Боголюбова, была серьезная опасность, что диссертацию могут зарезать с помощью «черного оппонента» (кстати, методом Боголюбова до сих пор строго доказаны только два дисперсионных соотношения — для πN и $\pi \pi$ рассеяний.) Поэтому Померанчук, по инициативе которого я стал писать диссертацию, сказал: «Нужны сильные оппоненты!» (в те времена — я писал диссертацию в 1960 году — никто в ИТЭФ не начинал писать диссертацию по собственной инициативе, а только после указания Померанчука, и не после первого, а после второго или третьего). Чук тут же назвал имена оппонентов: Мигдал, Зельдович, Марков. Все они были члены-корреспонденты, и по тем временам это был очень сильный состав. Чук поговорил с ними и они согласились. Забегая вперед, скажу, что Марков меня подвел: за два дня до защиты он прислал отзыв, но только на первую часть диссертации. Отзыв был положительный, и было сказано, что одной первой части достаточно для присуждения степени доктора наук. Одновременно он сообщил, что уезжает в отпуск и на защите присутствовать не будет. По тогдашним правилам присутствие всех трех оппонентов на защите и их личные выступления были обязательны — при отсутствии

хотя бы одного из них защита отменялась. Положение усугублялось тем, что по тем же правилам не допускалась защита в институте, где работает диссертант: защита должна проходить в другом институте, и один оппонент должен быть оттуда. Моя защита должна была проходить в ФИАНе, где работал Марков. Из этого почти тупикового положения выручил Е.Л. Фейнберг: он согласился быть оппонентом, за один день написал отзыв и был утвержден оппонентом прямо перед защитой.

Но вернемся к Мигдалу. При первой же встрече он сказал мне, что очень рад быть оппонентом моей диссертации. Он давно хочет изучить квантовую теорию поля и то новое, что есть в физике частиц, и надеется, что ему удастся это сделать, изучая мою диссертацию. Я сказал, что готов рассказать ему все, что я знаю. «Мы будем с Вами много раз встречаться. Но еще есть время», — добавил он. «Конечно, до защиты, вероятно, еще полгода», — ответил я. На самом деле, оказалось больше года, так как за это время были введены новые правила, защиту пришлось переносить в ФИАН и т.д. Когда я встречал А.Б., он говорил мне, что вот-вот сядет читать диссертацию, позовет меня, и мы с ним будем много работать, но ведь еще есть время? Наконец, когда до защиты осталось две недели, я сам позвонил А.Б. и спросил, не могу ли я ему быть полезен. «Да, да, конечно, — сказал А.Б., — позвоните в начале следующей недели». Я позвонил. — «Мы непременно должны с Вами встретиться. Что если в четверг? Но сначала позвоните». Я позвонил в четверг. А.Б. весь день не было дома, он появился только поздно вечером». Давайте встретимся в субботу, позвоните мне часов в 11» (защита была назначена на утро в понедельник). Звоню в субботу. А.Б. предлагает встретиться в воскресенье в 12 часов. Звоню в воскресенье в 11 часов. Жена говорит мне: «Аркадий Бенедиктович ушел в бассейн, позвоните после обеда, часа в 3-4». Звоню после обеда. Жена говорит: «Аркадий Бенедиктович спит. Позвоните часов в восемь». Наконец, в восемь я дозваниваюсь. А.Б. приглашает в девять. Приезжаю. А.Б. радостно приветствует меня и объясняет:

— Я понимал, что мне предстоит большая и трудная работа и я должен быть в хорошей форме. Поэтому я ре-

шил с утра сходить в бассейн. Придя из бассейна, я сел обедать и мне захотелось выпить водки. Ну, а после водки захотелось спать. Но теперь мы с Вами хорошо поработаем.

На следующий день на Ученом Совете А.Б. был вовремя, и отзыв был при нем. Мигдал не подвел!

Заканчивая тему, хотя это и не относится к Мигдалу: для того, чтобы обезопаситься от «черного оппонента» была проделана следующая хитрость. В качестве сторонней организации была выбрана Лаборатория Теоретической Физики ОИЯИ, которую тогда возглавлял Логунов. Расчет был таков: либо Логунов пишет отрицательный отзыв, т.е. идет на открытый конфликт, либо дает положительный отзыв, и, тем самым, закрывает возможность для «черного оппонента» из той же команды дать отрицательный. Хитрость сработала — после нескольких бесед со мной Логунов дал кисло-сладкий, но все-таки положительный отзыв. Как я узнал позже, «черным оппонентом» был назначен Д.Д. Иваненко, но он не смог ничего сделать, кроме как продержаться у себя диссертацию полтора года.

Хотя к 1960 году А.Б. еще не изучил квантовую теорию поля, вскоре он восполнил этот пробел. Он первым ввел метод функций Грина в теорию ядра и с его помощью доказал, что для энергий, меньших импульса Ферми, ядро можно описывать как газ взаимодействующих квазичастиц. Этим путем ему и его ученикам удалось получить ряд результатов в теории ядра.

Научных заслуг у А.Б. много. Мне хотелось бы сказать о тех, которые мне ближе. Прежде всего, это построение теории тормозного излучения в веществе — так называемый эффект Ландау — Померанчука — Мигдала. Как известно, Ландау и Померанчук заметили, что в веществе продольные расстояния, на которых происходит тормозное излучение, растут с ростом энергии излучающей частицы, при достаточно высоких энергиях превосходят межатомные расстояния, и возникает когерентное излучение сразу на многих атомах (1953 г.). Но они рассмотрели только излучение мягких фотонов и использовали классическую теорию (несколько ранее аналогичный эффект в кристалле и для испу-

скания совсем мягких — оптических — фотонов был рассмотрен М. Тер-Микаэляном). В 1956 году Мигдал построил теорию когерентного тормозного излучения в среде для фотонов любых энергий. Задача стала квантовой, и для ее решения потребовалось написать и решить кинетическое уравнение для квантовой матрицы плотности, чего никто до него не делал. Чук говорил об этой работе: «А.Б. сильно усовершенствовался!» Я, со своей стороны, тоже могу судить, сколь сложна была эта проблема. В 1952 году мне пришлось решать задачу о распространении γ -квантов с учетом их поляризации в полностью ионизированном газе при высоких температурах, сравнимых с массой электрона. Здесь также нужно было построить, а затем решить кинетическое уравнение для матрицы плотности γ -квантов, но квантовым это уравнение было только по поляризационным переменным фотона, т.е. матрица плотности была матрицей 2×2 , а координатная ее зависимость описывалась классическими уравнениями. Я представляю себе, насколько труднее была проблема, которую решал Мигдал, где и координатная зависимость определялась через волновые функции.

Другая работа А.Б., которая мне очень нравится, — это так называемый эффект Мигдала — Ватсона: учет взаимодействия в конечном состоянии при рождении пионов в pp -столкновениях: $pp \rightarrow \pi^+ pn$ или $pp \rightarrow \pi^+ D$. Работа была сделана в 1950 году, когда стали поступать первые данные о рождении пионов на ускорителях. Мигдал показал, что учет взаимодействия в конечном состоянии при малых энергиях над порогом рождения (а все имевшиеся тогда данные относились к малым энергиям), сводится к известной S -фазе pn -рассеяния и установил соотношение между двумя указанными выше сечениями. Его формулы прекрасно описали эксперимент. Примерно через год в США аналогичную работу сделал Ватсон. А.Б. работал тогда в ЛИПАНе. Работа была засекречена, и он не смог получить разрешение на ее опубликование. Спустя несколько месяцев после того, как Мигдалу запретили публикацию этой работы, А.Б. пришел к Курчатову, директору ЛИПАНа, и со словами: «Вот, чем приходится заниматься, когда не

дают печатать работы по физике” — положил ему на стол книжку. На обложке книги стояло: А.Б. Мигдал и М.В. Черномырдик «Как воспитывать пресмыкающихся». Книжка начиналась словами: «Каждому приятно иметь дома доброе и ласковое пресмыкающееся...».

Но и это не помогло. Статья А.Б. была опубликована лишь в 1956 году, так что вплоть до 1956-го года единственным автором этого красивого эффекта считался Ватсон (участники семинара Ландау знали о работе Мигдала — он докладывал ее там сразу после окончания, но говорить о ней вовне было нельзя).

Мигдал был близок к открытию теории сверхпроводимости: он предсказывал, что причина сверхпроводимости связана с колебаниями решетки. Когда был открыт изотопический эффект в сверхпроводимости, сразу после сообщения об этом открытии, А.Б. встретил Чука на улице, и тот молча снял шляпу. А.Б. рассказал об этом в своей статье в сборнике памяти Померанчука²⁴. Перед тем как включить этот эпизод в свои воспоминания о Померанчуке, А.Б. спрашивал меня: «А не будет ли нескромно, если я расскажу об этом?» Я заверил его, что нет, наоборот, именно из таких деталей складывается образ Чука как человека и ученого. И сомнение А.Б. и его вопрос ко мне — это детали, необходимые для воссоздания его образа.

Мигдал участвовал в атомном проекте, в частности, он внёс значительный вклад в теорию атомных реакторов.

Чук любил А.Б., говорил о нем с нежностью в голосе и как-то особенно доверял ему. Вот один из примеров этого. Мигдал одно время увлекался мотоциклом и даже ездил на мотоцикле в Дубну. Чук же никогда никаким спортом не занимался и вообще по своему характеру был человек осторожный. Однажды Чук сказал мне: «Вчера я приехал из Дубны с Мигдалом на мотоцикле». Я широко раскрыл глаза. Чук всюду ходил с толстым портфелем. Значит, он и на мотоцикле ехал с портфелем? «Да, — добавил Чук, — и мы с песнями (ударение на я) въехали в город Дмитров!»

²⁴ А.Б. Мигдал. Наследство Чука. — В кн.: Воспоминания о Померанчуке. — М.: Наука, 1988.

Я расскажу теперь еще одну историю, подтверждающую тот принцип, которому следовал А.Б. и который вынесен в заголовок моих воспоминаний о нем — историю о том, как А.Б. взошел на перевал Абдукагор.

В 1967 году мы собрались в горный поход в верховья ледника Федченко, решив подняться туда через перевал Абдукагор — это классический путь подъема в верховья Федченко, позволяющий избежать длинного пути вверх по леднику. Мы — это А.Л. Любимов (Алик), его сотрудник Емелин (Игорь), Б.В. Гешкенбейн (Борис), А.В. Гуревич (Алик-2) и я. Никто из нас, кроме Любимова, до этого не бывал на Центральном Памире и на больших высотах, а здесь высота верховьев Федченко была около 5300 м, а начинался поход с 4300 м. Часть подъема к перевалу по леднику Абдукагор надо было идти в кошках, а опыт хождения на кошках у всех участников, кроме Алика, был минимальным. Поэтому, естественно, он стал начальником нашей группы.

Алик тщательно спланировал поход. На 5 человек у нас было 3 четырехместных палатки! Предполагалось, что подъем на перевал мы осуществим после 7–10 дней тренировочных выходов с постепенным набором высоты. Причем при первом подъеме на перевал забросим туда палатки и кое-что из снаряжения и в тот же день вернемся в базовый лагерь, где отдохнем несколько дней в двух оставшихся палатках, а потом выйдем на перевал и в основной поход, взяв еще одну палатку. Дров на всем маршруте нет, поэтому мы брали с собой бензиновые примусы и канистры с бензином. Мы закупили 10 больших банок концентрированного лимонного сока — от цинги. Алик советовал всем взять белые рубашки: по покрытому снегом леднику, как он утверждал, хорошо ходить в белых рубашках, отражающих солнечные лучи.

Незадолго до отъезда я узнал, что А.Б. в компании с одним физиком и молодой женщиной тоже направляется на Памир. А.Б. собирался читать лекции пограничникам на заставах, и те за это должны были возить его по разным интересным местам.

И вот мы вылетели в Душанбе. Не буду останавливаться на описании нашего дальнейшего пути. В конце концов, мы добрались до начальной точки нашего похода

да — поселка геологов Дальний (высота 3600 м). Здесь кончалась автомобильная дорога. Раньше дорога шла дальше, вдоль реки Абдукагор и поднималась к кварцевому руднику. За несколько лет до нашей поездки ледник Медвежий подвинулся и перерезал дорогу выше Дальнего. Геологи пробили ишачью тропу через ледник, но машина там проехать не могла. Мы поставили палатку на полянке недалеко от поселка (достаточно было одной — Борис спал на улице) и решили для тренировок и высотной акклиматизации несколько дней походить по леднику Географического Общества, язык которого был в километре от нашей стоянки.

В один из дней, когда мы вернулись под вечер с ледника, обнаружили, что вход в палатку завален огромным камнем. Нам с трудом удалось его убрать (и как его только подтащили?) На камне лежал старый башмак, а под ним записка:

Да, в книге жизни есть конец печальный.
 Укрась вином мелькание страниц...
 В науке жизни не найдешь реальной,
 Откроет больше тайный взмах ресниц.
 ПХ

Сразу стало ясно — это Мигдал. Пойдя к геологам, мы обнаружили А.Б. и его команду. Оказалось, что А.Б., как и мы, собирается подняться на перевал Абдукагор. Считая высотную акклиматизацию необходимой, я уговаривал его задержаться в Дальнем на пару дней, поскольку, как выяснилось, А.Б. тоже не бывал ранее на больших высотах. Но он сказал, что через 6 дней за ним заедут пограничники, так что он и его спутники пойдут с караваном большой альпинистской экспедиции, который отправляется наверх завтра. Мы пробыли в Дальнем еще два дня и отправились в базовый лагерь с другим альпинистским караваном, нам удалось разместить часть нашего груза на их ишаках.

И вот мы в базовом альпинистском лагере. Лагерь расположен на высоте 4300 м в кармане морены ледника Абдукагор, то есть между мореной ледника и окружающими ледник скалами. Из лагеря, вперед и вверх, выход

на захламленный камнями ледник, разделенный на два рукава нунатаком²⁵ с замечательным названием «Пик руководящих материалов». В лагере много народа — две или три альпинистские экспедиции, которые собираются делать восхождения на пики в верховьях ледника Федченко в соревнованиях на первенство Союза, туристская группа горной секции Московского Клуба Туристов, еще какие-то люди. А.Б. приветствует нас и объясняет, что он еще два дня походит тут по леднику, потренируется на кошках, а потом пойдет на перевал с группой альпинистов, которые будут делать заброску. В ответ на мои слова, что у меня почти нет опыта хождения на кошках, он тут же говорит: «Пойдемте со мной, я Вас научу». Естественно, вся наша группа тоже захотела поучиться у Мигдала.

На следующее утро я был дежурным и встал пораньше. Мигдал и его команда еще спали, и обе их палатки были закрыты. Я стал готовить еду с тем, чтобы, когда А.Б. встанет, за нами уже не было бы задержки. Вскоре появился А.Б., и мы все отправились на ледник. А.Б. учил нас прыгать на кошках через трещины, страхуясь ледорубом, подниматься по крутому склону на передних зубьях. Делал он это не без изящества, и даже тут чувствовался талант педагога.

Рано утром следующего дня А.Б. начал подъем на перевал вместе с группой альпинистов, которые делали туда заброску снаряжения. Появился он уже в сумерках, шел с трудом, поддерживаемый одним из альпинистов. Через некоторое время я залез к нему в палатку. А.Б. лежал в спальном мешке. «Мне плохо, — сказал он, — меня знобит, у меня, вероятно, температура». Я принес градусник, померил ему температуру. Оказалось, 37,2°. Посчитал пульс. Он был учащенный, но в пределах допустимого. А.Б. спросил меня: «Борис Лазаревич, как Вы думаете, я не умру?» — «Нет! Конечно, нет!» — ответил я, — это у вас перегрев и переутомление — все-таки целый день работы на памирском солнце, плюс отраженный свет от снега, да и достаточной тренировки и акклиматизации не было. Завтра Вы будете чувство-

²⁵ Нунатак – скала посередине ледника и обтекаемая им.

вать себя значительно лучше». Я напоил его горячим чаем с лимонным соком (тут-то сок и пригодился!), он немного поел. На следующий день А.Б. действительно стал чувствовать себя лучше и рассказал, как проходило восхождение. Вот его рассказ.

— Вначале я шел хорошо и не отставал от альпинистов. Так мы прошли покрытую каменной мореной часть ледника и открытый черный ледник²⁶. Когда начался белый ледник со скрытыми трещинами, альпинисты каждый раз показывали мне безопасный путь. Снег был глубокий, идти стало трудно, я устал. Затем надо было подниматься по крутому фирну. И здесь я почувствовал, что совсем не могу идти — вот сейчас остановлюсь и не пойду дальше. Но все идет... Я тоже должен идти. И я делал шаг, еще шаг... Уже виден перевал. Чувствую — не дойду, этот шаг — последний. Собираю остаток сил, подхожу к перевалу и слышу команду: «Стройся!» Я думаю: «Вот сейчас встану в строй, упаду и умру...

²⁶ Подъем на перевал Абдукагор от базового лагеря идет сначала по покрытому каменной мореной леднику (камни разного размера, вмержшие в лед или подвижные, лежащие на ледяных торосах). Затем начинается зона черного ледника, перерезанного открытыми трещинами, которые надо обходить или перепрыгивать. Здесь надо идти на кошках, так как уклон 20° и ботинки не держат. Далее — зона покрытого снегом белого ледника со скрытыми трещинами. Подъем здесь небольшой, кошки не нужны, и основную опасность представляют трещины. Поэтому идут на веревках в связках по 3-5 человек. Прикрытую снегом трещину заметить очень трудно, и ледорубом она не всегда прощупывается: не будешь же втыкать ледоруб каждые 20-30 см. Поэтому случаи, когда человек проваливается в трещину, очень часты (в нашей группе при подъеме на перевал Абдукагор это случилось несколько раз, я проваливался один или два раза). Остальные по связке тут же страхуют провалившегося, закрепляя веревку на воткнутом ледоруб. Однако, практически эта предосторожность оказывается излишней: от глубокого падения в трещину человека спасает рюкзак. Когда рюкзак касается снега, давление резко уменьшается, и снег держит. Но ощущение все равно очень неприятное — чувствуешь, что ноги у тебя болтаются в пустоте. Начинаешь ползком выбираться вперед или вбок, однако бывает, что и здесь снег проваливается, и непонятно, ползешь ты поперек или вдоль трещины. После этой зоны ледника идет некрутой (20–30°) подъем по фирновому склону, который выводит на перевал Абдукагор (5100 м). Сразу за ним громадное пространство ледника Федченко, окаймленное на горизонте стеной шеститысячников.

Но это почетная смерть». И я встаю в строй. «Поздравляю вас с восхождением на перевал Абдукагор!» — говорит начальник группы, мастер спорта. А я все думаю: «Теперь можно и умереть...»

А вот рассказ об этом восхождении начальника группы, мастера спорта по альпинизму, который я слышал на следующий день (Мигдала уже не было, он ушел вниз).

— Вначале этот старичок, академик, шел-то неплохо, почти от наших не отставал. Они, конечно, заброску несли, рюкзаки по 35–40 кг. Потом, правда, скис. Но мои ребята — они и корову на перевал затащат. Взошел он, взошел. Вниз идти, конечно, помогать пришлось.

Начальник не понял главного — Мигдал не подвел!

Теперь я расскажу о событиях, которые случились два–три дня спустя. Хотя они и не имеют отношения к Мигдалу — Мигдал к этому времени уже ушел вниз — рассказ об этих событиях дополняет историю о восхождении А.Б. В тот день утром нас разбудил какой-то крик. Оказалось, что в лагерь прибежал человек и рассказал, что в туристической группе на Федченко умирает девушка. Она заболела пневмонией, но начальник группы, совершавшей туристический поход 5-й (высшей) категории сложности, не захотел прерывать маршрут, и группа вместе с больной девушкой продолжала поход. (Пневмония в горах на больших высотах — страшная вещь: сказывается недостаток кислорода, антибиотики не помогают, и человек погибает в течение нескольких дней. Единственный способ спасти его — немедленно спустить вниз). Девушке становилось все хуже, и в районе перевала Абдукагор начальник группы решил, что вся группа будет продолжать маршрут, а два человека вместе с девушкой будут спускаться вниз по леднику Абдукагор. Идти самостоятельно она уже не могла, и им пришлось тащить ее. Человек, который прибежал в лагерь, и был один из этих двух. Все, кто мог, быстро собрались и бросились вверх по леднику. Альпинистов в лагере уже не было, но была туристская группа горной секции Московского Клуба Туристов — горные туристы высочайшего класса. Они побежали первыми, захватив с собой веревки. Я оделся, схватил валявшуюся поблизости доску и тоже побежал. Бежать вверх на высоте 4500 м

по засыпанному камнями леднику, да еще с доской, было ох как нелегко. Когда я добежал до спасателей, которые несли девушку, и взглянул на нее, мне стало страшно — показалось, что это уже труп. Лицо было желтое, как у трупа, она ни на что не реагировала, и лишь слабое дыхание показывало, что она еще жива. Девушку привязали к двум доскам (еще кто-то принес вторую доску), сделав подобие носилок, и спуск по леднику продолжался. Несли ее человек 10–12, потому что надо было балансировать среди камней и ледяных торосов. Еще 3–4 человека бежали впереди, выбирая лучший путь. Так мы добрались до лагеря. Здесь ей стало немного лучше. Она открыла глаза и произнесла несколько фраз. Ей сделали укол антибиотика, дали выпить горячего. Было решено немедленно транспортировать ее в Дальний, и два человека побежали в Дальний, чтобы по рации вызвать вертолет (в лагере рации не было).

Спускаться вниз из лагеря можно было только по морене, крутой извилистой тропе, где никак нельзя было пройти с нашими самодельными носилками. Поэтому поступили так. Взяли большой рюкзак, в его дне сделали две дыры, и туда посадили девушку, просунув ее ноги в дыры. Затем два человека подняли рюкзак с девушкой, взвалили его на спину третьего и привязали верх рюкзака к нему за шею. Девушка оказалась довольно тяжелой — килограммов на 65. Поэтому нести такой груз можно было не больше 10 минут, потом носильщики менялись. 10–12 человек, в том числе Борис и я, отправились с ней вниз. Интересно было, как по мере понижения высоты она оживала. Первый раз, когда ее взгромоздили мне на спину — это было сравнительно недалеко от лагеря — она была почти безжизненна. Но на второй раз, когда подошла моя очередь — это было примерно на высоте 3800 м, на старой автомобильной дороге — она уже разговаривала со мной и даже шутила. Вскоре мы встретили людей, посланных в Дальний. Они сказали, что санитарный вертолет вылетает. Девушка была спасена.

Из этой истории видно, что опасения А.Б., когда он спустился с перевала, были не столь обосновательны, как мне показалось сначала.

Закончу этот очерк об А.Б. словами Шекспира из «Ричарда III»:

“...Такого кавалера, и телом сильного, и духом, Природа щедрая не скоро даст опять.”

14. В.Н. Грибов. Нет пророка в своем отечестве



Владимир Наумович
Грибов

Владимир Наумович Грибов был, бесспорно, крупнейшим физиком-теоретиком из послевоенного поколения в СССР. Даже краткий перечень его основных научных достижений впечатляет: теория многочастичных реакций вблизи порога; представление Грибова — Фруассара; сужение дифракционного конуса при высоких энергиях; факторизация вклада реджевских полюсов Грибова — Померанчука; правила отбора Грибова — Моррисона; теория дифракционного рассеяния на ядрах Глаубера — Грибова; реджеонная диаграммная техника Грибова, правило Абрамовского — Грибова — Канчели; парадокс

Бьеркена — Грибова и грибовская обобщенная векторная доминантность; нейтринные осцилляции Грибова — Понтекорво; теорема о тормозном излучении при высоких энергиях; уравнения эволюции структурных функций Грибова — Липатова, грибовские копии и многое, многое другое.

Грибов не участвовал в атомном проекте, но он создавал ту творческую атмосферу, влияние которой распространялось много шире тех областей, где он работал.

В физике частиц он сделал больше, чем кто-либо другой в нашей стране. Но, в соответствии с верным для всех веков и народов утверждением «Нет пророка в своем отечестве», его заслуги не были достаточным образом оценены в СССР при его жизни (да и за рубежом). С боль-

шим опозданием, значительно позже ряда других физиков-теоретиков, он был избран членом-корреспондентом Академии Наук СССР, а среди действительных членов Академии Наук до конца его жизни ему так и не нашлось места²⁷. Из всех возможных наград, премий и т.д. Советского Союза и России он получил лишь одну — медаль Ландау. Правда, как он сам говорил мне, это была единственная награда, которую ему действительно хотелось получить. И лишь весьма редко Грибова приглашали выступить с престижными рапортерскими докладами на крупных международных конференциях (в СССР — только на Дубнинской конференции 1964 года).

Но были люди, которые сразу же высоко оценили его талант — Померанчук и Ландау. В конце 1950-х годов Н.Н. Боголюбова выдвинули на Ленинскую премию за работы по дисперсионным соотношениям. Материалы по выдвижению попали на рецензию к Ландау. В своем отзыве Ландау написал, что Ленинскую премию за работы по соответствующей тематике следует дать Грибову, а не Боголюбову. Незадолго до того, Грибов сделал работу по спектральному представлению вершинной функции в теории поля, и Ландау считал это достижение значительно большим, чем сделанное Боголюбовым доказательство дисперсионных соотношений. Замечу, что это было на заре творчества Грибова, еще до его знаменитых работ по реджистике и всего прочего! Конечно, отзыв Ландау не повлиял на решение Комитета по Ленинским премиям: премию дали Боголюбову. Нетрудно догадаться, каковы были для Грибова последствия этого отзыва. Он ощущал их очень долго, может быть, даже до конца жизни.

Померанчук же не только высоко ценил Грибова, он просто любил его. Я помню героическое время начала работ по реджистике, совместных работ Грибова и Померанчука (у них было 14 совместных работ). Приезд Грибова из Ленинграда был для Померанчука, да и для всех нас в ИТЭФ, настоящим праздником. Обсуждения начинались с утра и продолжались до позднего вечера.

²⁷ С 1972 года, когда Грибов был избран членом-корреспондентом Академии Наук, и до его кончины в 1997 году, по Отделению Ядерной Физики, куда входил Грибов, было избрано 8 академиков-теоретиков, но Грибов не был удостоен этой чести.

В маленьком кабинете Померанчука дым стоял столбом: оба — Грибов и Померанчук — отчаянно курили. И вот после нескольких дней работы из хаоса возникла истина — настоящие именины сердца!

Для Померанчука мнение Грибова было крайне важно, почти столь же, как мнение Ландау. Характерный пример: наша совместная работа с Грибовым и Померанчуком по поведению сечения e^+e^- -аннигиляции в адроны при высоких энергиях — последняя работа Померанчука. Эта работа стоит особняком в его творчестве. После доказательства нуля заряда в квантовой электродинамике и мезонных теориях Померанчук, как и Ландау считал, что «лагранжиан мертв и должен быть похоронен со всеми полагающимися почестями» (слова Ландау). На протяжении 10 лет Померанчук развивал феноменологические и основанные на аналитичности методы в физике частиц (теорема Померанчука, теория Редже, SU(3)-симметрия и др.). В работе, о которой идет речь, Померанчук возвращается к методам квантовой теории поля, т. е. к лагранжиану. Такой возврат для него был труден, и он хотел быть уверен, что Грибов полностью разделяет его точку зрения. Померанчук уже был тяжело болен (рак пищевода) — не мог глотать, разговаривал через усилитель. Но работал, писал формулы! Мы обсуждали с ним, временами приезжал Грибов из Ленинграда. И вот, в одном из обсуждений — это было примерно за две недели до смерти Померанчука — мы с ним (Грибова в Москве не было) пришли к выводу, что работа завершена, результат получен. «Но, — сказал Померанчук, — позвоните Грибову и, если он со всем согласен, начинайте писать статью». Я позвонил Грибову, и он сказал, что у него возникли сомнения в части доказательства. Я передал это Померанчуку. Его реакция была такова, что, хотя у него, Померанчука, нет сомнений, но пока у Грибова есть хоть тень сомнения, двигаться дальше нельзя. Я позвонил Грибову еще раз и попросил его немедленно приехать в Москву. По его приезду мы с ним в течение пары дней обсуждали наше доказательство и, в конце концов, нашли такое, которое устраивало все сомнения. После этого мы пошли к Померанчуку. Это было воскресенье, 12 декабря 1966 года. «Володя, — спросил

Померанчук, — у Вас есть сомнения?» «Нет», — ответил Володя, и мне показалось, что я увидел тень облегчения на лице Померанчука. Но разговор был недолгим, Померанчук чувствовал себя плохо. Он умер в ночь на вторник, 14 декабря 1966 года. Статью пришлось писать уже без него.

В научных (да и не только научных) обсуждениях с Грибовым всегда присутствовал высокий накал творчества, его горение (не могу найти ничего лучшего этих избитых слов). В то же время он был бескомпромиссен в науке. Убедить его согласиться с неправильной, по его мнению, работой или хотя бы промолчать, было невозможно. Но если в результате обсуждений (зачастую весьма долгих) Володя соглашался, можно было быть уверенным на все 100% — работа правильная. Это, конечно, имело и свою обратную сторону. Бывало, что Володя ошибался и не принимал правильную и иногда даже очень хорошую идею. И поскольку его аргументы бывали убедительны (но, как потом иногда оказывалось, неправильны), а авторитет велик, у человека опускались руки.

Один, но для меня очень важный (и огорчительный) пример. В начале 1972 года, после того, как т'Хофтом была доказана перенормируемость неабелевых калибровочных теорий, я понял, что аргументы Ландау-Померанчука о внутренней противоречивости юкавских теорий (нефизический полюс эффективного заряда при высоких энергиях) не имеют места в неабелевых теориях. Логика моих рассуждений была такова: аргументы Ландау — Померанчука фактически основывались на представлении Челлена — Лемана для пропагатора фотона в квантовой электродинамике (или мезона в мезонных теориях). Согласно этому представлению, так как мнимая часть пропагатора положительна, то он должен расти с ростом энергии, а тогда появление полюса неизбежно. Но в неабелевых калибровочных теориях пропагатор калибровочного бозона не градиентно-инвариантен, следовательно, нельзя сделать подобных утверждений. Я, однако, не владел техникой вычислений в неабелевых теориях. Тут как раз из Новосибирска приехал Вайнштейн, который такой техникой владел. Я стал убеждать его проделать соответствующие вычис-

ления, два дня убеждал и на третий — убедил. И вот незадача: из Ленинграда приехал Грибов и в течение пары часов переубедил Вайнштейна; Грибов с большой уверенностью утверждал, что в неабелевых теориях будет такой же полюс (т.е. нуль физического заряда), как и в квантовой электродинамике. К стыду своему, должен сознаться, что я пропустил вышедшую ранее работу Хрипловича, где необходимые мне вычисления были сделаны, а Вайнштейн удивительным образом не сказал мне о ней. Вайнштейн уехал обратно. Изучение техники вычислений в неабелевых теориях требовало времени, а у меня его не было: я вскоре должен был ехать в Чехословакию пускать атомную электростанцию.

Грибов умел подойти к проблеме, явлению с новой, неожиданной стороны, как правило, глубоко физической, и явление начинало играть новыми красками. Много можно привести подобных примеров: инстантоны (идея, что инстантоны в пространстве Минковского описывают переходы между вакуумами с различными топологическими числами, принадлежит Грибову), грибовские копии и др. Или то, что мне ближе: правила сумм для γN и eN рассеяния (работы Грибова, Шехтера и мои). Здесь Грибов сумел взглянуть на эту проблему с точки зрения теории Янга — Миллса, и это сильно облегчило понимание. Другой подобный пример: работа Грибова по взаимодействию фотонов с ядрами и связи глубоко-неупругого рассеяния с e^+e^- -аннигиляцией — парадокс Грибова — Бьеркена. Найти и сформулировать парадокс, а Грибов умел это делать, — лучший путь к развитию науки.

На семинарах, когда выступал Грибов, он рассказывал, размышляя (всегда без бумажек), как бы приглашая участников вместе с ним решать проблему. В этом отношении он был сходен с Померанчуком — тот тоже как бы импровизировал, читая лекции или выступая на семинарах (с Ландау было иначе: было очевидно, что для него проблема решена и он нам, несведущим, ее излагает). И семинары в ИТЭФ, когда выступал Грибов, и в теоретделе ЛИЯФ, насколько я знаю, почти всегда затягивались допоздна. Упомянув о теоретделе ЛИЯФ, я не могу не сказать, что фактически теоретдел ЛИЯФ был создан Грибовым. Хотя основы его заложены И.М.

Шмушкевичем, и это был добротный фундамент, но все здание было возведено Грибовым, и его традиции до сих пор живы в ЛИЯФ (теперь ПИЯФ). Ни одна крупная теоретическая работа, не только по физике частиц, но и по другим направлениям теоретической физики, не могла выйти из стен ЛИЯФ без обсуждений с Грибовым, и эти обсуждения всегда были очень плодотворны для авторов. Сильным было также его влияние на экспериментальные исследования в ЛИЯФ.

Ситуация изменилась с переездом Грибова в Москву. Мне кажется, что это был (по крайней мере, такими были несколько первых лет после переезда) тяжелый, может быть, даже драматический период его жизни. Жизнь в Москве была совсем другой, чем в Ленинграде: здесь большую роль играли различные околонучные взаимоотношения и, иногда, даже интриги, научная иерархия. Не разрешалось то одно, то другое. Грибов не хотел в это входить, но, с другой стороны, жить, полностью это все игнорируя, было невозможно. Связь с созданной им школой в Ленинграде, как ни старались обе стороны ее поддерживать, все-таки слабела. С другой стороны, научные контакты в Москве, хотя они и появились, не были столь тесными, как в Ленинграде. Наконец, в Ленинграде Грибов входил в общую интеллектуальную элиту, не только физическую или даже научную: он знал и встречался со многими, и многие знали его. В Москве такого не было. Тут вообще понятие интеллектуальной элиты значительно менее определено — многое зависит от того, сколь близок человек в данный момент к власти предрежающим.

И на все это наложилась трагическая, нелепая гибель сына Лени в горах на Памире: он упал, провалившись в трещину на спокойном леднике, и когда его вытащили, он был уже мертв. Я ощущаю и долю своей вины в этом несчастье. На протяжении нескольких десятков лет я ходил в горы, затем и мой сын стал делать то же. Мы дружили с Леней. Возможно, наш пример как-то повлиял на него, и он стал заниматься тем же, хотя физически был подготовлен хуже.

И здесь я хочу вернуться к тому, с чего начал. У всех у нас, близких друзей и коллег Володи Грибова, должно быть чувство вины за то, что он не был по заслугам

оценен и признан в России. Это непризнание, конечно, влияло на его моральное состояние. Применяя это к себе, я вспоминаю Твардовского:

Я знаю, никакой моей вины

В том, что другие не пришли с войны.

В том, что они — кто старше, кто моложе — Остались там. И не о том же речь,

Что я их мог и не сумел сберечь.

Речь не о том. И все же, все же, все же...

И я хочу, чтобы то, что здесь написано прозвучало, как мое запоздалое покаяние.

15. Я.Б. Зельдович. Чутье на теории

Среди всех качеств Якова Борисовича как физика-теоретика, было, с моей точки зрения, особенно замечательное, выделяющее его из среды других теоретиков, — это чутье на теории. Имею в виду удивительный дар почувствовать глубину и перспективу теоретической мысли или идеи, когда эта мысль или идея еще совершенно не сформировалась, сыра, даже выглядит скорее абсурдной, чем разумной, и почти все остальные ее просто игнорируют.

Приведу несколько примеров такого рода предвидений. В 1959–1961 годах появились работы Салама и Уорда и Глешоу с первыми попытками объединения слабых и электромагнитных взаимодействий. В то время эти работы не привлекли общего интереса. Но Я.Б. сразу обратил на них внимание. Он приходил к нам в ИТЭФ²⁸

²⁸ В 1950-х годах в течение нескольких лет Я.Б. работал в Теоретической Лаборатории ИТЭФ по совместительству, а потом был уволен по решению сверху. И.Я. Померанчук (заведующий Теоретической Лабораторией) и А.И. Алиханов (директор ИТЭФ) пытались сопротивляться, но наверху были неумолимы: совместительства должны быть запрещены. Такая же участь постигла и Л.Д. Ландау — он тоже тогда был уволен из ИТЭФ. Обсуждения с Я.Б. были очень полезны для нас. Примеры этому я привожу в тексте. Мне кажется, что и для Я.Б. эти обсуждения были полезны. До сих пор, как ценную реликвию, я берегу отпечаток его статьи 1954 года с дарственной надписью «Дорогому Борису Лазаревичу от благодарного ученика». Мне хотелось бы думать, что это была не просто шутка.

и говорил: «Какая замечательная теория, почему вы ею не занимаетесь?» Мы отвечали, что теория неперенормируема, в ней будет большая вероятность распада $\mu \rightarrow e\gamma$ и т.д., но Я.Б. это не останавливало: он считал, что идея настолько глубока, что такой теорией все равно нужно заниматься, не обращая внимания на трудности. И, по большому счету, он был прав. Несмотря на то, что тогда, в 1961–1962 годах, мы не последовали его советам, мне кажется, что его слова, по крайней мере, для меня, не прошли даром — несколько позже, начиная с 1963 года, я стал заниматься теорией с промежуточными W -бозонами.



Яков Борисович
Зельдович

Другой пример связан с работой Голдстоуна 1961 года, в которой было доказано, что спонтанное нарушение симметрии приводит к появлению безмассовых частиц — голдстоунов. Отношение к этой работе в ИТЭФ тогда было таким: все соглашались, что работа интересная, но никто не хотел развивать эти идеи дальше. Может быть, причина была в том, что почти все в ИТЭФ (и, особенно, Померанчук) были увлечены тогда реджевской теорией. Я.Б. в обсуждениях неоднократно подчеркивал глубину и перспективность идей Голдстоуна и призывал нас развивать их. Но, увы, его усилия здесь были безуспешны — мы продолжали заниматься своим делом. Как известно, сейчас идеи о спонтанном нарушении симметрии и возникновении голдстоунов пронизывают всю физику элементарных частиц. Третий пример подобного рода относится к космологическому члену в теории гравитации. Начиная с 1970-х годов Я.Б. говорил, что в существующих теориях поля (в том числе, и в моделях великого объединения) космологический член, вычисленный по теории возмущений, как правило, расходится, либо если даже в какой-то теории и удаётся

добиться его сходимости, то его величина оказывается на много десятков порядков больше экспериментальных ограничений. По мнению Я.Б. требование, чтобы теория приводила к равной нулю величине космологического члена, должна лежать в основе выбора подходящих теорий. К этой мысли Я.Б. возвращался неоднократно, для него это было своего рода «Карфаген должен быть разрушен». Проблема космологического члена не разрешена до сих пор, и сейчас выдвинутый Я.Б. критерий является одним из основных при отборе теорий, объединяющих все взаимодействия, включая гравитацию. Впрочем, существуют и попытки решить этот вопрос иначе, в рамках космологии. Существование космологического члена (или, в более широком смысле — темной энергии) сейчас уже не вызывает сомнений.

У Я.Б. было много работ с соавторами. Но во всех этих работах (я не знаю исключений) основная физическая идея всегда исходила от него. И в соответствии с требованием Ландау (см. выше с. 57), как правило, он заранее предвидел результат.

В своих суждениях Я.Б. был категоричен, даже жесток. Это было естественно для человека, основным делом которого на протяжении многих лет было создание атомных и водородных бомб (хотя необязательно — у Сахарова был мягкий характер). Но вместе с тем, его нельзя было назвать упрямым: если доводы собеседника были убедительны, он менял свою точку зрения. Помню такой случай. Как-то (это было в 1980-х годах) рано утром мне позвонил Я.Б. (он всегда звонил в 8 часов утра, полагая, что если он встает в 6 часов, то и другие должны делать так же). Я.Б. стал убеждать меня бросить то, чем я занимаюсь, поскольку это неинтересно, и заняться астрофизикой. Я возразил: «Вы же не знаете, чем я занимаюсь!» В течение 10–15 минут я рассказал Я.Б. о том, что делаю. Он изменил свою точку зрения. Результат был незамедлителен. Я.Б. позвонил Харитону и убедил его поддержать мою кандидатуру на выборах в члены-корреспонденты АН СССР.

Другой характерный для Я.Б. случай. Вскоре после Чернобыля он позвонил мне и спросил, не соглашусь ли я высказать свое мнение о случившемся Ю.Б. Харитону.

Я согласился. Буквально через несколько часов мне позвонил Харитон и пригласил меня в Барвиху, где тогда отдыхал Харитон. Он взял тетрадку, записывал, задавал вопросы. Я напомним, что Харитон (вместе с Зельдовичем) был автором первой работы по теории ядерных реакторов. Но, как объяснил мне, современного состояния теории он не знал (Харитон в то время был научным руководителем Арзамаса-16, т.е. главой программы по разработке атомных и водородных бомб).

Мне кажется, что если бы не повороты судьбы, которые оставляли Якову Борисовичу мало времени на физику элементарных частиц, он мог бы сделать здесь намного больше и получить больше удовлетворения.

Я.Б. Зельдович много сделал в советском атомном проекте, но основные его работы по проекту до сих пор остаются секретными. За эти работы ему трижды было присвоено звание «Героя Социалистического Труда».

16. И.В.Курчатов. Великий организатор и ученый в одном лице

Курчатов был человеком очень необычным: организатор высочайшего класса, я не знаю ни одного другого с такими блестящими организаторскими способностями. Прежде всего, он обладал колоссальнейшим влиянием. При этом у него не было соответствующего такому влиянию официального поста. Помимо должности директора Лаборатории No.2, переименованной в 1949 году в Лабораторию Измерительных Приборов (ЛИПАН), а затем в 1956 году в Институт Атомной Энергии (ИАЭ), он занимал лишь пост председателя научно-технического совета при ПГУ в Минсредмаше, органа с рекомендательными функциями. Не знаю, как Курчатов добился такого влияния и как сохранял его, но то, что это влияние сохранялось при всех властителях — и при Сталине, и при Хрущеве — несомненно. Приведу один факт, которому сам был свидетелем. Я находился в кабинете у Курчатова, и ему по какому-то делу понадобилось позвонить Косыгину. Косыгин тогда еще не был председателем Совмина, но уже являлся очень важной фигурой в



**Игорь Васильевич
Курчатов**

Правительстве. Игорь Васильевич набрал номер (по «вертушке» — прямому правительственному телефону) и сказал: «Алексей Николаевич, это Курчатов. Нам нужно, чтобы было сделано то-то и то-то. И это должно быть сделано к такому-то сроку. Я прошу Вас принять меры, чтобы это было выполнено». И как я понял, ответ с той стороны был: «Это будет сделано, Игорь Васильевич». Вместе с тем, этот человек понимал и любил науку (а не только себя в науке).

В этой связи приведу один эпизод. Дело происходило в 1955 году, когда встал вопрос о создании атомных электростанций и их экономической целесообразности. Для решения проблемы нужно было знать потребность в уране: как часто понадобится подпитывать станцию свежим ураном, то есть, какова допустимая степень выжигания урана в реакторе АЭС. Я проводил соответствующие вычисления. Сложность проблемы состояла в том, что результат сильно зависел от физических констант — параметров урана и плутония, которые были известны недостаточно хорошо. Поэтому я пошел обходным путем и определил необходимую комбинацию констант, исходя из данных о работе действующих реакторов по производству оружейного плутония. Результаты расчета сообщил Алиханову, тот, в свою очередь, Курчатову. С другой стороны, аналогичные расчеты выжигания урана в атомных электростанциях проводил С.М. Фейнберг в ЛИПАНе. В один прекрасный день меня вызывает секретарь Алиханова — его самого не было — и говорит, что по вертушке звонит Курчатов и просит меня к телефону (в то время я являлся лишь кандидатом наук, младшим научным сотрудником, так что дистанция между нами была огромная). Курчатов говорит, что знает о моих расчетах и просит изложить результаты. Когда я кратко их сообщаю, он замечает, что они сильно расходятся

с расчетами Фейнберга, мои намного хуже, и поэтому ему нужны подробности. Беру секретную тетрадь, по телефону диктую Игорю Васильевичу цифры, которые, как я понимаю, он откладывает на миллиметровке и сравнивает с цифрами Фейнберга. Основное различие между моим расчетом и расчетом Фейнберга состояло в том, что при глубоком выгорании урана, которое, в отличие от военных реакторов, имеет место в атомных электростанциях, происходит накопление плутония-240, обладающего большим резонансным захватом. Этот захват Фейнберг не учитывал (или учел, но недостаточно), так как непосредственных измерений у него не было, а я определил эффективные параметры плутония-240 из анализа работы военных реакторов. Это все я объяснил Курчатову. Разговор продолжался минут сорок, и в конце его Игорь Васильевич согласился с тем, что мои результаты правильны, хотя, очевидно, ему это было неприятно, поскольку приводило к заметному ухудшению параметров атомных электростанций.

Другой замечательной чертой Курчатова была его удивительная способность подбирать людей. Одним из примеров этого может служить тот же Фейнберг. Он возглавлял группу, проводившую физические расчеты реакторов в ЛИПАНе. В то же время, он хорошо разбирался в вопросах конструкции реакторов и в теплотехнике. Сочетание этих качеств в одном лице крайне важно, поскольку физические и конструктивные требования к реактору обычно находятся в конфликте. Попал на эту должность Савелий Моисеевич Фейнберг только благодаря дару Курчатова оценивать людей с первой встречи. Как-то в разговоре с группой сотрудников Курчатова заявил, что ему нужен человек, который мог бы рассчитывать реакторы и понимать в инженерном деле. Один из участников разговора, Е.Л. Фейнберг, сказал, что у него есть подходящий кандидат — его двоюродный брат С.М. Фейнберг. По специальности он инженер-строитель, но это очень способный человек и Евгений Львович не сомневается, что за короткий срок Савелий Моисеевич освоится и справится с новой профессией. После первой же встречи с С.М. Фейнбергом Игорь Васильевич взял его на работу, и тот оправдал все ожидания.

Важным достоинством Курчатова было то, что, являясь главой атомной программы и обладая колоссальной властью, он не стал полным монополистом и не стремился задавить конкурентов. Примером такого поведения может служить программа сооружения ядерных реакторов для производства трития. Как глава всего атомного проекта, Курчатов мог легко забрать программу себе. Он этого не сделал, но предложил своему Институту представить проект графитового реактора, а конкурирующей организации, ТТЛ — проект тяжеловодного реактора для той же цели. Дальше происходило сопоставление обоих проектов. В итоге, ТТЛ не была полностью задавлена, тяжеловодные реакторы строились. И это была, как мне думается, принципиальная позиция Игоря Васильевича: допускать конкуренцию в некотором объеме и не давить ее полностью. Он понимал: наличие конкурента улучшает работу и его Института.

Вместе с тем, Курчатов оставался человеком своего времени. Это был жесткий руководитель, это был деятель. Монополизм в науке идет именно от него. Но Курчатов, если угодно, воплощал собою «просвещенный монополизм», смягчаемый пониманием необходимости конкуренции, любовью и интересом к науке. Любопытная деталь: Курчатов стал членом ВКП(б) только в августе 1948 года, будучи к тому времени уже более пяти лет руководителем атомного проекта. Одним из примеров его любви к науке, причем не только к той, которой занимался он сам, является организация в 1958 году (в эпоху гонений на генетику) Радиологического Отдела в ИАЭ, где проводились исследования по генетике и где кое-кто из генетиков нашел себе убежище. У тех, кто приходил после него, эти положительные черты стирались, да и научный уровень был уже не тот, а стремление к монополизму сохранялось и даже усиливалось.

Я думаю, что если бы Курчатов прожил дольше, то реакторы РБМК (чернобыльские) не стали бы строить, и чернобыльской катастрофы бы не произошло.

Есть известное высказывание: «Нет великого человека без великого события». Верно и то, что когда великое событие, породившее великого человека, кончается, великий человек уходит, и, как правило, уходит физиче-

ски. Мне кажется, то же произошло и с Курчатовым: когда к 1960 году грандиозная задача создания атомного оружия была решена, для него уже не оставалось места, и он ушел.

17. А.Д. Сахаров

Основным научным достижением А.Д. Сахарова является объяснение барионной асимметрии вселенной (наличие барионов и отсутствие антибарионов), исходя из нарушения СР-инвариантности²⁹. Эта работа неоднократно цитировалась в теоретических работах по космологии и лежит в основе ряда космологических моделей. Другой хорошо известной работой Сахарова является теория магнитного термоядерного реактора в которой ядерные частицы, осуществляющие управляемую термоядерную реакцию, удерживаются магнитным полем³⁰. Однако главные достижения Сахарова относятся к термоядерной бомбе. Это:



Андрей
Дмитриевич
Сахаров

- 1) «Слойка» — термоядерная бомба с перемежающимися слоями дейтерия и трития (впоследствии В.Л. Гинзбург предложил заменить тритий на LiD).
- 2) Термоядерная бомба, окружённая оболочкой из тяжёлого вещества, в котором рождаются γ -кванты. γ -кванты, падая на термоядерную бомбу, создают давление, в результате которого температура её поднимается.

У Сахарова возникла идея разместить в океане вдоль побережья США цепочку мощных водородных бомб и взорвать их одновременно, с тем, чтобы вызвать цунами и выброс огромного количества паров и акти-

²⁹ А.Д. Сахаров, Письма в ЖЭТФ 5(1967) 32.

³⁰ Физика плазмы и проблемы управляемых термоядерных реакций, М. Изд-во АН СССР, 1958 т. 1, стр. 20-30.

вированной воды. Тогда все живые будут уничтожены на расстоянии 200-300 километров от побережья. При этом погибнет несколько десятков или даже сотен миллионов людей. Как говорил А.П. Александров, его просто поразило такое высказывание, что означало тотальное уничтожение людей. А.П. Александров назвал это предложение Сахарова «людоедским». Сахаров высказал эту идею адмиралу Фомину. Его реакция была такова: «Мы, моряки, не воюем с мирным населением». В дальнейшем Сахаров кардинально изменил свою точку зрения — он стал противником не только непосредственного действия атомного оружия, но и его долгосрочных последствий.

За свои работы по атомному проекту А.Д. Сахаров был трижды удостоен звания «Героя Социалистического Труда».

Сахаров известен всему миру как бесстрашный борец за права человека, за демократизацию строя в СССР. Его деятельность началась в 1968 году со статьи «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании, и интеллектуальной свободе». Основная мысль статьи — человечество подошло к критическому моменту своей истории, когда над ним нависли опасности термоядерного уничтожения, экологического самоотравления, голода и неуправляемого демографического взрыва, дегуманизации и догматической мифологизации (цитирую по [5]). Это было сказано в 1968 году, но верно и сейчас. Уже через несколько лет Сахаров становится лидером движения за демократизацию советского общества. Он подвергается преследованиям со стороны властей (слежка за ним агентов КГБ, ссылка в г. Горький и др.), но приобретает мировую известность. В 1975 году ему присуждается Нобелевская премия мира.

Я редко встречался с Андреем Дмитриевичем: мы работали в разных институтах. Я приглашал его для участия в Теоретическом семинаре ИТЭФ и на проводимых в ИТЭФ конференциях. Он докладывал на таком семинаре свою самую известную работу о наличии во Вселенной барионов и отсутствии антибарионов. После семинара возникло интенсивное обсуждение. В результате Сахаров в своей работе выразил мне благодарность.

Я полностью разделял его политические взгляды. Вспоминается такой эпизод. После заседания одной конференции, проходившей в Институте Физических Проблем, мы вышли вместе. Сахаров спросил меня:

— Куда Вы едете?

Я ответил: — В центр.

— Я собираюсь тоже взять такси и ехать в центр. Вы поедете со мной?

— Конечно.

Замечу, что Сахарову, как академику, полагалась машина от Академии Наук, но он редко пользовался этим правом.

В машине Сахаров спросил меня:

— У Вас нет знакомого среди депутатов Верховного Совета РСФСР?

Я ответил: — У меня нет. Но у Вас есть — это Харитон.

— Харитон — депутат Верховного Совета СССР.

— А что Вы хотели?

— Я хотел, чтобы депутат выступил с предложением отклонить предлагаемый закон РСФСР, направленный против правозащитников.

Я подумал: Андрей Дмитриевич — храбрый человек. Он, конечно, знает, что многие водители такси являются стукачами, т.е. агентами КГБ. Возможно, что и машина оборудована подслушивающим устройством.

Еще я встречался с Андреем Дмитриевичем на родительских собраниях в школе, где учились наши дети. Там обсуждались совсем другие проблемы.

18. Б.Л. Ванников

Родился 7 сентября 1897 г. в Баку в еврейской семье рабочего-нефтяника. Подростком, после окончания начальной школы, был рабочим на нефтепромыслах, затем на дорожном строительстве, слесарем. Окончил Бакинское политехническое училище в 1918 году, Московское высшее техническое училище (Институт им. Баумана) в 1926 году. Он был невысокого роста, очень подвижный, типичной еврейской наружности, иногда грубовато циничный, иногда очень резкий, а где

надо и доброжелательный. С 1927 г. технический директор завода, в 1933–1936 гг. директор заводов, сначала в Туле, затем в Перми. С декабря 1937 г. — начальник танкового управления Наркомата оборонной промышленности, с декабря 1937 г. — заместитель наркома оборонной промышленности. С января 1939 г. — нарком вооружения СССР.

7 июня 1941 г. арестован и помещен в тюрьму на Лубянку. Он сидел вместе с будущим маршалом Мерецковым и их беспощадно избивали. В начале июля Ванникову, находившемуся в тюрьме, было предписано дать предложения по мероприятиям, связанным с эвакуацией оборонных предприятий из западных районов страны на Урал и за Урал. Он не знал о начале войны и о том, что немцы захватили большую часть Европейской территории страны. Как и все население СССР он считал, что врага мы будем бить на чужой земле и малой кровью. Тем не менее, предложения были им написаны и представлены Сталину. Сталин одобрил предложенные мероприятия и распорядился освободить Ванникова. Ванникову было выдано удостоверение Государственного Комитета Обороны (ГКО) №.1021, в котором говорилось:

“ГКО удостоверяет, что Ванников Борис Львович был временно подвергнут аресту органами НКГБ, как это выяснилось теперь, по недоразумению и, что Ванников Борис Львович считается полностью реабилитированным. Ванников по Постановлению ЦК ВКП(б) и СНК СССР назначен заместителем Наркома вооружений и по распоряжению ГКО должен немедленно приступить к работе в качестве зам. Наркома вооружений (Устинова Д.Ф.)

Председатель ГКО И.Сталин”

На этом посту Ванников провел колоссальную и очень эффективную работу. Все эвакуированные заводы были эвакуированы вовремя и на новом месте начинали работу прямо с колес. Именно благодаря Ванникову Красная Армия в условиях захвата немцами территории, где раньше находились заводы, могла получать нужное ей вооружение. За эту работу 3 июня

1942 г. Б.Л. Ванникову было присвоено звание Героя Социалистического Труда (в числе первых 6 человек после установления этого звания).

Тем не менее, в конце 1941 г. по распоряжению Сталина Ванников был снова арестован и отправлен в лагерь на Севере³¹. Ванников работал в лесу на лесозаготовках. Однажды, после возвращения в барак он был вызван к начальнику лагеря без каких-либо объяснений. В просьбе Бориса Львовича сходить в барак за личными вещами, ему было отказано, что не предвещало ничего хорошего, и Ванников в подавленном настроении выехал из лагеря. С ближайшего аэродрома он был доставлен в Москву, но зачем — ему никто не объяснил. Только миновав Лубянку и подъезжая к Боровицким воротам, он понял, что едет к Сталину, поскольку кроме Сталина никто не мог бы вызвать Ванникова в Кремль. Войдя в кабинет Сталина, он остановился у двери. Сталин ходил вдоль стола, глядя себе под ноги. Наконец, он тихо заговорил о положении на фронтах, о трудностях (прежде всего с боеприпасами), которые испытывают войска. Только в этот момент Ванников понял, что расправы с ним не будет. Остановившись, Сталин сказал: “Мы решили организовать Наркомат боеприпасов, а Вам предлагаем возглавить его”. На это Ванников, указывая на свои стеганные штаны и валенки спросил, как же он будет возглавлять Наркомат, если он заключенный?

Тут Сталин внимательно посмотрел на него, словно впервые увидел его одежду, вяло махнул рукой и сказал, чтобы это его не беспокоило. Предложил поехать в гостиницу и через 3 дня прийти в Кремль с предложениями по организации Наркомата. То, что Ванников из Кремля был направлен в гостиницу, а не домой, говорит о том, что он, получив свободу общения с необходимыми людьми, оставался под наблюдением НКГБ. По словам Ванникова, Сталин был очень опасный человек. Сталин допускал отстаивание собеседником своей точки зрения, с ним можно было спорить. Но когда он принимал решение — не выполнять его было недопустимо.

³¹ Тут я следую изложению Г.А. Соснина, ИСАП, т. 2, стр. 189, который слышал эту историю от самого Ванникова.

За невыполнение решений Сталин расправлялся быстро и жестко. Причем степень расправы зачастую определялась не законом, а настроением, какое было у него в данный момент.

И вот, после таких коллизий, 18 августа 1945 г. Сталин назначил Ванникова начальником Первого Главного Управления (ПГУ), поставив его во главе исполнительного органа Специального Комитета по атомной проблеме при Совете Министров СССР.

Расскажу еще один эпизод, характеризующий Бориса Львовича. Он связан с крупнейшим радиофизиком А.Л. Минцем, который руководил созданием первой в СССР коротковолновой радиостанции, станцией им. Коминтерна (на Шуховской башне) и многими другими. Много работал в атомном проекте, был избран членом-корреспондентом Академии Наук СССР, но несмотря на многочисленные задачи, которые он решал, в действительные члены его не избирали. Однажды он должен был поехать на объект ПГУ. Туда же ехал Ванников, и он пригласил Минца ехать с ним в салон-вагоне. Вечером, за ужином Ванников спросил Минца: — Вот прошли выборы в Академии Наук. Вас опять не выбрали?

— Нет.

— И Вы этим расстроены?

— Да.

— А тех людей, которые Вас выбирали, Вы уважаете?

— Нет, конечно, нет.

— Так что же Вы расстраиваетесь?

19. А.С. Елян

Амо Сергеевич Елян (родился в 1903 году) был одним из трех уцелевших, когда в 1915 г. азербайджанцы ночью напали на г. Шуша в Армении и вырезали всех его жителей. Шуша был тогда вторым по величине городом в Армении, там было много купцов и Шуша считался богатым городом. Елян в ту ночь пошел в гости к приятелю в деревню и тем спасся. После этой резни в Шуше на протяжении 60 лет никто не жил: армяне боялись, а азербайджанцы считали “проклятым местом”. В 1929 г.

Елян окончил Бакинский политехнический институт, почти год в 1935–1936 гг. находился в командировке в США, изучая американскую технику. В 1940 г. назначен директором артиллерийского завода № 92 в г. Горьком, где работало 45 тыс. человек. При заводе было крупнейшее конструкторское бюро, которым руководил В.Г. Грабин, а в последствии Африкантов.



Амо Сергеевич Елян

В годы Отечественной войны завод оказался едва ли единственным в стране, работавшим на полную мощность: завод выпускал 500 орудий в месяц. Сталиным была поставлена задача: резко увеличить выпуск орудий. Елян понимал, что на существующем оборудовании завод может увеличить выпуск на 5–10%, но не более и тогда ему, как директору не избежать расстрела. Он сообразил: каждое орудие рассчитывается на определенное число выстрелов: после каждого выстрела в стволе появляются микротрещины и когда их становится достаточно много, ствол разрывается. И тогда он послал на фронт инженеров, чтобы они посмотрели, сколько живет пушка в боевых условиях. Они установили, что на фронте пушка выдерживает на порядок или два меньше выстрелов, чем заложено расчетами. Елян решил кардинально упростить технологию, заложив в нее меньшие требования на прочность ствола. Но для этого нужно было полностью остановить завод, чтобы в течение 5–6 дней он не выдавал никакой продукции. Такое грозило очень серьезными последствиями. Елян рискнул — и в том, и другом случае грозил расстрел, а здесь был шанс. Первые два дня военные представители молчали, но потом они послали телеграмму в Кремль: завод перестал производить пушки — вредительство. От Сталина пришла грозная телеграмма Еляну: немедленно прибыть в Кремль. Но к этому времени на заводе была сделана пушка, изготовленная по новой технологии. Елян погрузил ее на платформу,

и сам сел в тот же поезд. В Москве ему удалось добиться, чтобы пушку поставили на Ивановской площади, прямо под окнами кабинета Сталина. После этого Елян пошел к Сталину и объяснил ему, что по новой технологии завод будет выпускать в 10 раз больше пушек, и в один день покроев всю недостачу.

За этот, поистине подвиг, Еляну 3 июня 1942 года было присвоено звание Героя Социалистического Труда (он был в числе первых 6 человек, получивших это звание). Всего за годы войны завод произвел более 100 тысяч орудий различных классов.

С началом атомного проекта 92-ой завод перешел на производство различного оборудования по этому проекту: корпусов атомных реакторов (графитовых и тяжеловодных), тепловыделяющих элементов и др. Такой резкий переход оказался возможным благодаря высококвалифицированному и талантливому коллективу конструкторского бюро.

В 1955 г. Елян был снят с поста директора завода, поскольку ему вменили в вину, что он и Берия были женаты на сестрах. Он был принят А.И. Алихановым на работу в ИТЭФ на должность ведущего инженера.

Летом мы с ним жили на даче на соседних станциях Казанской ж.д. (Кратово и 43-й км) и часто ездили на работу на одной электричке. Тогда он мне и рассказал приведенную выше историю.



1. Поездка Гейзенберга к Бору в 1941 году

Поездка Гейзенберга к Бору в Копенгаген в конце сентября 1941 года давно привлекала внимание историков физики. У широкой публики интерес к этой поездке возник после того, как сначала в Лондоне в 1998 году, а затем в Нью-Йорке, была поставлена пьеса Фрэйна «Копенгаген» — психологическая драма о встрече во время войны двух крупнейших физиков и в прошлом ближайших друзей, один из которых, Бор, жил в оккупированной немцами Дании, а другой, Гейзенберг, приехал по разрешению (или по поручению) оккупирующей державы. В 2002 году эта пьеса была также поставлена в Московском Художественном Театре. Естественный вопрос, который возникает: какова была цель поездки Гейзенберга, была ли какая-либо иная цель, помимо очевидной — узнать, как живет его старому другу и учителю и его семье на оккупированной территории и, может быть, чем-то помочь. И другой вопрос: о чем они говорили, что говорил Гейзенберг (ясно, что инициатива должна была принадлежать ему) и что отвечал ему Бор? Дискуссия по этому поводу продолжается до сих пор, даже после опубликования писем Бора Гейзенбергу по поводу их встречи в 1941 году, написанных в 1957–1962 годах, но не отправленных. Мнения сильно различаются (см., например, [10,33–38]). Мне тоже хочется высказать свое мнение об этой исторической встрече и человеческой трагедии.

Прежде всего, о моменте встречи. Нацистская Германия была на вершине своего успеха. Вся Европа была оккупирована. На советско-германском фронте советские войска потеряли сотни тысяч пленными, колоссальное количество вооружения, большая часть танков и авиации была уничтожена. Киев был взят; Ленинград был окружен; немцы продвигались к Москве. В Африке армия Роммеля приближалась к Суэцкому каналу; германские ставленники пытались захватить власть в ближневосточных странах (например, переворот Рашида Али Гайлани в Ираке). Хотя победить Англию путем воздушных атак не удалось, атаки германских подводных лодок на транспорт, шедший из Америки, усиливались. Возможно, что Гейзенберг, как вхожий в довольно высокие сферы гитлеровского рейха, знал или догадывался о предстоящем вступлении в войну Японии.

Теперь о мировоззрениях обоих собеседников. Гейзенберг был консерватор, скорее даже сторонник «твердой руки» и немецкий националист — не нацист, не антисемит, но националист, верящий в превосходство немецкой науки и культуры и гордящийся этим. Первое следует из утверждения, высказанного им голландским физикам во время посещения оккупированной Голландии в 1943 году (цитирую по [10]): «Демократия не способна управлять Европой. Поэтому есть только одна альтернатива: Германия или Россия. И тогда Европа под властью Германии представляется наименьшим злом».

Во время Судетского кризиса в 1938 года Гейзенберг был мобилизован в армию. Когда его часть готовилась к вторжению в Чехословакию для «освобождения» Судетской области, у Гейзенберга не появилось никаких сомнений по этому поводу [10].

Наконец, по-видимому, из гордости за немецкую физику у Гейзенберга возникла уверенность, что если немецкие физики пока еще не сумели сделать атомную бомбу, то и другие, тем более, не могли этого сделать³².

³² До войны, действительно, немецкая физика была самой передовой. Теория относительности, квантовая механика в основном были созданы в Германии, основные физические журналы печатались на немецком языке. Но с приходом нацистов к власти в Германии большинство выдающихся физиков уехали из этой страны.

Бор был человеком совсем другого мировоззрения — это был либерал западного склада и гуманист. Последнее видно из его поведения после войны, когда он хотел остановить начинающуюся гонку ядерных вооружений, встречался с Черчиллем и Рузвельтом и пытался убедить их информировать СССР об атомной бомбе до ее применения в надежде, что, либо Сталин не будет создавать свою атомную бомбу, либо будет сразу установлен международный контроль. Конечно, это было наивностью, но именно так и должен был поступить либерал.

Эти противоречия в мировоззрениях между двумя великими физиками не чувствовались в предвоенное, относительно спокойное время: оба были увлечены наукой, которая их объединяла. Но они вышли на первый план, когда война обнажила все противоречия.

Гейзенберг прекрасно видел, что наука как таковая не нужна нацистским лидерам, что на смену ей приходит обскурантизм и лженаука. И он считал, что он и только он может спасти и сохранить немецкую науку для будущих лучших времен.

И последнее, но очень важное. Гейзенберг любил и уважал Бора. Он понимал, что Бору грозит серьезная опасность. Я думаю, что Гейзенберг уже в сентябре 1941 года через свои связи в высших сферах знал или догадывался о планах «окончательного решения еврейского вопроса»³³ (директива Геринга Гейдриху с указа-

³³ Ряд фактов свидетельствует о том, что у Гейзенберга были связи в высоких кругах нацистской Германии: 1) В 1937 году газета *Der schwarze Corps* обвинила Гейзенберга в преподавании «еврейской физики» и назвала его «белым евреем». Дело Гейзенберга рассматривалось гестапо почти год и в конце концов личным решением Гимmlера он был оправдан и признан лояльным режиму [10]. Это показывает, что у Гейзенберга были весьма влиятельные покровители; 2) В 1943 году Гейзенберг поехал в Краков в качестве личного гостя польского генерал-губернатора Франка. Этот визит состоялся через несколько месяцев после подавления восстания в варшавском гетто [10]; 3) Среди друзей Гейзенберга были генерал Бек (казнен в 1944 году за участие в заговоре против Гитлера), послы фон Хассель и граф Шуленберг (см. [10]). По опыту Советского Союза я знаю, что в высших сферах секреты (кроме чисто военных) не держатся, а циркулируют в виде слухов, но не распространяются вниз. Думаю, что так же было и в нацистской Германии.

нием подготовить «полное решение еврейского вопроса» была направлена 31 июня 1941 года, массовое уничтожение евреев на территориях Польши началось еще раньше и распространилось на оккупированную часть Советского Союза). Бор был наполовину еврей. По нацистским законам он считался евреем, т.е. подпадал под действие всех касавшихся евреев распоряжений. В сентябре 1941 года они еще не распространялись на Данию — это случилось позже. Всего в Дании было уничтожено около 500 евреев. Гейзенберг хотел спасти Бора и его семью.

Теперь о состоянии германского атомного проекта к моменту визита Гейзенберга к Бору. Атомный проект разрабатывался Урановым Объединением (Uranverein), подчинявшимся Исследовательскому Отделу Департамента Вооружений. Главой Отдела был полковник Э. Шуман. В Урановое Объединение входило несколько научных лабораторий. В 1940 году по приказу Шумана возглавляемая Гейзенбергом группа в Физическом Институте кайзера Вильгельма стала центром Объединения.

К сентябрю 1941 года немецким физикам было ясно, что можно осуществить цепную реакцию на медленных нейтронах в урановом реакторе с замедлителем из тяжелой воды. При этом реактор должен быть гетерогенным — уран в замедлителе следует располагать в виде пластин или цилиндрических блоков (Хартек, 1939). Была построена теория критических размеров реактора (Гейзенберг), учтено резонансное поглощение нейтронов ураном-238 (Флюгге). Такой реактор предполагалось использовать как источник энергии. Позднее, в 1942 году, с участием специалистов военно-морского флота обсуждалась возможность создания с его помощью двигателя для судов.

Попытка выделения пригодного для создания атомной бомбы изотопа урана-235 из естественного урана не удалась. Но летом 1940 года Вейцеккер (в группе Гейзенберга) и, независимо, Хоутерманс (в группе М. фон Арденне), основываясь на капельной модели ядра Бора — Уилера теоретически показали, что в урановом реакторе за счет захвата нейтронов ураном-238 должен образоваться изотоп с зарядом 94 и массовым числом

239 (впоследствии названный плутонием), способный делиться тепловыми нейтронами. Выделение этого изотопа не требовало разделения изотопов и можно было производить значительно более простыми химическими методами. Тем самым был открыт принципиально возможный путь к созданию атомной бомбы. Однако, Гейзенберг и другие немецкие физики считали, что, ввиду громадной работы и ограниченных ресурсов, создание атомной бомбы невозможно в течение войны и нужно сконцентрироваться на сооружении атомного реактора [6].

В свете всего сказанного выше, как мне кажется, можно представить себе и понять содержание разговора Гейзенберга с Бором в сентябре 1941 года. Как говорится в неотправленных письмах Бора Гейзенбергу, Гейзенберг начал с того, что победа Германии предрешена. Бор, живший под германской оккупацией, видевший, что она принесла Дании, и надеявшийся на иной исход войны, не мог принять такое утверждение. В силу неравноправности их положений он вряд ли мог возразить, но и согласиться тоже не мог. Гейзенберг сказал [6], что если война затянется, то решающую роль в войне сыграет атомное оружие. Он добавил, что поскольку он занимался исключительно этой проблемой на протяжении последних двух лет, он знает, что атомное оружие может быть создано — все принципиальные проблемы решены (см. [6], [10]). В подтверждение своего утверждения Гейзенберг показал Бору эскиз атомного реактора с урановыми и регулируемыми стержнями [10], назначение которого, однако, Бор, по-видимому, не понял. Возможно, что здесь Гейзенберг переигрывал, имея ввиду дальнейший разговор: по его же собственным словам [6], в Германии не проводились работы с целью создания атомной бомбы. Далее Гейзенберг перешел к конечной и, на мой взгляд, основной цели беседы. Для того чтобы сохранить науку и ученых в Германии, Дании и других странах Европы, необходимо, чтобы нацисты поняли необходимость в науке, а этого можно достичь, если ученые помогут Германии одержать победу в войне. Ту же мысль высказывал приехавший с Гейзенбергом Вейцзеккер в разговорах с сотрудниками Института Бора [6]. Гейзенберг и Вейцзеккер надеялись, что если вклад

ученых в победу будет существенным, то их роль в послевоенной Германии усилится, а это, в свою очередь, приведет к смягчению режима. Для Гейзенберга было крайне важно, чтобы Бор и его сотрудники приняли участие в немецком атомном проекте — это спасло бы их. С другой стороны, это значительно усилило бы проект. Но для Бора такой ход мысли и такие предложения были совершенно неприемлемы, и он, по-видимому, в довольно резкой форме отклонил их. Гейзенберг уехал обескураженный.

Смотря теперь, с расстояния, можно понять, почему по прошествии многих лет Бор в беседе с Фейнбергом в 1961 году назвал Гейзенберга «очень честным человеком», что удивило Фейнберга, и он стал искать объяснения возникшему противоречию [10]. Действительно, если исходить из его представлений о неминуемой победе Германии, то Гейзенберг был очень честен. Он не видел другого способа спасти Бора, спасти немецкую науку. Кроме того, в силу своего мировоззрения Гейзенберг не относился к нацизму, как дьявольскому злу, а считал это каким-то отклонением в истории Германии, которое постепенно придет в норму (слова Гейзенберга [8]: «Нацистов следовало бы оставить у власти еще лет на пятьдесят, они стали бы совсем приличными людьми»; цитирую по [10,37]). Весьма вероятно (например, так считает Бете [38]), что Гейзенберг не хотел создавать атомную бомбу. Он отложил эту проблему на будущее и, возможно, надеялся на то, что в послевоенном мире ученые англосаксонских стран и Германии добровольно откажутся от ее создания (Россия в расчет не бралась). Задача создания бомбы не увлекала его как физика: в 1942–1943 годах он сделал прекрасные работы по S -матрице, не имевшие никакого отношения к атомному проекту.

Подведем итог. У Гейзенберга было несколько целей поездки. С его точки зрения, они были честными и благородными. Но с точки зрения Бора (и нашей), они исходили из ложной посылки, были совершенно неприемлемы и, более того, аморальны.

Теперь о различных гипотезах, высказанных в связи с поездкой Гейзенберга к Бору. Первая гипотеза состоит

в том, что Гейзенберг приехал к Бору с целью шпионажа — выведать, что делают Англия и США по атомному проекту, думая, что Бору об этом что-то может быть известно (или такова была одна из целей его визита). Такая гипотеза представляется мне совершенно неправдоподобной. Если даже у Бора были какие-то контакты с западными физиками (вероятность чего в условиях оккупации мала), то, во всяком случае, они не должны были сообщать ему какой-либо секретной информации, опасаясь, что она попадет в немецкие руки. А сам факт, что в Англии и США такие работы ведутся, можно было установить по исчезновению публикаций по данной тематике в научных журналах, как это сделал Флеров в СССР.

Другая гипотеза: Гейзенберг через Бора и его возможные связи в Англии и США хотел договориться с западными физиками, чтобы работы по созданию атомной бомбы не велись ни той, ни другой стороной (такое утверждение содержится в книге [36]). Эта гипотеза представляет Гейзенберга чересчур наивным. Допустим, действительно удалось достичь такой договоренности. Но какова возможность контроля, особенно в условиях войны? Только сейчас, при наличии спутников, систем сейсмических станций слежения за подземными взрывами был достигнут сравнительно надежный контроль. С другой стороны, обладание атомным оружием дало бы решающее преимущество воюющей стороне, имеющей такую бомбу (нашлись бы ученые, которые стали бы работать над его созданием). Не думаю, чтобы Гейзенберг был настолько наивен, чтобы не понимать этого. Бор в своих неотосланных письмах решительно опровергает, что Гейзенберг делал ему такое предложение или хотя бы намекал на такую возможность. Я не разделяю мнение Бете [38], что Гейзенберг показал Бору чертеж реактора, чтобы убедить его в том, что они в Германии делают реактор, а не бомбу. Если Вейцеккер и Хоутерманс, исходя из теории Бора — Уилера, смогли прийти к выводу, что плутоний является взрывчатым веществом для бомбы и его можно нарабатывать на реакторе, то почему до этого не мог догадаться сам Бор?

2. Сталин и водородная бомба

В нашей стране, по крайней мере, после революции, наука всегда была тесно связана с политикой. Особенно тесной эта связь оказалась в послевоенное время и теснее всего — в физике, поскольку физика была нацелена на решение основной задачи государства в то время — создание атомной (и водородной) бомбы. Это не преувеличение: основной задачей государства в конце 1940-х и начале 1950-х годов являлось не столько послевоенное восстановление промышленности и сельского хозяйства, даже не усиление обычных вооруженных сил — они и так были достаточно сильны — сколько создание атомного оружия.

Я уверен, что главной целью Сталина было установление мирового господства или, как минимум, в качестве первого шага на пути к этой цели — захват Европы и ряда территорий в Азии (Турция, Корея, выход к южным морям — здесь уместно напомнить коммунистические армии и занятые ими районы в Греции, Индокитае, Малайе, на Филиппинах, блокада Западного Берлина и многое другое). Можно предположить, что нападение на Южную Корею было первой серьезной пробой сил. Есть предположения, что в начале 1950-х годов Сталин намеревался развязать и выиграть третью мировую войну. Времени у Сталина оставалось немного — в 1949 году ему исполнилось семьдесят лет — и действовать требовалось быстро.

Недавно появились важные подтверждения такой точки зрения. В статье генерал-лейтенанта Н.Н. Остроумова [39], который в то время был заместителем начальника оперативного управления главного штаба военно-воздушных сил, говорится, что весной 1952 года Сталин приказал создать 100 дивизий новых тактических бомбардировщиков. Это, по мнению Остроумова, была подготовка к новой войне. В Чехии издана книга воспоминаний генерала Чепички. Чепичка был министром обороны Чехословакии в коммунистическом правительстве Готвальда в конце 1940-х — начале 1950-х годов. В книге Чепички, в частности, рассказывается, что в 1952 году Сталин собрал совещание министров оборо-

ны социалистических стран Восточной Европы. На этом совещании Сталин заявил, что в ближайший год — два ожидается мировая война, и потребовал от министров готовиться к ней.

В конце 1940-х годов в СССР началась борьба с космополитизмом — «низкопоклонством» перед «иностранщиной» (в науке юмористы определили тангенс угла низкопоклонства, как отношение в данной статье числа цитирований иностранных статей к советским). Деятели культуры теряли свои должности, произведения писателей и журналистов не издавались, евреям стало трудно поступать в высшие учебные заведения, а на математический факультет Московского Университета практически невозможно. Особенно сильная компания была развернута против литературных и музыкальных критиков. Этой компанией лично руководил А.А. Жданов, секретарь ЦК КПСС. В 1948 году произошло убийство С.М. Михоэлса, замечательного актера, пользовавшегося мировой славой, создателя Еврейского театра в Москве. Во время войны Михоэлс ездил в Соединенные Штаты и собрал там много денег для Красной Армии. Согласно наиболее распространенной версии, убийство было организовано НКВД таким образом: сначала Михоэлса убили, а потом его тело переехал грузовик. Медицинская комиссия, возглавляемая академиком Бурденко, констатировала смерть Михоэлса в результате автомобильной катастрофы (тот же человек — Н.Н. Бурденко — был главой комиссии, которая дала заключение, что 20 000 плененных Красной Армией польских офицеров были расстреляны гитлеровцами, на самом деле, как ныне признано, их расстрелял сотрудники НКВД).

Сталинские репрессии продолжились «делом врачей». В конце 1952 года арестовали группу профессоров, крупнейших медицинских специалистов. Все они, за исключением одного-двух, были евреи. Им предъявили обвинения в том, что они, действуя по заданию американской еврейской шпионской организации «Джойнт», под видом лечения пытались умертвить руководителей партии и государства. К сожалению, то, что «дело врачей» сфабриковано от начала до конца, понимали тогда далеко не все даже среди интеллигенции. Более того, по стране

распространились слухи, что все врачи-евреи — враги народа и преступники. Я сам неоднократно слышал на улице, в магазинах и т.д. высказывания типа: «У нас в поликлинике врач — еврей. Я не пойду к нему: он меня отравит» или: «Такой-то умер в больнице — его убил врач — еврей».

Начиная с 1949 года, у СССР уже имелось атомное оружие. Но его было мало, и в этом отношении мы сильно уступали Америке. В 1945 году стало известно, что в США ведутся работы по созданию гораздо более мощного оружия — водородной бомбы, которые еще далеки от завершения. Идея создания водородной бомбы в СССР была выдвинута в том же году физиками И.И. Гуревичем, Я.Б. Зельдовичем, И.Я. Померанчуком и Ю.Б. Харитоновом, однако тогда она не получила развития. В 1949 году принимается решение форсировать усилия по созданию водородной бомбы с реальными шансами догнать Америку. К работе были привлечены группы, которые либо до того вообще не занимались бомбой, либо решали лишь отдельные, связанные с этим, задачи (привлекли группу И.Е. Тамма, включая А.Д. Сахарова, группу Н.Н. Боголюбова, И.Я. Померанчука и других).

Хочу подчеркнуть, что, как я полагаю, цель состояла не в том, чтобы, опередив США в создании водородной бомбы, выиграть атомную войну против Америки. Думаю, что Сталин понимал: это невозможно. Цель была иной: создав водородную бомбу примерно одновременно с американцами провести ее испытание и продемонстрировать, что у нас тоже есть ядерное оружие. При этом американцы не будут знать, сколько у нас водородных бомб — две, три или пять. И в случае начала войны в Европе обычным оружием (это, конечно, был бы блицкриг ввиду явного превосходства СССР в сухопутных войсках) весьма вероятно, что США не применили бы атомное оружие, опасаясь удара водородных бомб по их территории. Таким образом, советская водородная бомба служила бы средством атомного сдерживания при начале подобной войны в Европе.

Дальнейшее развитие событий полностью подтверждает этот сценарий. К концу 1952 года стало ясно, что водородная бомба в скором времени (полгода — год) бу-

дет создана: все принципиальные вопросы были решены, оставалось в основном лишь техническое их воплощение. С середины 1950 года началось проектирование, а затем сооружение и пуск реакторов для производства трития — основного компонента, необходимого для водородной бомбы. Испытание водородной бомбы в СССР произошло в августе 1953 года, возможно, оно несколько задержалось из-за смерти Сталина и последующих за ней политической борьбы претендентов на власть.

3. Как различные физики относились к атомному проекту

Для английских и американских физиков, которые начали работу после того, как стало ясно, что в процессе деления после захвата ядром урана рождается больше 2 нейтронов, т.е. возможна цепная реакция деления, все было ясно. В Германии правил Гитлер, антифашистов и евреев отправляли в концентрационные лагеря и никак нельзя было допустить, чтобы нацисты были первыми, овладевшими ядерным оружием. Поэтому практически все имевшие отношение к атомному проекту английские и американские физики, а тем более, эмигранты из Германии, полностью отдавали себя работе над атомным проектом. В Германии осталось лишь немного крупных физиков: Ленард и Штарк, которые были активными нацистами, Лауэ, который, хотя и не уехал из Германии, но нацистом не был и Гейзенберг, который возглавлял германский атомный проект, но надеялся, “что лет через 50 нацисты станут приличными людьми” (слова Гейзенберга)³⁴.

Положение изменилось, когда Германия была побеждена. Ряд физиков считал, что опасность миновала и можно было вернуться к прерванной научной работе и преподаванию. Оппенгеймер ушел с поста директора Лос-Аламоса, Бете вернулся в Корнельский Университет. Однако, когда в СССР была взорвана первая атомная бомба, точка зрения многих физиков и, главное, по-

³⁴ Цитирую по [10, 36].

литиков, изменилась. Холодная война была в разгаре, в июне 1948 года началась блокада Берлина, в 1949 г. была образована Китайская Народная Республика, коммунистические силы продолжали наступление в Греции и Вьетнаме, в “Правде” была помещена статья, в которой предъявлялись претензии на турецкие провинции Карс и Ардаган. В этих условиях Трумэн принял решение продолжать исследования с целью создать водородную бомбу. Однако многие физики на Западе, включая Оппенгеймера, Комптона и ряд других не поддержали это решение. Бор, в свою очередь, пытался уговорить западных лидеров заключить соглашение с СССР о запрете ядерного оружия, но не на Западе, ни на Востоке он не преуспел в этом намерении.

Подавляющее большинство выдающихся физиков, имевших отношение к данной проблеме, были убеждены, что создание атомного и водородного оружия в СССР способствует предотвращению войны и послужит защитой от возможной американской агрессии. Поэтому они работали так хорошо, как могли, проявляя инициативу, не жалея сил и времени. Атомная бомба в СССР была создана в 1949 году. Но, как сейчас открыто признается (в том числе и Харитоновом, который возглавлял эти работы), в создании ее мы вначале пошли по пути американцев, располагая данными об устройстве их атомной бомбы. Совсем иная ситуация сложилась с водородным оружием. Советская водородная бомба была оригинальной и в этом заслуга Андрея Дмитриевича Сахарова. Как известно, в водородной бомбе идет реакция слияния трития T и дейтерия $D + D$ или $D + T$. В конце 1940-х — начале 1950-х годов, когда встал вопрос о создании водородной бомбы, в СССР трития практически не было (третий нестабилен, период его полураспада 12 лет, и в природе он существует в ничтожных количествах). Тритий можно производить в атомных реакторах, работающих на обогащенном уране. В начале 1950-х годов в СССР таких реакторов не существовало и задача их сооружения только была поставлена. Стало очевидно, что за короткое время — два-три года — наработать значительное количество трития не удастся. Поэтому крайне важным было разработать такую водородную бомбу, которая требовала

бы минимального количества трития. Эту проблему и решил Сахаров. Он придумал — именно придумал, это была его идея — как сделать водородную бомбу на минимальном количестве трития. Тут я могу сослаться на слова Померанчука, который как-то сказал мне: «Андрей Дмитриевич не столько физик-теоретик — он гениальный изобретатель». В то время я не знал, в чем состояла идея Сахарова (в «Воспоминаниях» Сахарова она названа первой идеей). Говоря о ней со мной, Померанчук произнес только одно слово — «слойка», оставляя мне догадываться обо всем самому. Сейчас эта идея известна. Именно она позволила взорвать в СССР первую водородную бомбу почти одновременно с американской. Первое испытание американской водородной бомбы проводилось 1 ноября 1952 года. Она, в отличие от первой советской водородной бомбы, была нетранспортабельной — использовать ее как оружие было нельзя. Первая транспортабельная американская водородная бомба была испытана на полгода позже советской.

Первая идея Сахарова [5] состояла в том, чтобы создать перемежающиеся слои дейтерия и трития. Тогда быстрые нейтроны, вылетающие из трития, разбивают дейтерий и оттуда появляются дополнительные нейтроны. Вскоре Гинзбург [11] дополнил эту идею, предложив поставить вместо дейтерия LiD , что сильно увеличило поток нейтронов (вторая идея по Сахарову [5]). Третья идея (по Сахарову) состояла в том, чтобы окружить взрывную смесь тяжелой оболочкой, которая в значительной степени отражает γ -кванты и нейтроны, во взрывной смеси возникает давление, как следствие повышается температура и при такой температуре, если во взрывную зону поставить ^{238}U , возникает деление ^{238}U быстрыми нейтронами, т.е. энергия взрыва сильно возрастает. Так была достигнута небывалая энергия взрыва 100 Мт.

Уже в конце 1952 года Сталин знал, что работы по созданию у нас водородной бомбы идут успешно и это, с моей точки зрения, полностью коррелировало с его политическими планами. Не все ученые, имевшие отношение к атомной проблеме, оценивали позитивно ее создание в СССР, в частности, Л.Д. Ландау. Это видно из краткого замечания в «Воспоминаниях» Сахарова. Приведу его

дословно: «Однажды в середине 50-х годов я (Сахаров) приехал зачем-то в Институт Физических Проблем, где Ландау возглавлял Теоретический Отдел и отдельную группу, занимавшуюся исследованиями и расчетами для «проблемы». Закончив деловой разговор, мы со Львом Давидовичем вышли в институтский сад. Это был единственный раз, когда мы разговаривали без свидетелей, по душам. Л.Д. сказал — «Сильно не нравится мне все это» (по контексту имелось в виду ядерное оружие вообще и его участие в этих работах в частности.)

— Почему? — несколько наивно спросил я.

— Слишком много шума.

Обычно Ландау много и охотно улыбался... Но на этот раз он был грустен, даже печален».

В этом кратком разговоре — весь Ландау и его отношение к «проблеме». Особенно характерна последняя реплика. Принципом Ландау было следующее: если человек с первого раза не понимает нечто, очевидное с его, Ландау, точки зрения, то объяснять ему незачем — надо прекратить разговор, сказав малозначащую фразу.

Ландау занимался «проблемой» и занимался добросовестно, причем добросовестно в своем масштабе. Он выполнял все порученные ему задачи на самом высоком уровне, так что к нему никак нельзя было придраться. Но он не проявлял инициативы и старался уходить в сторону.

Когда умер Сталин и это известие дошло до Ландау, он, приплясывая, выскочил из своей комнаты в Институте, восклицая: «Сдох, сдох, сдох! Теперь я уже не раб и не буду больше заниматься атомной бомбой». В.Л. Гинзбург рассказывает, что однажды он спросил Ландау: «Что бы Вы сделали, если бы Вам в голову пришла идея водородной бомбы?» Ландау ответил: «Я бы не удержался и все просчитал, а потом разорвал эти листочки и спустил бы их в унитаз».

Позиция Зельдовича тоже менялась. Зельдович происходил из интеллигентной семьи и был первоклассным физиком. Казалось, он мог заранее просчитать последствия испытания термоядерной бомбы РДС-37 в 1955 году (погибли двухлетняя девочка и солдат) и предвидеть опасность ее распространения по Земному

Шару. Тем не менее, когда испытание прошло успешно, он подбежал к Сахарову с радостным криком — “Вышло! Вышло! Все получилось” — и стал его обнимать. Самим же Сахаровым в 1955 г. владела “гамма противоречивых чувств и главным среди них был страх, что высвобожденная энергия может выйти из-под контроля, приведя неисчислимым бедствиям”.

Незадолго до смерти Зельдович высказался совсем иначе. Говоря о своих трех Звездах Героя Социалистического Труда, он сказал: “За эти три Звезды я продал дьяволу свою бессмертную душу”.

Сахаров в своих “Воспоминаниях” пишет: “То, что мы делали, было на самом деле большой трагедией, отражающей трагичность всей ситуации в мире, где для того, чтобы сохранить мир, необходимо делать такие страшные, ужасные вещи. Сегодня термоядерное оружие ни разу не применялось против людей на войне. Моя самая страстная мечта (глубже чего-либо еще) — чтобы это никогда не произошло, чтобы термоядерное оружие сдерживало войну, но никогда не применялось”.

В 1955 году И.В. Курчатов, А.И. Алиханов, И.К. Кикоин и А.П. Виноградов написали статью, в которой анализировались возможные последствия атомной войны и делался вывод, что «над человечеством нависла огромная угроза прекращения всей жизни на Земле»[7,14]. До этого официальным утверждением советской пропаганды было, что новая мировая война означала бы конец капиталистической системы. Статью подписал также министр среднего машиностроения В.А. Малышев, и она была направлена Маленкову, Хрущеву и Молотову. Маленков, по-видимому, разделял точку зрения авторов статьи, поскольку в одном из своих выступлений сказал, что новая мировая война приведет к гибели мировой цивилизации. Однако Хрущев осудил эти взгляды, назвав их «теоретически неправильными, ошибочными и политически вредными». Партия вернулась к старой формуле, и статья не была опубликована.

У Курчатова было острое чувство ответственности, ответственности перед историей. Как свидетельствует А.П. Александров, после испытания водородной бомбы

в 1955 году Курчатов вернулся в состоянии глубокой депрессии и сказал ему: «...Какую страшную вещь мы сделали. Единственное, что нас должно заботить, чтобы это дело запретить и исключить ядерную войну».

Расскажу о проекте водородной бомбы, в котором сам принимал участие. Разработка проекта в СССР началась с предложения, внесенного в 1945 году Гуревичем, Зельдовичем, Померанчуком и Харитоновом, о чем я уже говорил³⁵. Идея заключалась в следующем (на жаргоне эта система называлась «труба»). Длинный цилиндр наполнялся дейтерием. На одном конце трубы помещался тритиевый запал, который зажигался тем или иным способом и создавал очень высокую температуру. Далее, по трубе распространялась взрывная волна реакции $D + D$. Такая система могла иметь любую, сколь угодно большую длину и была дешева, так как дейтерий дешев, а тритий требовался только для запала. Мощность взрыва такой бомбы ограничивалась лишь возможностью ее транспортировки. Обсуждалась, например, идея, что бомбу, замаскировав, доставят на корабле к берегам Америки и там взорвут, уничтожив все побережье (для сравнения см. приведенное в «Воспоминаниях» Сахарова обсуждение сходной идеи, которое Сахаров вел с контр-адмиралом Ф. Фоминым).

До недавнего времени я считал, что предложение Гуревича и других было оригинальным. В этом же был убежден и сам Гуревич. Сейчас, однако, известно, что аналогичный проект разрабатывался в США — там он назывался «классический Супер» (classical Super). Идею его еще в 1942 году сформулировал Э. Ферми в разговоре с будущим «отцом американской водородной бомбы» Э. Теллером. Теллер стал развивать эту идею и интенсивно работал над нею несколько лет. Весной 1945 года советская разведка представила первую информацию об американском проекте водородной бомбы, а в октябре 1945 года поступили более подробные сведения о нем. Предложение Гуревича и других было представлено

³⁵ См.: Гуревич И.И., Зельдович Я.Б., Померанчук И.Я., Харитон Ю.Б. Отчет лаб. № 2. — ИАЭ, 1946; опубл. в УФН, 161, 171 (1997).

17 декабря 1945 года³⁶. Поэтому ныне я думаю, что идея советской «трубы» родилась из разведанных. Но конкретная и детальная проработка проекта, безусловно, была оригинальной. Я уверен в этом, поскольку хорошо знал двух авторов — Померанчука и Гуревича: присвоить чужие идеи они не могли. Почему же Гуревич считал, что все в их предположении, включая основную идею, было оригинальным? Дело в том, что данные разведки сообщались очень узкому кругу лиц: из физиков — только Курчатову, Харитону и, может быть, Зельдовичу, а эти люди, излагая их другим, не могли ссылаться на источник, им приходилось выдавать американские идеи за свои. Поэтому Гуревич (и, по-видимому, Померанчук) искренне думали, что все предложения от начала до конца есть творчество четырех авторов.

Насколько мне известно, до 1949 года работы над этим проектом не велись — по-видимому потому, что атомная бомба еще не была создана и все усилия направлялись на ее. Кроме того, не имея атомной бомбы, призванной служить запалом — поджигать тритий — нельзя было всерьез разрабатывать водородную бомбу. Детальные теоретические расчеты «трубы» начались в 1949 или 1950 году и проводились в основном группой Зельдовича в Арзамасе-16. В работе принимала также участие группа Ландау, но она решала отдельные, выделенные из общей проблемы задачи. Главная проблема, реализация которой определяла, удастся ли создать такую бомбу или нет, состояла в том, каков будет баланс энергии. Чтобы вызвать самоподдерживающуюся ядерную реакцию — взрыв бомбы — необходимо, чтобы этот баланс был положительным, то есть, чтобы энергия, возникающая за счет ядерных реакций, превосходила энергию, вылетающую из системы. Группа Зельдовича провела расчеты «трубы» и получила результат: баланс энергии нулевой, то есть энергия, рождающаяся за счет ядерных реакций, равна энергии, вылетающей из системы. Точность вычислений, однако, была невелика, что-нибудь вроде фактора 1,5–2. Если бы этот неизвестный фактор сработал в балансе

³⁶ Автор благодарен Г.А. Гончарову за эту информацию. См. также: Goncharov G.A. Thermonuclear Milestones. — *Physics Today*, 49, November 1996, pp. 44-61.

энергии в положительную сторону, бомбу можно было бы сделать. Если же он сработал бы с отрицательным результатом, бомба не взорвалась бы. Естественно, такой ответ никого не устраивал. Подобный стиль вычислений — с точностью до двойки — вообще был характерен для Якова Борисовича. В ряде случаев он был очень хорош и приводил к поразительным успехам, но здесь не сработал.

Повышение точности — доведение ее до 10–20 процентов — требовало совсем других методов. Группе Зельдовича справиться одной с такой задачей оказалось не под силу. В это время — в середине 1950 года — решением высокого начальства в Арзамас-16 в длительную командировку направили Померанчука. Исаак Яковлевич очень тяготился своим пребыванием там и выступил перед руководством с предложением, что он со своей группой в Теплотехнической Лаборатории (ТТЛ) берется в сотрудничестве с группой Зельдовича решить проблему при условии, что его отпустят с базы.

Предложение Померанчука было одобрено, он вернулся в Москву и подал на оформление список участников группы. Дело в том, что, хотя все ее члены уже имели достаточно высокие секретные допуски — мы занимались реакторами — это дело проходило по особой, самой высокой степени секретности: все документы по этой тематике шли «под четырьмя буквами» («с. с. о. п.» — «сов. секретно, особая папка»), а главные отчеты писались от руки, их нельзя было доверить даже самым засекреченным машинисткам (заключительный отчет Померанчук писал сам от руки в трех экземплярах, без копирки). В группу Померанчука из физиков вошли В.Б. Берестецкий, А.Д. Галанин, А.П. Рудик и я. Математическую часть возглавлял А.С. Кронрод. Математический расчет в этой проблеме был важен и труден; Кронрод охотно взялся за решение подобной задачи: для него она явилась своего рода вызовом. И действительно, он придумал эффективный метод численного решения. В то время никаких ЭВМ не было и вычислительная техника сводилась к клавишным счетным машинам. М.В. Келдыш, возглавлявший комиссию по математическому обеспечению атомной проблемы, выделил мощное вычислительное бюро Л.В. Канторовича,

будущего лауреата Нобелевской премии, в Ленинграде, в котором было около сорока расчетчиц. В решении этой задачи Кронрод проявил высочайший класс и намного превосходил Канторовича. Я неоднократно присутствовал при их обсуждениях и всегда идеи выдвигал Кронрод, а Канторович был не более, чем квалифицированным исполнителем. Может быть это было связано с тем, что Канторович, мягко говоря, не испытывал по отношению к подобной задаче никакого энтузиазма (хотя ему передавались материалы в таком виде, в котором физика была скрыта — всего лишь «под двумя буквами», но я думаю, он догадывался, что делает).

Из физиков Галанин вообще не участвовал в этой проблеме — он был целиком занят реакторным делом. Берестецкий решал отдельные, связанные с этим, частные задачи. Поэтому работать начали мы с Рудиком. Сначала нам предстояло проверить отчет Ландау, Лифшица, Халатникова и Дьякова, в котором было вычислено сечение комптоновского рассеяния на электроны в плазме. Проверая, мы определили, что расчет неверен. И тут произошло неожиданное. Мы начали работать, не дожидаясь официального разрешающего допуска — работа не терпела отлагательств. Допуск пришел на всех, кроме Рудика. Рудику в нем было отказано. Алексей Петрович Рудик, по происхождению из казаков, в то время секретарь комсомольской организации ТТЛ, не получил допуска, а я, Иоффе Борис Лазаревич, беспартийный, никогда не бывший даже комсомольцем — получил! Было чему удивиться. Так что из физиков в нашей группе я фактически остался один. Померанчук участвовал в обсуждении результатов, особенно на конечной стадии, но реально не работал. Вычисления были завершены в конце 1952 года. В результате баланс энергии оказался отрицательным, то есть, если принять за единицу энергию, выделяющуюся в ядерных реакциях, то энергия, вылетающая из трубы, составляла 1,2. Система не шла, такую бомбу принципиально нельзя было сделать. Человечеству страшно повезло, или, может быть, Бог смилостивился над ним.

Теперь я хочу остановиться на том, как разные люди относились к «трубе». Прежде всего, Алиханов. Работа

велась в ТТЛ (Алиханов являлся директором ТТЛ) и как всякая крупная работа — а по тем временам это была очень крупная работа — она никак не могла проходить мимо директора. Однако Абрам Исаакович с самого начала занял очень четкую позицию: «Вы хотите вести эту работу — вы можете это делать, но я не имею к этому никакого отношения и иметь не хочу». Он издал распоряжение, по которому все бумаги по этой части шли за подписью Померанчука, минуя его, Алиханова, и отстранился от этой деятельности вплоть до самого конца, когда надо было подписать заключительный отчет с отрицательным результатом.

Ландау участвовал на начальном этапе разработки задачи, но затем отошел. В конце, когда стало ясно, что система не идет, то, поскольку баланс энергии был лишь слабо отрицательным, возник вопрос, нельзя ли найти какие-либо неучтенные физические эффекты, которые могли бы улучшить баланс или же как-то видоизменить систему с этой же целью. В 1952–1953 годах эти вопросы неоднократно обсуждались. В обсуждениях, помимо людей из групп Померанчука и Зельдовича, участвовали Б.Б. Кадомцев, Ю.П. Райзер из Обнинска. Они изучали сходную систему — «сферу». Хотя с этой системой с самого начала было ясно: она требует очень много трития и в ней нельзя добиться того эффекта, на который надеялись в «трубе» — неограниченной силы взрыва — у нее, с точки зрения теоретического расчета, оказалось много общего с «трубой». Для участия в этих обсуждениях приглашался и Ландау. Когда к нему обращались с вопросом, может ли тот или иной эффект повлиять и изменить ситуацию, его ответ оказывался всегда одинаковым: «Я не думаю, что этот эффект мог бы оказаться существенным». После того, как выяснилось, что «труба» не проходит, Померанчук сказал, что у него нет идей, как улучшить систему, и поэтому продолжать эту работу он не может. Он предложил мне заняться изучением оставшихся не вполне ясными вопросов и добавил, что организует мое назначение начальником группы, ведущей эти исследования. Но я отказался, заявив, что у меня тоже нет идей. Так как желающих продолжать работу не нашлось, проблему закрыли.

Позиция Ландау здесь была очень важна. Когда он говорил, что не думает, будто такой-то эффект может оказаться существенным, то даже у тех, кто вначале хотел заниматься таким расчетом, подобное желание пропадало. Сходную позицию занимал Е.М. Лифшиц — он по возможности старался оставаться в стороне, во всяком случае, не проявлять собственной инициативы.

В США после того, как атомная бомба была создана, а война окончилась, у многих физиков возникли сомнения в необходимости дальнейшей работы над атомной проблемой, в особенности в деле создания водородной бомбы. Ряд ученых вернулся в университеты, чтобы продолжать прерванную войной научную деятельность и преподавание. Многие считали ненужным и даже вредным для самих США создание водородной бомбы. Широко известна дискуссия между Р. Оппенгеймером и Э. Теллером по этому поводу и последующее «дело Оппенгеймера».

В СССР ничего подобного не было. Возникает вопрос: почему? Естественный ответ на него — потому, что боялись — не может нас полностью удовлетворить. Более того, ссылка на укоренившуюся в советском человеке привычку исполнять приказы не думая, как сказано в известной песне: “А если что не так, не наше дело, как говорится, Родина велела” — также не проясняет ситуацию. Если бы работа ученых по атомной проблеме сводилась только к подневольному труду, то таких успехов, достигнутых за столь короткие сроки, не было бы. В высокой степени этот труд связан с творчеством, инициативой, невозможными при подневольном труде. Наконец, объяснение, что «это очень хорошая физика» (слова Ферми), также неудовлетворительно, поскольку оно в равной степени относится к физикам США и СССР. Мне кажется, все объясняется тем, что большинство создателей водородной бомбы — это люди поколения 1930-х годов, в большей или меньшей степени, но верившие в социализм и его построение в СССР. Лишь постепенно и нередко в результате мучительной переоценки до них доходила истина, что страшное оружие, которое они создают, может попасть в руки отъявленных злодеев. Воспоминания Сахарова, написанные очень искренне, в этом отношении весьма

характерны: из них видно, что у Андрея Дмитриевича такое понимание стало появляться только в 1960-х годах. Такие взгляды были не только у людей науки. В еще большей степени это относится к писателям, поэтам, деятелям искусства. Вспомните «если враг не сдастся, его уничтожают» Горького или «по оробелым, в гущу бегущим грянь, парабеллум» Маяковского. Но не только у этих двух, но и у значительно более, по нашим современным понятиям, добропорядочных деятелей литературы и искусства можно найти высказывания, относительно которых кажется совершенно непонятным, как такое можно было написать или сказать. И редким исключением были те, кто сумел сохранить ясность мысли, честность поступков и суждений.



1. Энергетика

Все — и экономисты, и геологи говорят, что запасы в Земле нефти и газа кончатся через 50–100 лет. Каменный уголь, запасы которого больше, вряд ли можно будет использовать, поскольку это приведет к недопустимому загрязнению атмосферы. Производство энергии за счет термоядерных электростанций вряд ли даст заметный вклад до 2050 года, здесь еще нет достаточного опыта и неизвестно какие неожиданности могут встретиться на этом пути. Возможно солнечная энергия, энергия ветра и путем сжигания биомассы смогут обеспечить потребную мощность электростанций, которая оценивается в 5000 Гвт.

Относительно атомной энергетики. Здесь есть две основные проблемы: проблема захоронения отходов и проблема нераспространения ядерного оружия. Допустим, что первую проблему как-то удастся решить. Сейчас 8 стран уже имеют ядерное оружие и предположим, что им удастся договориться и это оружие будет под контролем (хотя есть большая опасность, что какая-нибудь группа террористов сумеет захватить часть такого оружия и пустить его в ход или в какой-то стране появится оголтелый диктатор с атомной бомбой). Но много большее число стран имеют атомные электростанции с реакторами, производящими плутоний в большом количестве. Раньше полагали, что плутоний, производимый на АЭС, не может быть использован для создания атомных бомб, поскольку

содержит большую примесь ^{240}Pu , обладающим большой вероятностью спонтанного деления (два куса такого плутония станут разогреваться раньше, чем начнется цепная ядерная реакция, и они просто разлетятся). Но теперь стало ясно, что бомбу можно сделать при любом содержании ^{240}Pu . Поскольку на АЭС с электрической мощностью 1 Гвт в год производится порядка 200 кг Pu , то для того, чтобы сделать бомбу, достаточно украсть всего лишь 2–3% от него, что очень трудно проконтролировать.

Файвесоном, Тейлором [38] и Бете [39] была предложена идея ядерных реакторов АЭС, обеспечивающая нераспространение ядерного оружия, которая состояла в том, что, нераспространение ядерного оружия обеспечивается в силу объективных законов физики. При этом ядерные реакторы должны быть двух типов. ТВЭЛы в реакторах первого типа содержат ^{238}U , ^{232}Th и ^{235}U . По мере работы такого реактора ^{235}U замещается ^{233}U , образующимся из тория. Замедлителем в этих реакторах является тяжелая вода. Следует ожидать высокого, близкого к 1, коэффициента конверсии — отношения образующихся делящихся элементов, в первую очередь ^{233}U , а также ^{239}Pu и ^{241}Pu , к сгоревшим. Отношение концентрации ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th выбирается таким, чтобы на любой стадии работы реактора, в том числе и при выгрузке топлива, ядерное горючее было бы непригодно для создания атомной бомбы (в начальной стадии, когда в топливе нет ^{233}U , содержание $^{235}\text{U} < 20\%$, $^{235}\text{U}/(^{238}\text{U} + ^{235}\text{U}) < 20\%$, при полном замещении ^{235}U на ^{233}U — такая стадия реально не достигается — содержание $^{233}\text{U} < 12\%$ — таковы требования МАГАТЭ). Реакторы такого типа могут быть сооружены на базе канадских реакторов CANDU или чехословацкой АЭС, изложенной в главе 10. Реакторы второго типа — это реакторы типа бридера на ^{238}U и плутонии. Отражатель в бридере должен содержать торий, в котором производится ^{233}U , возвращающий в реакторы 1-го типа. Число реакторов типа бридеров будет значительно меньше числа реакторов 1-го типа, поскольку последние почти самоподдерживаются. Бридеры должны быть расположены в странах с высокой стабильностью и должны быть под международным контролем. Только реакторы 1-го типа могут быть предметом международной

торговли. Конечно, такая схема АЭС требует международных соглашений, но это является платой за международную стабильность — платой за мир. Конкретные схемы таких АЭС были рассчитаны Радковским и Гальпериним [42], Пономаревым — Степным [43] и Иоффе и Кочуровым [44]. В результате расчетов в [44], было получено, что в выгружаемом топливе отношения делящихся изотопов урана $^{235}\text{U} + ^{233}\text{U}$ к полному количеству урана составляет 11,2%, т.е. ниже нормы МАГАТЭ, а плутония за год производится всего лишь 17 кг. Таким образом, чтобы сделать бомбу нужно украсть треть или половину производимого за год плутония, что легко обнаружить.

2. Познаваем ли мир?

Давней мечтой физиков-теоретиков было создание единой теории элементарных частиц, описывающей все взаимодействия сильные, электромагнитные, слабые и гравитационные. 30 лет назад, после того, как удалось сформулировать струнную теорию калибровочных полей, казалось, что путь к созданию такой теории открыт. Но выяснилось, что струнных теорий невероятно много (некоторые оценивают их число как 10^{500} или даже 10^{1000}) и нет возможности выбрать между ними истинную. Более того, за все 30 лет их развития в струнных теориях не удалось получить ни одного физического предсказания. По этим причинам такой путь к созданию единой теории я считаю закрытым.

Экспериментально сейчас доступны высокие энергии вплоть до энергий Большого Адронного Коллайдера (БАК-*LHC*) — 14 ТэВ, что соответствует малым расстояниям вплоть до 10^{-18} см. Исследование области малых расстояний $> 10^{-18}$ см подтвердило Стандартную Модель, включающую слабые и электромагнитные взаимодействия (в виде единой электрослабой теории) и сильные взаимодействия. Найден хиггсовский бозон с массой 125 ГэВ, предсказанный Стандартной моделью. С обнаружением хиггсовского бозона электрослабая теория становится законченной, непротиворечивой и последовательной теорией.

Особняком стоят гравитационные взаимодействия. Их характерные расстояния, расстояния, на которых гравитационное взаимодействие становится сильным — порядка 10^{-33} см. Экспериментально область от 10^{-18} см до 10^{-33} см не будет пройдена никогда: сооружение ускорителя на энергии, соответствующие расстояниям 10^{-33} см, т.е. энергии $\sim 10^{16}$ ТэВ, не позволяют просто ресурсы Земли. Действительно, мощность, потребляемая БАК порядка 100 МВт. Увеличение энергии ускорителя до 10^{16} ТеВ потребует мощности $\sim 10^{17}$ МВт = 10^{11} ТВт, тогда как мощность всех электростанций мира в настоящее время составляет (2–3) ТВт. Область расстояний от 10^{-18} см до 10^{-33} см не пуста; на это указывают наличие масс у нейтрино и нейтринные осцилляции и существование темной материи, не укладывающиеся в Стандартную Модель. Нет оснований думать, что в области энергий от 10 ТэВ до 10^{16} ТэВ нет чего-либо еще помимо известных взаимодействий. Поскольку эта область экспериментально никогда не будет достижима (за исключением ее нижнего края), мы приходим к выводу о непознаваемости области малых расстояний в физике элементарных частиц.

Другой пример относится к проблеме энтропии. Согласно второму закону термодинамики в изолированной системе все процессы происходят таким образом, что с течением времени энтропия возрастает или остается постоянной. Этот факт выделяет направление стрелы времени. Возрастание энтропии со временем не связано со структурой лагранжиана, поскольку лагранжианы всех взаимодействий, за исключением слабого, инвариантны относительно обращения времени, а слабое взаимодействие несущественно в макроскопических процессах. Пойдем по времени назад, приближаясь к моменту большого взрыва. Вайнберг [45] показал, что на основе известных законов (которые симметричны относительно замены $t \rightarrow -t$) можно описать развитие Вселенной, начиная с 10^{-4} сек с момента большого взрыва. В момент $t = 10^{-4}$ сек энтропия наблюдаемой части Вселенной отличается от теперешнего ее значения не более, чем на порядок³⁷ Ожидается, что на начальной стадии Большого Взрыва

³⁷ Автор благодарен С.И. Блинникову за эту оценку.

энтропия мира была очень мала. Такая возможность была сформулирована в книге Пенроуза [46]. Таким образом, резкое возрастание энтропии, определяющее стрелу времени, по-видимому относится к малым временам после Большого Взрыва, когда гравитационное взаимодействие становится сильным и начинают играть роль квантовые эффекты, т.е. квантование пространства-времени. Вопрос этот обсуждался многими, см. например [46], но результат был неутешителен — удовлетворительного объяснения получено не было. Если, действительно возрастание энтропии, определяющее стрелу времени, происходит в области $\sim 10^{-33}$ см, то в соответствии со сказанным выше, причина его останется непознанной.

В математике давно известен тот факт, что в некоторых случаях принципиально невозможно выяснить истинность данного положения. Существует теорема Гёделя, доказанная в 1930 г. [47], которая гласит: в любой системе аксиом арифметики найдется утверждение, относительно которого нельзя сказать истинно оно или ложно (см. также [48]). Т.е. в математике непознаваемость строго доказана.

До сих пор я рассматривал вопрос о познаваемости мира, неявно предполагая, что цивилизация будет существовать достаточно долго, скажем несколько тысячелетий. Но это очень сильное предположение; есть много предпосылок для того, чтобы цивилизация погибла значительно раньше: ядерные войны, возникшие по той или иной причине (приход к власти фанатика-диктатора в какой-либо стране, терроризм с ядерным оружием и др.), в генной науке может (неумышленно) появиться какой-либо вирус, против которого не найдется средств борьбы. Поэтому, возможно, что теперешняя цивилизация просуществует сто — двести лет. Этим, возможно, объясняется неудача всех попыток найти инопланетные цивилизации: фактор $100 : 10^{13}$ (время от большого взрыва) достаточно мал.

ЛИТЕРАТУРА

1. История дипломатии, т. 3, ОГИЗ, М. 1945
2. Л. Лопуховский, Вяземская катастрофа 41-го года, «Яуза», «Эксмо», М. 2006
3. В. Суворов, Ледокол, АСТ, 2007
4. F. Soddy, Atomic Transmutations, New World, 1953
5. А.Д. Сахаров, Воспоминания, изд-во Чехова, Нью-Йорк, 1990
6. R. Rhodes, The Making of Atomic Bomb, Penguin books, 1986
7. R. Rhodes, Dark Sun, Simon and Shuster, N.Y., 1995
8. А.Круглов, Как создавалась атомная промышленность в СССР, ЦНИИАТОМИНФОРМ, М.1995
9. История советского атомного проекта, т. 1, 2, 3 под ред. Е.П. Велихова, ИздАТ, М., 1997
10. Е.Л. Фейнберг, Эпоха и личность, Наука, М. 1999
11. В.Л. Гинзбург, О науке, о себе и о других, Физматлит, М. 2003
12. Д. Холловэй, Сталин и бомба, Сибирский хронограф, 1997, Новосибирск
13. J. Medawar and D. Pyke, Hitler's Gift. Scientists, who fled Nazi Germany, Platens, London 2001
14. П.А. Александров, Академик Анатолий Петрович Александров, Прямая речь, М. Наука 2001
15. E. Amaldi, The adventures life of Friedrich Georg Houtermans, physicist, unpublished
16. Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, УФН, 23 (1940) 329
17. И.И. Гуревич, И.Я. Померанчук, в книге «Реакторостроение и теория реакторов», доклады советской делегации на I Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955, Изд-во АН СССР, 1955, стр. 220
18. А. Ахиезер, И. Померанчук, Введение в теорию нейтронных мультиплицирующих систем (реакторов), ИздАт, 2002.
19. А.Д. Галанин, Теория гетерогенного реактора, Атомиздат, 1971
20. А.Д. Галанин, Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах, Энергоатомиздат, М. 1990
21. А.Д. Галанин, Б.Л. Иоффе, Тяжеловодный реактор — размножитель на цикле $U - Th$, отчет ТТЛ No.319, 1950
22. Б.Л. Иоффе, Л.Б. Окунь, О выгорании горючего в ядерных реакторах, Атомная энергия 1, No.4, 80 (1956)
23. Сборник памяти акад. А.И. Алиханова, М. Наука, 1975, стр. 345–361 24. Воспоминания о Л.Д. Ландау, под ред. И.П. Халатникова, Наука, М.1988 25. А. Ливанова, Ландау, Знание, М. 1983
26. К. Дробанцева-Ландау, Академик Ландау. Как мы жили, Захаров, АСТ, 1999
27. Г.Е. Горелик, Моя антисоветская деятельность ... Один год из жизни Ландау, Природа 11, 1991, стр. 93–104

28. Б.Л. Иоффе, Л.Б. Окунь, А.П. Рудик, К вопросу о несохранении четности в слабых взаимодействиях, ЖЭТФ 32, 396 (1957)
29. Л.Д. Ландау, О законах сохранения при слабых взаимодействиях, ЖЭТФ, 32, 405 (1957)
30. Б.Л. Иоффе, Е.П. Шабалин, Нейтральные токи и предел применимости теории слабых взаимодействий, ЯФ 6, 828 (1967)
31. Д. Гамов, Моя мировая линия, Физматлит, 1994
32. Д.Д. Иваненко, Эпоха Гамова глазами современника, в [31], стр. 231–392
33. D.C. Cassidy, Uncertainty: The Life Science of Werner Heisenberg, N.Y., Freeman, 1992
34. В. Гейзенберг, Физика и философия. Часть и целое, Наука, М. 1989
35. N. Bohr to W. Heisenberg, draft of letter: www.nbi.dk/NBA/papers/docs
36. Р. Юнг, Ярче тысячи солнц, Гостехиздат, М. 1960
37. N. Mott, R. Peierls, Werner Heisenberg, Biographical memories of fellows of Royal Society, London, vol.23, p.p. 213, 1977
38. H. Bethe, The Germanium Uranium Project, Physics Today, July, 2000
39. Н. Остроумов, Армада, которая не взлетела, Военно-исторический журнал, 10, 1992
40. H. Feiveson, T. Taylor, Bull.Atom.Sci. 32 (10), 14 (1976)
41. H. Bethe, in Nuclear Power and Its Full Cycle (IAEA, Vienna) 1977, vol.7, p. 3
42. A. Radkowski, A. Galperin, Nucl. Technol., 124, 215 (1988); A. Galperin, P. Reichert, A. Radkowski, Dci. Global Security 6, 265 (1997)
43. Н. Пономарев-Степной, Г. Лунин, А. Морозов, АЭ, 85, 263 (1998)
44. Б.Л. Иоффе, Б. Кочуров, ЯФ 75, No.2, 181 (2012)
45. С. Вайнберг, Первые три минуты, Энергоиздат, М. 1981
46. Р. Пенроуз, Новый ум короля, УРСС, М. 2010
47. K. Gödel, Monatshefte für Mathematic und Physik, 38, 173 (1931)
48. В. Успенский, Теорема Гёделя о неполноте, Физматлит, М., 1982

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УЧЕНЫХ, УПОМИНАЕМЫХ В КНИГЕ³⁸

- Александров Анатолий Петрович** (1903–1994) — физик, академик, президент АН СССР (1975–1986), директор ИФП (1946–1954) и ИАЭ (1960–1986), трижды Герой Социалистического Труда.
- Арцимович Лев Андреевич** (1909–1973) — физик, академик, соавтор и близкий друг братьев Алихановых.
- Берестецкий Владимир Борисович** (1913–1977) — физик, сотрудник ИТЭФ, зав. лабораторией теоретической физики (1966–1977).
- Бете Ханс Альбрехт** (1906–2004) — физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из ведущих участников американского ядерного проекта.
- Боголюбов Николай Николаевич** (1909–1992) — математик, физик-теоретик, академик.
- Бьеркен Джеймс** (р. 1940) — физик-теоретик, один из основателей кварковой теории частиц.
- Виноградов Александр Павлович** (1895–1975) — химик, академик, руководитель работ по химии в атомном проекте.
- Ванников Борис Львович** (1987–1962) — начальник Первого главного управления при СНК СССР (организация производства ядерного оружия), трижды Герой Социалистического труда.
- Владимирский Василий Васильевич** (1915–2002) — физик, член-корр. АН, зам. директора ИТЭФ.
- Галанин Алексей Дмитриевич** (1916–1999) — физик-теоретик, сотрудник ИТЭФ.
- Гелл-Манн Мюррей** (р. 1929) — физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из основателей кварковой теории.
- Герштейн Семен Соломонович** (1929–2009) — физик-теоретик, академик, сотрудник ИФВЭ.
- Гинзбург Виталий Лазаревич** (р. 1916) — физик-теоретик, академик, зав. теоретическим отделом ФИАН, лауреат Нобелевской премии.
- Глэшоу Шелдон** (р. 1932) — физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из создателей электрослабой теории.
- Гуревич Исай Израилевич** (1912–1992) — физик, член-корр. АН. Основные труды по ядерной физике, теории ядерных реакторов.
- Елян Амо Сергеевич** (1903–1965) — видный советский государственный и военно-промышленный деятель, руководитель целого ряда ведущих предприятий советского ВПК.

³⁸ В список включены лишь те люди, сведения о которых могут помочь в понимании текста читателю — не физику.

- Иоффе Абрам Федорович** (1880–1960) — физик, академик, вице-президент АН (1942–1945), директор ЛФТИ, инициатор исследований по ядерной физике в СССР.
- Канторович Леонид Витальевич** (1912–1986) — математик, экономист, лауреат Нобелевской премии.
- Кикоин Исаак Константинович** (1908–1984) — физик, академик, руководитель работ по разделению изотопов в советском атомном проекте.
- Кронрод Александр Семенович** (1921–1986) — математик, зав. математической лабораторией ИТЭФ.
- Ледерман Леон** (р. 1926) — физик-экспериментатор, лауреат Нобелевской премии, директор Фермилаб (1979–1989).
- Лоу Фрэнсис** (1928–2014) — физик-теоретик, автор фундаментальных трудов по квантовой электродинамике.
- Марков Моисей Александрович** (1908–1994) — физик-теоретик, академик.
- Маршак Роберт** (1919–1992) — физик-теоретик, труды по слабым взаимодействиям. Основатель международных конференций по физике частиц высоких энергий.
- Никитин Сергей Яковлевич** (1916–1990) — физик-экспериментатор, сотрудник ИТЭФ.
- Окунь Лев Борисович** (1929–2015) — физик-теоретик, академик.
- Оппенгеймер Роберт** (1904–1967) — физик-теоретик, руководитель американского атомного проекта.
- Паули Вольфганг** (1900–1960) — физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из основоположников квантовой теории.
- Понтекорво Бруно Максимович** (1913–1993) — физик, академик, сотрудник Э. Ферми. В 1950 году нелегально переехал в СССР.
- Рудик Алексей Петрович** (1921–1993) — физик-теоретик, сотрудник ИТЭФ, близкий друг автора.
- Румер Юрий Борисович** (1901–1985) — физик-теоретик, соавтор и близкий друг Л. Ландау, арестованный в один день с ним в 1938 году.
- Тер-Мартirosян Карен Аветович** (1922–2005) — физик-теоретик, член-корр. РАН, сотрудник ИТЭФ.
- Фейнберг Евгений Львович** (1912–2014) — физик-теоретик, академик, сотрудник ФИАН.
- Фейнберг Савелий Моисеевич** (1910–1973) — специалист в области физики реакторов, сотрудник ИАЭ.
- Фейнман Ричард** (1918–1988) — физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из основателей современной квантовой электродинамики.
- Ферми Энрико** (1901–1954) — физик, лауреат Нобелевской премии, один из ведущих физиков в американском атомном проекте.

Халатников Исаак Маркович (р. 1919) — физик-теоретик, академик, сотрудник Л. Ландау, директор Института Теоретической Физики им. Ландау.

Харитон Юлий Борисович (1904–1996) – физик-экспериментатор, академик, научный руководитель Арзамаса-16, трижды Герой Социалистического Труда.

Швингер Юлиан (1918–1994) — физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из основателей квантовой электродинамики.

Шмушкевич Илья Миронович (1912–1969) — физик, зав. лабораторией теоретической физики ЛФТИ, близкий друг И. Померанчука.

Иоффе Борис Лазаревич

АТОМНЫЕ ПРОЕКТЫ: СОБЫТИЯ И ЛЮДИ

Издатель:

Центр социального прогнозирования и маркетинга
127106, г. Москва, ул. Гостиничная, дом 9, корп. 4.

Тел. (495) 482-18-38

Email: info@sheregi.ru

www.socioprognoz.ru

Подписано в печать 05.02.2018.

Формат 60×90 1/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.

Усл. печ. л. 13,0. Тираж 300 экз.

Заказ

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография»
Филиал «Чеховский Печатный Двор»
142300, Московская область, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д.1
Сайт: www.chpd.ru, E-mail: sales@chpk.ru
8(495) 988-63-76, т/ф. 8(496) 726-54-10

Для заметок

Для заметок

Для заметок
