

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Участие Л.Д. Ландау
в советском Атомном проекте (в документах)

Г.В. Киселев

В статье приведена информация об участии академика Л.Д. Ландау в советском Атомном проекте, подготовленная на основе изучения архивных документов Первого Главного управления. Их анализ свидетельствует о значительном, пионерском вкладе Л.Д. Ландау в разработку теории гетерогенных ядерных реакторов, в расчетное обоснование первых образцов атомной и водородной бомб. Многие из приведенных документов ранее не публиковались.

PACS numbers: 01.65. + g, 28.41. – i, 28.70. + y

DOI: 10.3367/UFNr.0178.200809d.0947

Содержание

1. Введение (947).
2. Хронология жизненных событий Ландау (947).
3. Особенности организации работ по Атомному проекту (952).
4. Научно-технический совет ПГУ и Ландау (953).
5. Первые прикладные работы (957).
6. Принципиально важный вклад Ландау в теорию ядерных реакторов (958).
7. Участие в расчетном обосновании первой советской атомной бомбы (963).
8. Участие в физических расчетах первой советской водородной бомбы (967).
9. Оценка вклада Л.Д. Ландау (978).
10. Заключение (983).

Приложение 1 (983).

Тезисы докладов на совещании по РДС-6т 8 – 9.01.1952 г. [75]:

Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. *Об отражении слабого разрыва от звуковой линии.*Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Н.С. Мейман, И.М. Халатников, С.П. Дьяков. *О решении двумерной нестационарной газодинамической задачи.*Л.Д. Ландау, Н.С. Мейман, И.М. Халатников. *Интегрирование уравнений гидродинамики методом сеток.*

Приложение 2 (985).

Статья Л.Д. Ландау. *Атомная энергия.*

Список литературы (987).

1. Введение

В Атомном проекте бывшего СССР участвовало значительное число выдающихся ученых, среди которых, наряду с И.В. Курчатовым, Ю.Б. Харитоновым, В.Г. Хлопиным, Я.Б. Зельдовичем, А.Д. Сахаровым, А.А. Бочваром и др., были Лауреаты Нобелевской премии академики В.Л. Гинзбург, П.Л. Капица, Л.Д. Ландау, И.Е. Тамм, И.М. Франк. Научная деятельность Лауреатов Нобелевской премии в советском Атомном проекте описана с различной степенью детализации. Ряд материалов, относящихся к их работе в период 1945–1953 гг., помещен в сборниках архивных документов советского Атомного проекта, опубликованных в 2006–2007 гг. и подготовленных к изданию в 2008 г., ссылки или извлечения из которых приводятся в настоящей статье. Частично это сделали Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович и К.И. Щелкин, некоторые из документов, ими подготовленные, представлены в настоящей статье. Автор принял попытку изучить и систематизировать имеющиеся архивные документы бывшего Первого главного управления (ПГУ), ныне госкорпорации Росатом, относящиеся к научной деятельности выдающегося ученого современности академика Ландау в советском Атомном проекте. На современном этапе, имея в виду "Договор о нераспространении ядерного оружия", невозможно подготовить полный обзор его научных результатов по атомно-водородному оружию, что представляло бы исключительный интерес. С целью системного представления некоторые из документов, приведенные в ранних публикациях по данной теме в *УФН*, цитируются вновь.

2. Хронология жизненных событий Ландау

В архиве Росатома хранятся личные дела многих ведущих ученых, принимавших участие в Атомном проекте. Среди них находится бесценный документ — анкета с автобиографией Ландау (копия от 28.10.1946 г.) [1]. Возникает вопрос — почему личное дело академика

Г.В. Киселев. Государственный научный центр Российской Федерации "Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова",
Б. Черемушкинская ул. 25, 119218 Москва, Российская Федерация
Тел./Факс (495) 127-05-43
E-mail: kiselev@itep.ru

Статья поступила 31 марта 2008 г.

Таблица 1.

№№	Наименование отдела, сектора	На какую должность назначен, переведен	Дата назначения	Оклад, разряд	№ приказа, дата	Примечание
1.	Научный сектор	Начальник сектора			Пр. № 9 от 1.1.46 г.	
2.	"	Зав. сектором			Пр. № 84 от 1.4.46 г.	
3.	"	Начальник теоретического сектора (по совместительству)			Пр. № 66 от 1.4.49 г.	

хранилось с 1946 г. в архиве ПГУ и продолжает храниться в теперешнем архиве? Ответ на этот вопрос заключается в том, что Ландау, сам не зная этого, относился к "номенклатуре". Об этом свидетельствует также "Список научных руководителей атомных предприятий и основных направлений научно-исследовательских работ", подписанный А.П. Завенягиным и В.С. Емельяновым от 25.03.1951 г. в качестве приложения к докладу ПГУ "О ходе работ по развитию атомной промышленности" [2]. В этом списке указана фамилия Л.Д. Ландау как "научного руководителя расчетно-теоретических работ по водородной бомбе РДС-6Г". В то же время на "Листе назначений, поощрений и перемещений и взысканий" имеется многозначительная надпись: "В номенклатуру 1954 года не вошел" [1]. Появление этой надписи объяснимо, так как в 1954 г. Ландау отошел от деятельности по атомно-оружейной тематике.

Хранение личного дела Ландау в архиве ПГУ объясняется тем, что управление кадров ПГУ взяло на учет всех значимых ученых, запросив из организаций копии анкет специалистов. Вот такая копия анкеты была прислана из Лаборатории № 3 в начале 1946 г. через месяц после ее образования, в которой Ландау являлся заведующим теоретическим сектором по совместительству. Так как по заведенному порядку анкеты специалистов хранились в архиве ПГУ постоянно, мы имеем сейчас возможность ознакомиться с биографическими сведениями Ландау, составленными 60 лет тому назад. С современной, официальной версией биографии академика можно познакомиться в книге *Герои атомного века* [3]. Хотя основные этапы его жизни хорошо известны из прежних публикаций, приведем здесь первоначально копию автобиографии от 28.01.1946 г., являющуюся приложением к анкете [1]:

«Родился в г. Баку в 1908 г. В 1922 г. окончил среднюю школу и поступил на физмат Бакинского Госуниверситета. В 1924 г. перевелся в Ленинградский Госуниверситет, который закончил в 1927 г. С 1926 г. аспирант Ленинградского Физ. Тех. Института. С 1929 г. по 1931 г. в полугодовой командировке за границей. С 1931 г. по 1932 г. научный сотрудник Ленинградского Физ. Тех. Института. С 1932 г. по 1937 г. зав. Теор. отделом Украинского Физ. Тех. Института в Харькове. С 1937 г. зав. теоретич. отделом Института Физических проблем АН СССР в Москве. В 1937–39 гг. арестовывался НКВД и освобожден за прекращением дела. В 1943 г. награжден орденом "Знак почета". В 1945 г. награжден орденом "Трудовое Красное Знамя". В 1945 г. присуждена премия им. Сталина».

Примечание автора: в действительности премия им. Сталина была присуждена в 1946 г.

Из "Листа назначений, поощрений и перемещений и взысканий", подшитого в анкету и никем не подписанного, можно узнать лишь частично о работе Ландау в Лаборатории № 3. В этом "Листе" приводится информация о послужном списке Ландау не в Лаборатории № 3, а в Теплотехнической лаборатории. Это означает, что указанный "Лист" мог быть заполнен и подшит в анкету только после переименования Лаборатории № 3 в Теплотехническую лабораторию в 1958 г. согласно постановлению Президиума АН СССР № 229 от 3 апреля. Приведем информацию из "Листа назначений, поощрений и перемещений и взысканий" Ландау (табл. 1).

Обращает на себя внимание в этих записях два момента. Первый относится к тому, что Ландау был зачислен одним из первых в штат Лаборатории № 3, это произошло 1 января 1946 г., через месяц после ее образования 1 декабря 1945 г. Это означает, что первый директор Лаборатории № 3 А.И. Алиханов хорошо понимал всю важность комплектования лаборатории высококвалифицированными кадрами физиков-теоретиков. Приглашение Ландау на работу по совместительству в Лабораторию № 3 было большой удачей не только для лаборатории, но и для теоретической реакторной физики. Второй момент относится к тому, что, видимо, по недосмотру работника отдела кадров совместительство указано только с 1.04.1949 г., в действительности он был одновременно заведующим теоретическим отделом ИФП с самого начала своей деятельности в Лаборатории № 3 с 1 января 1946 г.

Копия анкеты (вопросы излагаются неполностью) приведена в табл. 2. Всего анкета содержала 39 вопросов, из которых п.п. 32–39 касались ближайших родственников. В п. 39в) Ландау указал: "Отец был арестован в 1930–1932 г.г."

Режим работы Ландау в Лаборатории № 3 в должности начальника теоретического сектора по совместительству не понравился уполномоченному СМ СССР по Лаборатории № 3 генералу Осетрову Н.А., который направил Л.П. Берия "Справку с предложением об исключении Л.Д. Ландау из штатов Лаборатории № 3" следующего содержания [4]:

«10 марта 1949 г. *Сов. секретно*

Справка

Академик Ландау Л.Д. значится в должности заведующего сектором Лаборатории № 3 с мая м-ца 1946 г.

Допуска к работам Лаборатории № 3 от отдела "К" МГБ СССР Ландау Л.Д. не имеет.

За время нахождения акад. Ландау в штате Лаборатории № 3 лабораторию не посещал, за исключением отдельных случаев, например, с мая 1948 г. по 1 февраля 1949 г. Ландау не был в лаборатории ни одного раза и только в феврале м-це 1949 года приезжал в лабораторию один-два раза на короткое время, а установленную

Таблица 2. Анкета

№№ п/п	Вопросы	Ответы
1.	О себе: фамилия, имя, отчество	Ландау Лев Давидович
2.	Год, месяц, число рождения	22.1.1908 г.
3.	Место рождения...	г. Баку
4.	Национальность, родной язык	Еврей, русский язык
5.	Если состоял в другом гражданстве или подданстве, указать...	нет
6.	Социальное происхождение. Социальное положение.	Отец инженер. Служащий.
7.	Состоите ли членом или кандидатом ВКП(б)...	нет
8.	Состоял ли ранее в ВКП(б) или других компартиях...	нет
9.	Кто из членов ВКП(б) Вас хорошо знает и где он сейчас	Ответ не приведен
10.	Состоите ли в ВЛКСМ...	нет
11.	Состояли ли в ВЛКСМ	нет
12.	Подвергались ли комсомольским или партийным взысканиям...	нет
13.	Были ли колебания в проведении линии партии, участвовал ли в оппозициях, антипартийных группировках, когда, где, в каких...	нет
14.	Состоял ли в других партиях, в каких именно, с какого времени и по какому, где.	нет
15.	Образование. Сколько классов (курсов) учебн. заведения, когда и где окончил: а) общее б) специальное в) партийное г) военное основная специальность ученая степень	без ответа Физический ф-т Ленинградского Университета в 1927 г. Нет Нет Физик Академик АН СССР
16.	Имеете ли научные труды...	много
17.	Какими языками национальностей СССР, кроме родного, и каким иностранным языком и в какой степени...	Английский, немецкий, французский — прилично
18.	Если были под судом или следствием, то когда, где, кем и за что...	Арестован органами НКВД в 1938 г. и освобожден по прекращению дела.
19.	Были ли за границей, когда, где и на какой работе. Сколько времени были за границей, по какой причине уехали и возвратились.	В научной командировке полтора года в 1929–1931 /Германия, Англия, Дания, Швейцария/. На конференции в Копенгагене в 1933 и 1934 г.г.
20.	Имеются ли родственники за границей...	нет
21.	Служили ли в Красной Армии...	нет
22.	Находились ли на территории, занятой белыми...	В Баку ребенком.
23.	Служил ли в белых или иностранных армиях...	нет
24.	Служил ли в старой армии...	нет
25.	Были ли в плену...	нет
26.	Имеете ли награды, какие, за что. От кого (сослаться на документ): а) в Красной Армии б) в гражданских организациях	Нет Ордена "Красное Трудовое знамя" и "Знак почета". Премия им. Сталина.
27.	В каком профсоюзе и с какого времени состоите, номер профбилета	Высшей школы и научных учреждений с 1927 г.
28.	Семейное положение (который раз женат-замужем)	Женат первый раз.
29.	Имеются ли дети...	Сын Игорь Ландау, 1946 г. рождения
30.	<i>Примечание автора: вопрос в анкете пропущен</i>	
31.	Ваша выборная, по совместительству с основной работой, партийно-общественная работа с 1917 г. по день заполнения анкеты (кратко)	Ответ отсутствует

ему заработную плату в размере 6000 рублей в месяц регулярно возят на квартиру.

Академик Алиханов А.И. просит разрешения оставить в должности заведующего сектором Лаборатории № 3 академика Ландау Л.Д., так как он якобы дает необходимые консультации отдельным ученым.

В связи с тем, что акад. Ландау Л.Д. допуска от отдела "К" МГБ СССР не имеет и не известно, кому и какие консультации он дает, было бы целесообразным академика Ландау Л.Д. из штатов Лаборатории № 3 исключить, а в случае необходимости получения от него консультаций обязать акад. Алиханова А.И. испрашивать в каждом отдельном случае разрешения Первого главного управления».

Это письмо Осетрова Н.А. вызывает недоуменные вопросы как по форме, так и по существу. Во-первых, указано, что Ландау работает в Лаборатории № 3 с мая 1946 г. В то же время в его анкете имеется ссылка на приказ № 9 от 01.01.1946 г. о зачислении Ландау в штат Лаборатории № 3. Во-вторых, странно читать, что Ландау не имеет допуска к секретной работе. Ссылка на отдел "К" КГБ также непонятна. Известна записка И.В. Курчатова М.Г. Первухину о необходимости привлечения к работам по атомной проблеме Л.Д. Ландау и П.Л. Капицы от 20.3.1943 г., в которой он указывал [5]:

«I. В начале развития взрыва бомбы из урана большая часть вещества, еще не успевшая принять участия в реакции, будет находиться в особом состоянии почти полной ионизации всех атомов. От этого состояния вещества будет зависеть дальнейшее развитие процесса и разрушительная способность бомбы.

На опыте, даже в ничтожных масштабах, ничего аналогичного этому состоянию вещества не наблюдалось и до осуществления бомбы не может быть наблюденно. Только в звездах предполагается существование такого состояния вещества. Представляется возможным в общих чертах теоретически рассмотреть протекание процесса взрыва в этой стадии. Эта трудная задача могла бы быть поручена проф[ессору] Л.Д. Ландау, известному физико-теоретику, специалисту и тонкому знатоку аналогичных вопросов.

II. При выборе основных путей решения задачи по разделению изотопов и конструированию соответствующих машин Лаборатория № 2 нуждается в консультации и помощи крупного ученого, имеющего глубокие познания в физике, опыт экспериментальной работы по разделению газов и обладающего талантом инженера. Ученым, сочетающим в себе все эти качества, является академик П.Л. Капица.

Прошу Вас рассмотреть вопрос о привлечении акад[емика] П.Л. Капицы в качестве консультанта по вопросам разделения изотопов и поручении проф[ессору] Ландау расчета развития взрывного процесса в урановой бомбе.

Проф[ессор] И. Курчатова 20.03.1943 г.»

Видимо, И.В. Курчатова не получил позитивного решения, поэтому 24.11.1944 г. он обратился на этот раз к Л.П. Берия с письмом "об ученых, привлечение которых необходимо для работ по проблеме", выдержка из которого относительно Ландау приведена ниже [6]:

«Профессор Л.Д. Ландау

Профессор, доктор физико-математических наук Л.Д. Ландау, завед[ующий] теоретическим отделом Института физ[ических] проблем АН СССР — является

одним из наиболее глубоких, талантливых и знающих физиков-теоретиков Советского Союза.

Вопрос о привлечении его к работе ставился мной при докладе у т. В.М. Молотова. Его участие в работе над проблемой урана было бы очень полезным при решении глубоких физических задач по основным процессам, протекающим в атоме урана.

Известно также другое, более позднее письмо И.В. Курчатова Л.П. Берия о привлечении Л.Д. Ландау к работам Лаборатории № 2 от 18.12.1945 г. [7]:

«Товарищу Берия Л.П.

Выполнение ряда работ, проводимых лабораторией, особенно тех из них, которые связаны с заводской продукцией, продвигалось бы значительно успешнее, если бы в них принимал участие профессор, доктор физико-мат[ематических] наук Лев Давыдович Ландау, завед[ующий] теор. отделом Института физических проблем Академии наук СССР.

Проф. Л.Д. Ландау — крупнейший физик-теоретик нашей страны.

Обращаюсь к Вам с просьбой разрешить Лаборатории № 2 привлечь проф. Л.Д. Ландау к теоретической разработке указанных выше вопросов и к участию в заседаниях лабораторного семинара.

Нач. Лаб. № 2 АН СССР академик И. Курчатова»

Примечание документа: подчеркнуто Л.П. Берия.

Наконец, окончательное решение об участии Ландау в Атомном проекте было принято на заседании Технического совета Спецкомитета 11.02.1946 г., которое проходило под руководством зам. председателя совета И.В. Курчатова и на котором были приняты следующие решения [8]:

«I. Об образцах промышленной продукции (докладчик т. Харитон Ю.Б.)

1. Принять доклад к сведению.

2. Поручить группе физиков-теоретиков под общим руководством проф. Ландау Л.Д. подготовить все материалы для количественного расчета испытаний образцов промышленной продукции.

Считать необходимым создание расчетной группы, снабженной современной счетной аппаратурой, для выполнения численных расчетов, связанных с обработкой материалов теоретической группы».

Примечание автора: промышленная или заводская продукция — условное наименование атомной бомбы.

Таким образом, из приведенных выше документов видно, что настойчивые усилия И.В. Курчатова позволили привлечь Ландау к теоретическим работам по созданию первой советской атомной бомбы (АБ). А это означает, что Ландау получил соответствующий допуск к работам по АБ, уровень секретности которых был наивысшим. Поэтому утверждение Осетрова Н.А. об отсутствии допуска представляется странным. В то же время следует обратить внимание на запись о допуске (без подписи, фиолетовыми чернилами) в анкете Ландау: "В КБ-11 №... от 1.03.50 г., в остальные отказ". *Примечание автора: конкретный номер допуска здесь не приводится.* Каких-либо дополнительных материалов, объясняющих причины появления указанного выше письма Осетрова Н.А., в архиве Росатома, не было найдено. Поэтому остается только гадать, кто был истинным инициатором всего этого действия.

Видимо, Осетров обсуждал с директором Лаборатории № 3 Алихановым вопрос о Ландау и подготовке

письма Берии. Поэтому днем раньше, 9 марта 1949 г. А.И. Алиханов направил Берии Л.П. письмо о необходимости участия Л.Д. Ландау в теоретических и расчетных работах Лаборатории № 3 по промышленному тяжеловодному реактору № 7. Приводим письмо А.И. Алиханова полностью [9]:

«Глубокоуважаемый Лаврентий Павлович!

Уполномоченный Совета Министров тов. Осетров Н.А. в настоящее время настаивает на отстранении акад. Л.Д. Ландау от работы в Лаборатории № 3. Это ставит меня настолько в затруднительное положение, что я вынужден обратиться к Вам.

Дело в том, что впрямь до выполнения намеченной программы измерений на установке № 7 и их теоретической обработки наши сведения о специфических особенностях реакторов этого типа основываются на отрывочных и часто ненадежных экспериментальных данных и теоретических расчетах. Параметры установки № 7 по необходимости существенно отличаются от параметров проектируемого промышленного агрегата. Вследствие этого измерения на опытной установке не могут быть непосредственно использованы при уточнении параметров промышленной системы, а потребуют кропотливой теоретической обработки. Эта ответственная задача выполняется и должна выполняться теоретическим и расчетным отделами лаборатории в сжатые сроки. При этом особенно важно не переоценить точность теории и производимых на ее основе вычислений, чтобы избежать неожиданностей при пуске системы.

Акад. Л.Д. Ландау в течение двух лет принимал участие во всех теоретических работах, посвященных реактору интересующего нас типа. Им была установлена возможность обобщения теории замедления нейтронов на применяемый нами замедлитель и установлены границы точности этой теории. Далее он наметил основные контуры теории решетки из рабочих блоков, которая была впоследствии развита в применении к проектируемой системе Померанчуком и Галаниным под его руководством. На данной стадии для нас особенно важна его роль при критическом разборе отдельных математических методов, разрабатываемых в теоретическом отделе для расчета агрегата № 7. Исключительное умение акад. Л.Д. Ландау быстро вскрывать слабые стороны любого расчета и анализировать границы его точности и находить более строгие и точные методы расчета дает нам возможность более уверенно подходить к решению практических вопросов при проектировании.

Для выполнения первоочередных задач лаборатории, а именно: проектирование агрегата № 7 и обработка результатов экспериментов на опытной установке, было бы чрезвычайно важно не прерывать в ближайшее время участие акад. Ландау в работах теоретического отдела, хотя бы ограничив круг вопросов, находящихся под его влиянием, общей теорией реакторов и вопросам теоретического анализа результатов, полученных на опытной установке.

Прошу Ваших указаний о возможности такого решения вопроса. При этом заверяю Вас, что если бы не исключительно серьезное значение, которое я придаю участию акад. Ландау в теоретических и расчетных работах в указанных направлениях, я не решился бы писать это письмо».

На письме имеется резолюция Л.П. Берия от 30 марта 1949 г. на отдельном листке, машинописью: «Тт. Первухину М.Г. (созыв), Завенягину А.П., Мешку П.Я. Прошу рассмотреть просьбу акад. Алиханова А.И. о дальнейшей работе акад. Ландау в Лаборатории № 3 и принять решение».

По этому поручению заместители начальника ПГУ М.Г. Первухин и П.Я. Мешик направили Л.П. Берии письмо следующего содержания [10]:

«По Вашему поручению нами рассмотрена просьба акад. Алиханова А.И. о дальнейшей работе акад. Ландау Л.Д. в Лаборатории № 3.

В связи с тем, что в настоящее время нет другой группы теоретиков, которая могла бы без задержки продолжить работы, ведущиеся в Лаборатории № 3, а также имея в виду, что акад. Ландау Л.Д. ознакомлен с работами Лаборатории № 3, считали бы целесообразным удовлетворить просьбу тов. Алиханова А.И.»

Просьбу А.И. Алиханова Л.П. Берия удовлетворил и Ландау продолжал работать до конца 1953 г. в должности заведующего теоретическим сектором (по совместительству) Лаборатории № 3.

Аналогичный случай произошел в 1949 г. Как сообщает Г.А. Гончаров в [11]: «В соответствии с решением об усилении режима секретности над советским Атомным проектом начальник Первого главного управления Б.Л. Ванников и его заместитель П.Я. Мешик подготовили к заседанию Специального комитета 18 апреля 1949 г. [2, с. 360] предложения, в которых был пункт следующего содержания: в связи с тем, что академик Ландау и ряд физиков-теоретиков, работающих под его руководством, в политическом отношении не заслуживают доверия, считаем целесообразным создание при лаборатории № 2 группы физиков-теоретиков из числа проверенных лиц (тт. Соболев, Блохинцев, Сахаров), поручив этой группе выполнение теоретических работ, с тем, чтобы через некоторое время заменить группу Ландау полностью, отстранив ее от работы по проблеме...» Далее Гончаров указывает, что «это предложение не было реализовано». Можно предположить, зная биографию Б.Л. Ванникова, что инициатива могла исходить только от П.Я. Мешика, который являлся ставленником Л.П. Берия, отвечая в ПГУ за кадры и режим секретности. Удивляться этой инициативе П.Я. Мешика (а сомнений в том, что он был инициатором, сам или по указке) не приходится, поскольку органы госбезопасности постоянно следили за Ландау (о чем свидетельствует "Справка КГБ на академика Л.Д. Ландау" [12]).

В приведенной выше анкете Ландау нет важных сведений о его избрании 30 ноября 1946 г. действительным членом АН СССР и наградах. Интересную ремарку относительно этого избрания сделал В.Л. Гинзбург в своей книге [13]. В примечании 7 к статье о Ландау он написал: «О спедеятельности Л.Д. Ландау на ее первом этапе я ничего не знал, да и никогда ею не интересовался. После первого взрыва (он состоялся 29 августа 1949 г.) Л.Д. Ландау оказался в числе награжденных орденом Ленина. Таким образом, у меня сейчас нет никаких сомнений в том, что Ландау был избран 30 ноября 1946 г. академиком в результате действий И.В. Курчатова, согласовавшего этот вопрос в ЦК КПСС». В 1946 г. Ландау было присвоено звание лауреата Сталинской премии за работу "Создание теории колебаний электронной плазмы". Согласно Указу Президиума Верховного

Совета СССР "О награждении орденами СССР научных, инженерно-технических работников, наиболее отличившихся при выполнении специального задания правительства" от 29.10.1949 г., Ландау был награжден орденом Ленина [14]. "Специальное задание правительства" относилось к созданию первой советской АБ и ее успешному испытанию на Семипалатинском полигоне. В соответствии с постановлением СМ СССР от 29.10.1949 г. Ландау было присвоено звание лауреата Сталинской премии 2-й степени, он был премирован в сумме 100 тыс. руб. "за разработку теории расчета КПД атомной бомбы" [15]. В соответствии с разделом XXIV постановления СМ СССР от 16.05.1950 г. по представлению научного руководителя работ академика Ландау Л.Д. были премированы 11 сотрудников его группы, участвующих в расчетных работах по первой АБ, в том числе А.С. Компанеев (15 тыс. руб.), Е.М. Лифшиц (15 тыс. руб.), Н.С. Мейман (25 тыс. руб.), И.М. Халатников (20 тыс. руб.) и др. [16].

31 декабря 1953 г. Ландау был удостоен звания лауреата Сталинской премии. В постановлении СМ СССР было сказано [17]:

«Отмечая, что создание водородной бомбы и новых конструкций атомных бомб является крупным успехом Советской науки и промышленности, Совет Министров Союза ССР постановляет: [...]

6. За расчетно-теоретические работы по изделию РДС-6с и РДС-5 присудить:

Сталинскую премию 1-й степени

1. Ландау Льву Давыдовичу, академику.
2. Семендяеву Константину Адольфовичу, кандидату физико-математических наук.
3. Тихонову Андрею Николаевичу, член-корреспонденту Академии наук СССР, — в размере по 100 тыс. руб. каждому».

Указом Президиума Верховного совета СССР от 4.01.1954 г. Л.Д. Ландау, наряду с И.Е. Таммом, А.Д. Сахаровым, Е.И. Забабахиним, А.Н. Тихоновым, А.П. Александровым и др., было присвоено звание Героя Социалистического Труда "за исключительные заслуги перед государством при выполнении специального задания Правительства" [18]. Поясним, что "изделие РДС-6с" являлось первой отечественной водородной бомбой, а "изделие РДС-5" представляло собой атомную бомбу имплозивного типа оболочечной конструкции с использованием плутония совместно с ураном-235 [19].

Все эти высокие правительственные награды свидетельствовали о весомом вкладе Ландау в решение проблемы создания атомного и водородного оружия.

В заключение следует привести два уникальных правительственных документа, которые перечеркивают все вышеприведенные факты с допуском. 12 декабря 1952 г. два министра, среднего машиностроения В.А. Малышев, и внутренних дел С.Н. Круглов направили в ЦК КПСС Г.М. Маленкову докладную записку "об охране ведущих ученых и специалистов, выполняющих задания Министерства среднего машиностроения", выдержки из которой приводятся ниже [20]:

«Товарищу Маленкову Г.М.

В соответствии с поручением Президиума ЦК КПСС об организации охраны ведущих ученых и специалистов, выполняющих задания Министерства среднего машиностроения, докладываем.

В настоящее время МВД СССР осуществляет охрану академиков Курчатова И.В., Кикоина И.К., Александрова А.П., Арцимовича Л.А., Алиханова А.И. и Харитона Ю.Б.

Считаем необходимым охранять также академиков Сахарова А.Д., Ландау Л.Д., Бочвара А.А. и директора объекта "В" Министерства среднего машиностроения профессора Блохинцева Д.И.»

На основании этой докладной записки СМ СССР 16 декабря 1953 г. Совет Министров СССР принял постановление № 2959-1273сс, в пункте 1 которого было указано [21]:

«Совет Министров СССР постановляет:

Принять следующие предложения тт. Малышева и Круглова:

а) о возложении на Министерство внутренних дел СССР осуществления охраны академиков Сахарова А.Д., Ландау Л.Д., Бочвара А.А. и директора объекта "В" профессора Блохинцева Д.И.»

К этому документу имеется следующее примечание составителей о том, что предложения тт. Малышева и Круглова об охране ведущих ученых и специалистов были рассмотрены и утверждены на заседании Президиума ЦК КПСС (протокол № П44/18 от 16.12.1953 г.). Указанные выше документы свидетельствуют о высокой государственной значимости Ландау в Атомном проекте.

Необходимо сказать, что после ухода Ландау из Лаборатории № 3 заведующим теоретического сектора стал его ученик, выдающийся ученый-теоретик академик И.Я. Померанчук, который, кроме своих достижений в области теоретической ядерной физики, внес основополагающий вклад в прикладную науку — независимо от американских ученых участвовал в создании теории расчета гетерогенных ядерных реакторов (см., например, [22]). После того, как Ландау отошел от работ по водородной бомбе, руководителем исследований в ИФП по атомно-водородному оружию стал его ученик Исаак Маркович Халатников.

3. Особенности организации работ по Атомному проекту

Для лучшего понимания условий, в которых проходила "атомная" деятельность Ландау, приведем краткую информацию об организации работ по советскому Атомному проекту. За последние 10 лет в официальных документах и различных публикациях установилось понятие Атомный проект, основной задачей которого было создание атомной бомбы, а впоследствии водородного оружия. Считается, что Атомный проект относится к периоду существования Специального Комитета во главе с Л.П. Берией и Первого Главного управления (ПГУ) под руководством Б.Л. Ванникова с 1945 г. по 1953 г., когда было образовано Министерство среднего машиностроения (МСМ). Решения Спецкомитета и ПГУ, образованные для руководства работами по ядерному оружию, являлись обязательными для всех наркоматов (министерств) страны. К тому же эти решения в большинстве своем подкреплялись постановлениями Совета Министров СССР. С самого начала деятельности этих двух могущественных организаций страны установилась практика коллегиального обсуждения на заседаниях Спецкомитета, ПГУ и научно-технических

советах принимаемых организационных и научно-технических решений, наряду со строгой персональной ответственностью. Таким же образом была организована работа Научного и Инженерно-технического советов при Спецкомитете, которые впоследствии были объединены в Научно-технический совет ПГУ и в который входили выдающиеся ученые Советского Союза. Впоследствии был организован Научный совет при Президенте АН СССР С.И. Вавилове для координации деятельности академических институтов по атомной проблеме. Научный совет Спецкомитета провел 26 заседаний до марта 1946 г., когда был организован НТС ПГУ, который в свою очередь провел 112 заседаний до 1953 г. На первом этапе председателем Научного совета Спецкомитета и НТС ПГУ был начальник ПГУ Б.Л. Ванников. Поэтому решения научных советов являлись обязательными для всех организаций, участвующих в Атомном проекте. Впоследствии НТС ПГУ руководил длительное время И.В. Курчатов. На эти заседания научных советов приглашали ведущих ученых и инженеров для докладов и сообщений по конкретной тематике, а также в качестве экспертов.

Следует заметить, что деятельность по созданию первой советской атомной бомбы (АБ) носила исключительно закрытый характер с чрезвычайными мерами по обеспечению строгого режима секретности. На заседаниях НТС ПГУ могли присутствовать только те работники, которые занимались данной конкретной работой и имели соответствующий допуск КГБ. Даже отдельные руководители ПГУ не могли участвовать в работе НТС без разрешения Б.Л. Ванникова или А.П. Завенягина и только в том случае, если они занимались данной проблемой. Одной из мер, осуществленных органами режима и направленных по их мнению на предупреждение утечки секретной информации, было использование различных условных терминов и наименований предприятий. Поэтому Ландау обязан был пользоваться этими условными терминами: сооружение № 1 — уран-графитовый реактор, сооружение № 2 — тяжеловодный реактор, реактивный двигатель, промышленная или заводская продукция, изделие — атомная бомба и т.д. Кто их придумал, сейчас трудно сказать. Большинство документов, подготовленных Ландау лично или с его участием, имело наивысший гриф секретности: совершенно секретно/особая папка, присвоенный работам по АБ. Участвовать в работах по АБ и составлять подобные закрытые документы могли те специалисты, которые имели соответствующий допуск (другими словами, разрешение КГБ). Имел такой допуск и Ландау.

4. Научно-технический совет ПГУ и Ландау

Научно-технический Совет (НТС) ПГУ приступил к своей работе в апреле 1946 г. после выхода Постановления СМ СССР [23]. В состав НТС были включены Б.Л. Ванников (председатель), акад. И.В. Курчатов (зам. председателя), М.Г. Первухин (зам. председателя), акад. А.Ф. Иоффе, акад. В.Г. Хлопин, акад. А.И. Алиханов, акад. Н.Н. Семенов, чл.-кор. АН СССР И.К. Кикоин, чл.-кор. АН СССР Д.В. Скобельцын, проф. Ю.Б. Харитон, В.А. Малышев, А.П. Завенягин, проф. А.И. Лейпунский, Б.С. Поздняков (ученый секретарь), т.е. из 14 членов совета 10 человек являлись учеными. В 1946 г. на заседаниях НТС было обсуждено 209 различных

научно-технических и организационных проблем. Рассматривались следующие вопросы: разработка уран-графитовых и тяжеловодных реакторов, работы по диффузионному, электромагнитному и центробежному методам разделения изотопов урана, добыча и производство металлического урана и тория, технологии получения плутония, тяжелой воды, подготовка полигона для испытаний, разработка ускорителей, работы по ядерной физике, проектные задания заводов, планы и отчеты институтов. Проблемы, связанные с разработкой АБ, обсуждались в течение 1946 г. всего лишь один раз (18.12.1946 г.) [8].

Л.Д. Ландау несколько раз участвовал в заседаниях НТС ПГУ; один раз — в качестве докладчика, а в большинстве случаев как эксперт. Приведем в хронологической последовательности информацию об этой стороне деятельности Ландау.

22 июля 1946 г. НТС ПГУ заслушал доклад директора Института химической физики (ИХФ) академика Н.Н. Семенова о мероприятиях по организации полигона и проведении испытаний [24]. В п. 2 решения этого НТС было записано:

«2. Поручить комиссии в составе член-корреспондента АН т. Тамма И.Е., проф. Зельдовича Я.Б., проф. Ландау Л.Д. и проф. Левича В.Г. в декадный срок проверить представленные Институтом химической физики АН СССР теоретические расчеты, а также дать оценку исходным данным, принятым при проведении указанных расчетов по распространению взрыва и явлений, происходящих в разных его стадиях (переход энергии осколков в рентгеновские лучи, образование и охлаждение газового объема с очень высокой температурой и давлением, образование и распространение взрывной волны, распространение нейтронов и др.).

Письменное заключение представить на утверждение Научно-технического совета».

29 августа 1946 г. Ландау участвовал в заседании НТС ПГУ, на котором было заслушано «заключение экспертной комиссии т.т. Ландау Л.Д., Тамм И.Е., Левич В.Г. и Зельдович Я.Б. по теоретической части доклада академика Семенова Н.Н., признавшей правильной созданную вновь теорию волны охлаждения и теорию взрыва в целом» [25]. *Примечание автора: заключение И.Е. Таммом не подписано.*

Впервые Ландау выступил на заседании НТС 10 февраля 1947 г. с большим докладом "Теоретические исследования в области ядерной физики" (см. ниже) [26]. На заседании выступили члены НТС И.В. Курчатов, В.А. Малышев, А.И. Алиханов, А.П. Александров, Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович, М.Г. Первухин. Во время заседаний НТС велись стенографические записи, но, к сожалению, они не сохранились, и мы не узнаем, что говорили выступавшие. НТС по докладу Ландау принял следующее решение:

«По сообщению Ландау Л.Д. в области теоретической ядерной физики в последний период времени проведен ряд расчетных исследований применительно к возникавшим практическим вопросам (содержание доклада прилагается).

На основании обсуждения доклада Ландау Л.Д. о теоретических исследованиях в области ядерной физики Научно-технический совет постановляет:

1. Принять к сведению сообщение т. Ландау Л.Д. о теоретических работах в области ядерных реакций.

2. Поручить тт. Ландау Л.Д., Зельдовичу Я.Б., Померанчуку И.Я., Тамму И.Е. разработать план теоретических исследований в области ядерных реакций на 1947 г. и представить его в 2-х недельный срок.

Поручить тт. Курчатову И.В., Алиханову А.И., Семенову Н.Н. рассмотреть указанные планы теоретических исследований и внести сводный план на утверждение Совета...»

В ПГУ был введен порядок, по которому по результатам обсуждения на НТС руководство ПГУ в большинстве случаев подписывало специальные поручения руководителям, указанным в решении НТС. В этой связи М.Г. Первухин подписал следующее поручение [27]:

«Александрову А.П., Ландау Л.Д.

Поручение НТС (61-1)

В соответствии с решением от 10.2.1947 г. прошу Вас поручить т. Ландау Л.Д. с участием в соответствующей части т. Зельдовича Я.Б., Померанчука И.Я., Тамму И.Е. разработать план теоретических исследований в области ядерных реакций (с указанием основных исполнителей и сроков работ) и представить его в 2-х недельный срок для рассмотрения комиссии т. Курчатова И.В.»

К сожалению, план, указанный в решении НТС, разыскать в архиве Росатома не удалось, а на заседаниях НТС в течение 1947 г. он не обсуждался.

2 июня 1947 г. директор ИФП А.П. Александров и Л.Д. Ландау доложили на заседании НТС "План работ ИФП на 1947 г., в том числе в области расчетно-теоретических исследований по ядерной физике" [28]. При ознакомлении с этим планом видно, что "расчетно-теоретические исследования по ядерной физике" касались работ по АБ.

25 августа 1947 г. НТС ПГУ обсудил доклад А.И. Алиханова об исходных соображениях к техническому заданию промышленного тяжеловодного реактора [29]. В решении этого НТС было указано:

«1. Считать необходимым произвести экспертизу теоретических расчетов Лаборатории № 3, положенных в основу настоящего предварительного задания.

Поручить т. Семенову Н.Н., Курчатову И.В., Лейпунскому А.И., Зельдовичу Я.Б. и Ландау Л.Д. дать заключение по расчетам задания на проектирование промышленного агрегата № 2, представленным Лабораторией № 3 т. Алихановым А.И.

Экспертизу по проверке расчетов произвести в 2-х декадный срок и соответствующее заключение представить на рассмотрение НТС».

В связи с этим решением Б.Л. Ванников подписал следующее поручение [30]:

«Семенову Н.Н., Курчатову И.В., Лейпунскому А.И.
Поручение № 89

В соответствии с решением НТС от 25.8.с.г. прошу Вас совместно с Курчатовым И.В., Лейпунским А.И. и т.т. Зельдовичем Я.Б. и Ландау Л.Д. произвести экспертизу теоретических расчетов Лаборатории № 3».

11 декабря 1947 г. НТС ПГУ заслушал сообщение директора ИХФ академика Н.Н. Семенова "О плане работ Института химической физики" [31]. Н.Н. Семенов доложил Совету, что ИХФ в соответствии с имеющимися решениями ведет:

«а) исследования для КБ-11 по расчетно-теоретическим основам для проектирования изделий;

б) изучение перспективных вопросов, относящихся к действию и особенностям изделий;

[...] ... разработан предварительный расчет сферической сходящейся волны и преждевременного действия изделия».

Примечание автора: указанные Н.Н. Семеновым работы выполнялись в теоретическом секторе ИХФ под руководством Я.Б. Зельдовича до его перевода в КБ-11.

В пояснительной записке к плану работ теоретического отдела ИХФ, подписанной Н.Н. Семеновым и заведующим теоретическим отделом ИХФ чл.-кор. Я.Б. Зельдовичем было указано [31]:

«2. Отдел подробно развил теорию размножения нейтронов, каковая теория нами совместно с группой Ландау была применена к расчету кпд.

Кроме того, эти работы позволили отделу разработать теорию вероятностей преждевременного взрыва. Эти же расчеты имеют большое значение для опытов по определению критических масс и для кинетических экспериментов при малой надкритичности».

По поводу проведенных ИХФ расчетных исследований НТС принял следующее решение:

«4. Поручить проверку (экспертизу) теоретических расчетов Института химической физики по преждевременному действию изделий т. Ландау Л.Д., Соболеву С.Л., Харитону Ю.Б. и Курчатову И.В.»

На основании этого решения НТС Б.Л. Ванников подписал следующее поручение [32]:

«Семенову Н.Н.

Поручение № 100(с)

[...]

б) организовать составление экспертизы (т. Ландау Л.Д., т. Соболев, т. Харитон Ю.Б., Курчатов И.В.) по проверке расчетов преждевременного действия, выполненного в ИХФ».

В своем письме от 30.06.1947 г. И.В. Сталину директор ИХФ академик Н.Н. Семенов формулировал идею противорадиационной защиты за счет использования нейтронов, которые будут образовываться в делящемся веществе АБ вследствие воздействия протонов ускорителя, который находится на поверхности Земли [33]. Н.Н. Семенов приводит такие данные: «...согласно весьма достоверным подсчетам, протоны с энергией 1 миллиард вольт могут в виде направленного пучка распространяться в воздухе на 3 км, а с энергией 2,7 миллиард вольт — на расстояние 10 км. Попадая в тело бомбы, протоны очень большой энергии, несомненно, будут выбивать нейтроны из ядер и при достаточной интенсивности потока ликвидируют возможность взрыва». Это предложение несколько раз обсуждалось на НТС ПГУ. Эта тема представляет отдельный интерес для современных исследователей, здесь мы приведем информацию, касающуюся только участия Ландау в экспертизе.

13 января 1948 г. НТС ПГУ при рассмотрении предложения Н.Н. Семенова о противорадиационной защите поручил ученому секретарю НТС Б.С. Позднякову, академиком А.И. Алиханову и Л.Д. Ландау рассмотреть его и подготовить соответствующее заключение [34].

26 января 1948 г. НТС ПГУ при обсуждении указанного заключения принял следующие решения [35]:

«п. 3. Принять к сведению, что во исполнение поручения НТС от 13.01.1948 г. комиссия (т.т. Б.С. Поздняков, А.И. Алиханов, Л.Д. Ландау) подготовила расширенное заключение по предложению Н.Н. Семенова об использовании ускорителей для защиты от действия изделий.

Поручить М.Г. Первухину, И.В. Курчатову, Малышеву В.А., Завенягину А.П., Харитону Ю.Б., Н.Н. Семенову, Александрову А.С. в 3-х дневный срок подробно рассмотреть представленное расширенное заключение по предложению Семенова Н.Н.»

29 января 1948 г. Ландау был приглашен на заседание НТС для повторного рассмотрения предложения академика Н.Н. Семенова "об использовании ускорителей для защиты от действия изделий" (атомных бомб) [36]. Представляет интерес список приглашенных на это заседание. Кроме членов НТС (Первухин, Курчатов, Алиханов, Завенягин, Поздняков), присутствовали зам. начальника ПГУ А.С. Александров, Л.Д. Ландау (единственный из приглашенных ученых), уполномоченный СМ А.Н. Бабкин, сотрудник НТС ПГУ И.И. Соколов. НТС принял следующие решения:

« [...] Детально ознакомившись с представленным заключением, заслушав замечания т. Семенова Н.Н., пояснения т.т. А.И. Алиханова, Л.Д. Ландау и Б.С. Позднякова и соображения т.т. И.В. Курчатова, Завенягина А.П., Александрова А.С., Первухина М.Г. Научно-технический совет постановляет:

1. В основном одобрить рассмотренное заключение по предложению т. Н.Н. Семенова от 30 июня 1947 г. об использовании ускорителей для защиты от действия изделий».

В заключении Б.С. Позднякова, А.И. Алиханова и Л.Д. Ландау "По предложению академика Семенова Н.Н. (об использовании ускорителей для защиты от действия изделий)" было указано [37]:

«1. По поручению Научно-Технического Совета от 13-го января 1948 г., Комиссия — т. Поздняков Б.С., т. Алиханов А.И. и т. Ландау Л.Д. ознакомились с имеющимися материалами по предложению академика Семенова Н.Н. об использовании ускорителей для защиты от *изделий* и составила для Научно-Технического Совета настоящее, расширенное заключение по указанному вопросу.

2. В качестве исходных данных, характеризующих предложение т. Семенова Н.Н., были использованы /просмотрены т. Ландау Л.Д./ материалы, указанные т. Семеновым Н.Н. /список прилагается/.

Эти документы являются выполненными в Институте приближенными теоретическими расчетами по определению необходимой мощности ускорителя, по эффекту взаимодействия с веществом, по изменению эффекта взрыва и выяснению некоторых других вопросов».

Полностью это заключение здесь не приводится из-за его большого объема (29 с.), а с его основными идеями можно познакомиться в заключении НТС [38].

5 апреля 1948 г. Ландау участвовал в заседании НТС ПГУ, на котором рассматривался проект промышленного реактора с тяжелой водой, предложенный Лабораторией № 3 АН СССР, и на котором обсуждалось экспертное заключение комиссии в составе Н.Н. Семенова, И.В. Курчатова, Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдовича по проекту этого реактора [39].

В начале января 1951 г. И.В. Курчатов обратился к начальнику ПГУ Б.Л. Ванникову с просьбой разрешить привлечение для работ по термоядерному реактору группы специалистов, среди которых был назван Л.Д. Ландау [40]. Ответ Б.Л. Ванникова был получен 20.01.1951 г., в котором давалось разрешение на участие в

этих работах: Л.А. Арцимовича, Л.Д. Ландау, Д.И. Блохинцева, И.Я. Померанчука, Б.И. Давыдова, А.М. Андрианова, В.А. Явлинского, С.М. Осовца, В.И. Векслера, С.Ю. Лукьянова [41].

23 июля 1951 г. состоялось представительное совещание под председательством И.В. Курчатова по рассмотрению итогов и основных направлений научно-исследовательских работ на установке "М" (фазотроне) филиала ЛИП АН СССР (впоследствии филиал был преобразован в Гидротехническую лабораторию, затем в Объединенный институт ядерных исследований — ОИЯИ) [42]. В совещании приняли участие Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович, И.Е. Тамм, Л.Д. Ландау, А.Д. Сахаров, Д.В. Скобельцын, Л.А. Арцимович, Д.И. Блохинцев, М.Г. Мещеряков и др. Из протокола совещания: «Выступившие на совещании с замечаниями и предложениями И.Е. Тамм, Д.В. Скобельцын, Л.Д. Ландау, Л.А. Арцимович, А.Д. Сахаров положительно оценили работу, выполненную на установке за 1,5 года, и поддержали основные направления научно-исследовательских работ, включенные в план 2-го полугодия 1951 г.»

5 мая 1952 г. состоялось заседание НТС ПГУ, на котором обсуждался отчет директора филиала ЛИП АН СССР М.Г. Мещерякова о результатах работ и плане дальнейших работ на установке М (фазотроне) [43]. С заключениями по отчету выступили Д.И. Блохинцев, М.А. Марков, Л.Д. Ландау, И.Я. Померанчук, Н.А. Добротин, В.И. Векслер.

Представляет интерес заключение Ландау, с которым он выступил на НТС и которое приводится здесь полностью [43, (к исх. 1026ссоп 24.11.51 г.)]:

«Заключение по отчету о научно-исследовательских работах, выполненных на установке "М".

Отчет излагает результаты работ, произведенных за срок примерно в полтора года. Прежде всего, необходимо отметить большой объем произведенной научно-исследовательской работы. Работы велись одновременно в ряде различных направлений, и в каждом из них получено значительное количество новых, представляющих значительный научный интерес результатов.

1. Исследования с искусственными мезонами

Особый интерес в этой области представляют следующие полученные результаты.

Отсутствие заметного количества новых частиц, более тяжелых, чем π -мезона до масс порядка 600. Этот результат особенно интересен в связи с тем, что установка "М" производит наиболее энергичные искусственно ускоренные частицы.

Произведена оценка сечения рождения нейтральных мезонов протонами с энергией 490 Мев, которое оказалось в несколько десятков раз больше, чем наблюдаемое ранее для энергии 340 Мев. Представляло бы большой интерес дальнейшее развитие этих экспериментов как в направлении их уточнения, так и в отношении перехода от углеродной к водородной мишени.

Исследование ядерного взаимодействия быстрых отрицательных π -мезонов. Здесь авторы продлили изучение процессов взаимодействия в неисследованном ранее интервале энергий и показали, что эффективное сечение ядерного взаимодействия не зависит от энергии π -мезона, при этом авторы указывают на то, что энергия π -мезона уносится в основном нейтральными частицами. Это обстоятельство не было отмечено до сих пор в литературе.

2. Исследования с нейтронами больших энергий.

Прежде всего, необходимо отметить исследования по рассеянию протонами нейтронов с энергией 380 Мев /максимальная ранее достигнутая энергия составляла 260 Мев/. Эти исследования показали независимость рассеяния от энергии в интервале 260–880 Мев /в отличие от интервала 90–260 Мэв/ и изотропность рассеяния в значительном интервале углов. Представляло для нас очень большой интерес развитие этого направления работ в смысле исследования рассеяния протонов 490 Мэв на протонах, а также нейтронов на дейтеронах /что дало бы возможность исследовать рассеяние нейтронов на нейтронах/ и протонов 490 Мэв на дейтронах /что позволило бы измерить рассеяние нейтронов на протонах при еще больших энергиях/. Кроме того, исследование рассеяния протонов и нейтронов на дейтронах дало бы возможность получить дополнительные сведения о ядерных силах.

Авторами произведены систематические измерения ядерных сечений для нейтронов с энергией 380 Мэв. Таким образом, известные ранее результаты продлены на существенно новый интервал энергии. При этом оказалось, что эффективные сечения перестают зависеть от энергий.

Произведены подробные исследования взаимодействия быстрых нейтронов с тяжелыми ядрами. Авторам удалось разделить "испарившиеся" нейтроны от вторичных нейтронов больших энергий. Изучена связь количества образующихся нейтронов с массой ядра и энергией первичных нейтронов. Вообще, надо отметить, что авторам удалось создать довольно ясную картину явлений, происходящих при столкновениях нейтронов с ядрами, в противоположность несколько сумбурному положению, царящему в литературе.

Произведены систематические измерения деления быстрыми нейтронами как для тяжелых ядер, так и для ядер среднего атомного веса.

3. Исследования ядерных расщеплений, производимых быстрыми частицами.

Произведено большое количество исследований процессов столкновений ядер с быстрыми протонами, дейтеронами и α -частицами. Следует здесь отметить наблюдение авторами интересного явления одновременного вылета двух протонов под малыми углами друг к другу.

4. Радиохимические исследования ядерных реакций, протекающих при высоких энергиях.

Здесь надо отметить большой объем и систематичность проведенных исследований.

5. Теоретические работы.

Произведено значительное количество мезонно-теоретических расчетов, зачастую опередивших аналогичные работы в зарубежной литературе. Хотелось бы отметить идею И.Я. Померанчука о возможности получения ряда результатов без конкретных предположений о том или ином мезонном взаимодействии.

А.Б. Мигдал впервые обратил внимание на роль резонанса в различных процессах, в которых участвуют два нуклона. Это дало возможность разъяснить существенные свойства спектра π -мезонов, образующихся при столкновении нуклонов.

И.Я. Померанчук произвел подробный анализ столкновений нуклонов с дейтеронами и показал, что измерения в области малых углов рассеяния могут дать ценные сведения о ядерных силах.

В этом перечислении указываются лишь работы, представляющиеся мне наиболее интересными. Нет никакого сомнения, что эти работы представляют значительный вклад в ядерную физику и Гидротехническая лаборатория АН СССР стала сложившимся научным центром, способным решить крупные научные задачи.

Переходя к вопросу о направлении дальнейших работ, я считаю, что важнейшей задачей является изучение процессов элементарных взаимодействий, т.е. процессов, происходящих с нейтронами и наиболее легкими ядрами — водорода и дейтерия, в частности, процессов столкновения π -мезонов с протонами и дейтеронами.

Далее я хотел бы отметить, что в виду сложности области работы, стоящей перед установкой "М", следовало бы всемерно привлекать к работе на этой установке как наших крупных физиков, в особенности экспериментаторов, так и воспитывать на этой установке талантливую молодежь.

Академик Ландау 24.11.51 г.» *Примечание автора: Мев, Мэв, дейтроны — так в тексте заключения.*

Приведенное здесь заключение Ландау свидетельствует об истинном его интересе к экспериментальным результатам, полученным на ускорителе ГТЛ, и важным следствиям для теории, которые он отметил. Материалы совещания у И.В.Курчатова 23.07. и НТС 5.08.1951 г. сами по себе представляют большой интерес для истории физики и целесообразно подготовить их для публикации.

Таким образом, из сказанного видно, что Ландау привлекался для обсуждения различных сложных проблем в качестве высококвалифицированного эксперта. Следует заметить, что в начальный период Атомного проекта, в течение 1946 г. проблемы, связанные с разработкой АБ, мало обсуждались на НТС ПГУ. Видимо, поэтому в конце 1946 г. И.В. Курчатов обратился к начальнику ПГУ Б.Л. Ванникову со следующим предложением [44]:

«Считая необходимым на данном этапе развития работ обеспечить быстрее развитие эксперимента и теории в области реакций на быстрых нейтронах применительно к процессам в "реактивном двигателе", просим Вашего разрешения на организацию постоянно действующего семинара при Институте химической физики под председательством академика Н.Н. Семенова, где подвергались бы обсуждению работы в указанном направлении, проводимые сотрудниками лабораторий № 2, 3, Института химической физики и Института математики Академии наук в следующем составе...». В состав семинара И.В. Курчатов предлагал включить, кроме специалистов из Лаборатории № 2, ИХФ, ИФП, также сотрудников Лаборатории № 3: «Ландау, Померанчука, Алиханова, Лейпунского А.И.»

Примечание автора: А.И. Лейпунский некоторое время находился в отпуске в отпусках Лаборатории № 3.

На этом письме имелась следующая резолюция Б.Л. Ванникова от 12.12.1946 г.: «Считаю нецелесообразным так широко обсуждать вопросы лаборатории. С этим согласились т. Курчатов, т. Первухин, т. Завенягин». Понимая важность коллегиального обсуждения "бомбовых" вопросов специалистами, И.В. Курчатов, с учетом этой позиции Ванникова, спустя полгода внес предложение об организации специального научного совета в Лаборатории № 2. 19 июня 1947 г. СМ СССР принял решение "об организации при Лаборатории № 2

АН СССР Научно-технического совета для обсуждения научно-технических вопросов, связанных с разработкой конструкции РД и с исследованием работы отдельных узлов этих конструкций" под председательством И.В. Курчатова, получивший название сначала "НТС по вопросам КБ-11", а впоследствии НТС № 2 [45]. *Примечание автора: РД сокращение термина реактивный двигатель — условное наименование атомной бомбы.* В первоначальный состав этого НТС Ландау не был включен, хотя уже в конце 1946 г. он был привлечен к работам по атомной бомбе согласно решению НТС ПГУ [8]. Несмотря на образование "НТС по вопросам КБ-11", И.В. Курчатов настойчиво "пробивал" вопрос об организации научного семинара, что ему в конечном итоге удалось. В п. 8 постановления правительства от 10.06.1948 г. было указано [46]:

«8. Для увязки расчетных и теоретических работ и контроля за выполнением заданий, предусмотренных настоящим Постановлением, организовать при Лаборатории № 2 АН СССР закрытый семинар в составе:

1. Академик Ландау
2. Академик Петровский
3. Академик Соболев
4. Академик Фок
5. Чл.-корр. Зельдович
6. Чл.-корр. Тамм
7. Чл.-корр. Тихонов
8. Чл.-корр. Харитон
9. профессор, доктор Щелкин.

Возложить руководство семинаром на академика Соболева».

Лишь спустя полтора года, 26 февраля 1950 г. согласно постановлению правительства № 827-303 Л.Д. Ландау вместе с И.Е. Таммом, А.Д. Сахаровым, Г.Н. Флеровым и др. был введен в состав "НТС по вопросам КБ-11" [47]. Заседания этого НТС проходили главным образом в КБ-11, куда Ландау не приглашался, поэтому он только формально числился в этом совете.

И.В. Курчатов хорошо понимал ценность Л.Д. Ландау, как выдающегося ученого. Поэтому он пригласил его к себе в институт для чтения лекций. В этой связи Курчатов обратился к В.А. Малышеву с письмом следующего содержания [48]:

«Товарищу Малышеву В.А.

Согласно договоренности, направляю Вам программу курса лекций по основным вопросам теории атомных ядер, которые будут прочитаны академиком ЛАНДАУ Л.Д.

Лекции будут читаться в клубе ЛИП АН СССР раз в две недели по вторникам, с декабря 1953 г. по март 1954 г.

Лекции предназначаются для научных сотрудников ЛИП АН СССР, работающих в области ядерной физики.

На лекции будут приглашены также физики из других физических институтов, а именно: из Физического Института, Института Физических Проблем, Теплотехнической Лаборатории, Гидротехнической Лаборатории, Института Химической Физики, НИФИ-2.

Первая лекция состоится во вторник 15 декабря 1953 года в 10 час. утра.

ПРИЛОЖЕНИЕ: По тексту (несекретно) на I листе.

А к а д е м и к И. Курчатов 2 декабря 1953 года

Программа лекции о теории атомных сил

I. Ядерные силы.

1. Основы общей теории рассеяния.

2. Классификация ядерных сил.
3. Квадрупольный момент дейтрона.
4. Взаимодействия при малых энергиях.
5. Изотопическая инвариантность.
6. Рассеяние при больших энергиях.
7. Насыщение ядерных сил.

II. Структура атомных ядер.

1. Самосогласованное поле.
2. Схема связи частиц.
3. Вычисление магнитных моментов.
4. Изотопический спин ядер.
5. Квадрупольные моменты ядер.
6. Периодическая система легких ядер.
7. Магические числа.
8. Несферические ядра и их особенности.
9. Возбужденные состояния ядер.
10. Подобные состояния изобаров.
11. Ядра с весом 5.
12. Ротационные уровни ядер.

III. Ядерные реакции.

1. Промежуточные ядра.
2. Статистическая теория ядер.
3. Дифракционная теория рассеяния
4. Реакция с участием дейтронов.
5. Ядерный фотоэффект.
6. Корреляции протонов и нейтронов.

IV. ПИ-мезоны.

1. Общая теория элементарных частиц.
 2. Основные характеристики пи-мезонов.
 3. Изотопический спин пи-мезонов.
 4. Распад π -ноль мезона.
 5. Мезонные взаимодействия и возникающие трудности.
 6. Особенности рождения пи-мезонов.
 7. Рассеяние пи-мезонов нуклонами.
 8. Магнитные моменты нуклонов.
 9. Многократное рождение пи-мезонов».
- Подписано И.В. Курчатова, мб.5380.

5. Первые прикладные работы

Приведем информацию о первой научной работе Ландау, имеющей непосредственное отношение к технологии производства тяжелой воды. Известно, что на начальной стадии работ в Лаборатории № 2 наряду с уран-графитовыми реакторами разрабатывались тяжеловодные реакторы. Однако для осуществления последних требовалось значительное количество тяжелой воды, производство которой в СССР не было налажено. Поэтому в плане Лаборатории № 2 на 2-е полугодие 1943 г. была предусмотрена разработка под руководством профессора М.О. Корнфельда технологии и установок для получения тяжелой воды с содержанием дейтерия до 90–98 %, с проведением соответствующих теоретических работ. Одна из таких работ сотрудников Лаборатории № 2 М.О. Корнфельда и Д.М. Самойлович была посвящена разделению изотопов методом ректификации. Причем этим методом можно было в принципе разделять и изотопы тяжелых элементов (была надежда разделить изотопы урана). Они выпустили отчет "Разделение изотопов ректификацией", в котором, в первую очередь, был рассчитан коэффициент разделения ректификационных колонн, зависящий от величины упругости пара разделяемых изотопов [49]. Авторы указали в

отчете: "Как показывают теоретические исследования Герцфельда и Теллера, упругости паров изотопов несколько отличны. Ландау по нашей просьбе расширил результаты указанных авторов и получил простую и изящную формулу, связывающую $\Delta P/P$ с массой изотопов и свойствами жидкости". К отчету приложена работа Л.Д. Ландау "Давление паров изотопов" [50].

Авторы отчета [49] отмечают: "Как показывает формула Ландау, коэффициент разделения чрезвычайно резко уменьшается при увеличении атомного веса". И.В. Курчатов так характеризует этот вывод относительно разделения изотопов урана: "Применение метода ректификационных колонн осложняется в данный момент тем обстоятельством, что не известно ни одного соединения урана, которое при комнатной или более низких температурах находилось в жидком состоянии" [51]. Тем не менее можно считать, что Ландау прямым образом способствовал реализации метода ректификации жидкого водорода для получения тяжелой воды (см., например, письмо ПГУ Л.П. Берия от 18.06.1946 г. и постановление СМ СССР № 2225-913сс "О строительстве опытной установки № 474 на Горловском азотно-туковом заводе Министерства химической промышленности" с использованием установок по ректификации жидкого водорода) [52].

Следует отметить, что Ландау, несмотря на свою исключительную занятость и увлеченность теоретическими проблемами физики, в середине 1946 г. подготовил научно-популярную статью "Атомная энергия", о которой сейчас мало кто помнит, а молодое поколение ее не знает [53]. В публикациях о Ландау, а также перечне его трудов, просмотренных автором, эта статья не упоминается. Поэтому она приводится в Приложении 2 как свидетельство его характерной черты просветителя и одновременно несомненного интереса Ландау к проблемам использования атомной энергии. Интересна история оформления разрешения на ее открытое опубликование как один из примеров взаимоотношений аппарата ПГУ с учеными тех времен, которые, кстати сказать, не отличаются от современных. Как указано в письме Б.Л. Ванникова секретарю Спецкомитета В.А. Махневу от 17.06.1946 г. [54]:

«Статья Л.Д. Ландау рассматривалась профессором Левичем В.Г.

Профессор Левич В.Г. считает целесообразным из статьи изъять следующие места, сообщение которых выходит за рамки официальной американской информации (книги Смита):

1. Масса бомбы — стр. 146.
2. Замечания о характере сближения частей бомбы — стр. 147.
3. Количество U-235 в американской бомбе — стр. 147.
4. Обсуждение возможностей цепной реакции в легких элементах — стр. 151–152.

Произведенные сокращения не изменят существенно общий характер статьи и могут быть проведены без всякого для нее ущерба».

Примечание составителей к документу [53]:

«Верстка статьи Л.Д. Ландау при выявлении не обнаружена. Однако предпринятый поиск позволил установить, что версия статьи, из которой в соответствии с замечаниями экспертизы был изъят ряд данных, была издана в 1946 г. на правах рукописи Комитетом по радиофикации и радиовещанию при СМ СССР... После

подписания к печати 12 октября 1946 г. тираж статьи (560 экз.) был отпечатан в типографии издательства Главсевморпути (г. Москва)».

6. Принципиально важный вклад Ландау в теорию ядерных реакторов

После организации 1.12.1945 г. Лаборатории № 3 (первый директор академик А.И. Алиханов) разработка тяжеловодных реакторов была передана из Лаборатории № 2 в Лабораторию № 3. Академик А.И. Алиханов как научный руководитель тяжеловодного направления хорошо понимал значение и важность физических расчетов реакторов. Поэтому неслучайно, что Алиханов пригласил Ландау руководить теоретическим сектором лаборатории, главной задачей которой являлась на первом этапе разработка теории и методов расчета тяжеловодных реакторов. К разработке методов расчета гетерогенных ядерных реакторов Ландау приступил в Лаборатории № 3 совместно с И.Я. Померанчуком. О состоянии и достижениях в теории ядерных реакторов Ландау рассказал на заседании НТС ПГУ 10 февраля 1947 г., на котором он выступил с сообщением "Состояние ядерной физики", выдержка из которого в части, относящейся к ядерным реакторам, приводится ниже [26]. Напомним, что Ландау пользовался следующими условными терминами: промышленный ресурс — атомная энергия, сооружение № 1 — уран-графитовый реактор, сооружение № 2 — тяжеловодный реактор, А-9 — природный уран, А-93 — уран-233, А-95 — уран-235, А-98 — уран-238, Б-9 — торий, "цемент" — графитовая кладка, Z-продукт — плутоний.

«Состояние ядерной физики

Объем расчетных работ, проведение которых требуется для успешного разрешения проблемы использования промышленных ресурсов, чрезвычайно велик.

Эти работы проводятся при наличии специфических трудностей, важнейшими из которых являются:

1. отсутствие ряда экспериментальных констант и
2. необходимость проводить расчеты дальше, чем это делается в теоретической физике, где в большинстве случаев достаточно установления общей закономерности. Отсутствие значительного числа необходимых экспериментальных данных и невозможность их получения в течение ближайшего времени вынуждает теоретиков заботиться о наиболее полном и всестороннем использовании имеющихся данных.

Все расчетные работы, связанные с использованием промышленных ресурсов, можно разбить на 4 относительно независимых группы:

1. теория сооружений № 1;
2. теория сооружений № 2;
3. теория процессов, происходящих непосредственно при взрыве;
4. разбор явлений, возникающих в результате взрыва.

Кроме того, имеется еще большая группа вопросов, связанных с теорией различных методов разделения.

Эти вопросы не будут, однако, освещены в настоящем докладе, поскольку я ими не занимался.

Остановимся, прежде всего, на вопросах теории сооружений № 1.

В сооружении № 1 происходит комбинация ряда сложных явлений. Быстрые нейтроны, вылетающие из ядер А-95 в процессе деления, могут либо вызывать

процесс деления в других ядрах А-9, либо, чаще всего, терять энергию и замедляться в результате соударений с ядрами замедлителя. В процессе замедления быстрых нейтронов, когда энергия снижается от нескольких миллионов до нескольких электрон-вольт, происходит их резонансное поглощение ядрами изотопа А-9.

Особенно интенсивно резонансное поглощение происходит в области энергий нейтронов около 5 вольт по причинам, которые будут пояснены несколько дальше.

С точки зрения развития цепной реакции в котле резонансное поглощение является весьма вредным и снижение его представляет одну из основных задач, возникающих при практическом осуществлении сооружений № 1.

При замедлении нейтронов до еще более низких энергий — порядка тепловой энергии атомов кристаллической решетки (около 1/40 эв. вольт) — нейтроны поглощаются, что полезно для развития основной реакции в ядрах А-95 и бесполезно в ядрах А-95 "цемента" и всевозможных вредных примесей в материале реактора. Конструктивно реактор состоит из ряда стержней из А-9 и распределенного между ними твердого замедлителя и представляет существенно неомогенную систему.

Однако ряд свойств реального реактора может быть выяснен из рассмотрения упрощенного т.н. гомогенного реактора, в котором основное вещество считается равномерно распределенным по всему объему замедлителя.

Теория резонансного поглощения в гомогенном реакторе была развита, главным образом, И.Я. Померанчуком. Померанчук вывел закон, описывающий влияние отдельных уровней А-98 на резонансный захват нейтронов. Оказалось, что вероятность резонансного поглощения пропорциональна $\Sigma_1/E_i^{5/4}$, где E_i — энергия i -го уровня и суммирование ведется по всем уровням.

Из написанного выражения ясно, что наибольшую роль в резонансном захвате играет первый, самый низкий уровень, для которого E имеет наименьшее значение. Поскольку, однако, отдельные члены суммы уменьшаются с ростом E_i сравнительно медленно, верхние уровни также вносят существенную долю в величину резонансного поглощения.

В конкретном случае А-98 расстояние от первого уровня с энергией 5 эв. вольт до нуля энергии ближе, чем расстояние его до следующего уровня. Благодаря этому роль первого уровня в резонансном поглощении относительно велика. Однако для полного определения резонансного поглощения необходимо знание всех нижних уровней А-98. Измерение влияния отдельных уровней на резонансное поглощение с помощью ядерных экспериментов обычного типа весьма сложно и может быть гораздо проще и надежнее проведено на самом котле.

Процесс поглощения медленных (тепловых) нейтронов с энергией порядка тепловой энергии кристаллической решетки весьма сложен. На поглощение тепловых нейтронов влияет химическая связь между атомами в кристалле, движение атомов в кристаллической решетке и т.п. сложные факторы.

По сообщению американского теоретика Вигнера, опубликованному в открытой печати — Journ. Appl. Physics, Nov. 46, в Металлургической лаборатории (Чикаго) делались попытки теоретического анализа поглощения тепловых нейтронов, не давшие, однако, положительных результатов.

Ввиду сложности и запутанности явлений, мы считаем необходимым определить величины, характеризующие поглощение тепловых нейтронов из опытов, также проведенных непосредственно на реакторах.

Основной задачей теории котла является расчет реального реактора, проведенный на основе экспериментально определенных на самом реакторе характеристик блоков и замедлителя. Одной из важных задач теории реактора является задача об оптимальном расположении стержней.

Мною был предложен метод расчета реактора, в котором свойства стержней характеризуются двумя параметрами, значения которых для данного стержня должны быть взяты из опыта. Один из этих параметров характеризует свойства стержня по отношению к поглощению резонансных нейтронов, другой — по отношению к поглощению тепловых нейтронов.

Удалось найти зависимость коэффициента размножения системы от этих параметров и, тем самым, решить задачу об оптимальном расположении стержней.

Для определения распределения нейтронов в сооружении № 1 и изоляции, а также его критического размера, необходимо решить сложное интегральное уравнение. А.Б. Мигдалом был, однако, предложен значительно более простой способ расчета, в котором гетерогенный характер реактора используется для упрощения уравнений. Это позволило полностью рассчитать поток нейтронов в сооружении с изоляцией, а также критический размер и все остальные параметры сооружения. Зная поле нейтронов внутри сооружения, можно легко рассчитать поглощение их в регулирующих стержнях. При этом можно считать, что кадмий поглощает все попадающие в него тепловые нейтроны.

При расчете поглощения нейтронов в регулирующих стержнях возникает трудность, связанная с невозможностью применения уравнения диффузии, поскольку размеры стержня сравнимы с пробегом нейтронов.

Эта проблема была решена Ландау и Померанчуком, которые показали, что ошибка, возникающая при использовании уравнения диффузии, невелика и зависит от $\log d/L$, где L — пробег, а d — размер стержня.

Резюмируя положение в целом, можно сказать, что в настоящее время разработаны методы для эффективного решения всех задач, относящихся к теории сооружения № 1.

Теория сооружений № 2 обладает существенным отличием от теории сооружения № 1. Это отличие связано с тем, что потеря энергии при столкновении нейтронов с ядрами D не может считаться малой, как это делается в случае с C. (*Примечание автора статьи: C — графит.*)

Ландау и Померанчук предложили, однако, прием, позволяющий свести задачу о замедлении нейтронов в дейтерии к диффузионному уравнению.

Это позволило перенести с небольшими коррективками теорию сооружения № 1 на случай сооружения № 2. [...]

Переходя к перспективным вопросам, следует подчеркнуть следующие основные задачи:

1. Проблему регенерации;
2. Проблему теплового взрыва;
3. Исследования в области ядерной физики, связанные с излучением новых частиц и поисками новых основных реакций.

В обычных реакторах рабочее вещество используется крайне неэффективно. Происходит это вследствие того, что количество Z-продукта, возникающего в результате реакции, оказывается меньше, чем затрата исходного полезного вещества А-95.

Принципиально возможно, однако, не только полное использование А-95, но и даже использование всего продукта А-9.

Поэтому проблема регенерации, т.е. полного использования всего вещества А-9 является одной из основных проблем, стоящими перед исследователями.

В связи с этим, большой интерес представляют реакторы, предназначенные для переработки Б-9 в А-93, поскольку, возможно, проблема регенерации для таких реакторов может быть легче разрешена». (*Примечание автора: продолжение доклада по АБ см. раздел 7.*)

В архивах Росатома и ГНЦ РФ ИТЭФ не найдено каких-либо других отчетов или документов о работах Ландау по теории ядерных реакторов¹. Поэтому возможно, что это сообщение на НТС ПГУ является единственным свидетельством вклада Ландау в разработку теоретических основ расчета гетерогенных ядерных реакторов. Видно, что Ландау совместно с Померанчуком нашли решение по основным, наиболее важным и принципиальным вопросам теории расчета гетерогенных реакторов. Этот вывод следует также из "Экспертного заключения по расчетам Лаборатории № 3 АН СССР на проектирование промышленного агрегата", подготовленного комиссией в составе Н.Н. Семенова, И.В. Курчатова, Л.Д. Ландау и Я.Б. Зельдовича, назначенной НТС, и доложенного на заседании НТС 5 апреля 1948 г. [39]. Сопоставляя сообщение Ландау от 10.02.47 г. и это экспертное заключение, видно влияние Ландау на содержание последнего, так как по сравнению с другими членами комиссии он был больше всего осведомлен о физических проблемах тяжеловодных реакторов. В этой связи приведем заключение четырех академиков полностью:

«Экспертное заключение по расчетам Лаборатории № 3 АН СССР на проектирование промышленного агрегата.

Разработанные в лаборатории № 3 проекты физических и технических реакторов с тяжелой водой основываются на теории реакторов, развитой теоретическим отделом Лаборатории № 3 (Померанчук, Галанин, Берестецкий). Теплотехнические вопросы разработаны Петровым. При создании теории авторы находились в трудном положении, так как до сих пор мы не располагаем тем полным набором сведений о применяемых веществах, которые (сведения) необходимы для последовательного развития строгой теории. В частности, мы до сих пор не располагаем точными сведениями о расположении и свойствах всех резонансных уровней поглощения урана 238, о пороге деления урана 238 и спектре пер-

вичных нейтронов деления, о неупругом рассеянии нейтронов ураном.

Поэтому в ряде случаев величины, входящие в расчеты, не выражались в функциях ядерных констант, а были найдены из экспериментальных данных по реакторам. За отсутствием достаточного количества тяжелой воды лаборатория до сих пор не могла осуществить свои опыты; пользование экспериментальными данными других исследователей затрудняет объективную оценку точности данных. Расчет котлов на чистой тяжелой воде при различных диаметрах урановых стержней и различных расстояниях между ними требует теоретического определения величины φ — вероятности захвата ураном нейтронов со скоростями, отвечающими резонансам или величины $1 - \varphi$ (вероятности тепловым нейтронам не быть захваченными ураном стержней).

При вычислении $1 - \varphi$ авторы пользуются формулой

$$1 - \varphi = B\rho^{3/2}/\sigma$$

— основной формулой теории блоков, которая была дана Гуревичем И.И. и Померанчуком И.Я. 2–3 года назад. В этой формуле ρ есть радиус уранового стержня, σ площадь сечения тяжелой воды, приходящаяся на один стержень и, наконец, B постоянная, которая может быть представлена как произведение двух множителей a и b , один из которых зависит от замедлителя, а второй зависит лишь от свойств урана. Формула справедлива начиная с такого радиуса стержня, при котором в середине резонансной линии имеет место полная "чернота" стержня, т.е. практически все нейтроны резонансной энергии, попадающие на стержень, поглощаются им. Это предположение при выбранных размерах стержней заведомо хорошо выполняется для главного резонансного уровня около 5 вольт, а также, вероятно, выполняется и для всех резонансов, лежащих ниже 200 вольт. Если бы наоборот, стержни слабо поглощали резонансные нейтроны, что может иметь место для высоких резонансов, то вместо $\rho^{3/2}$ стояло бы ρ^2 (величина, пропорциональная полной массе урана) и при пересчете от толстых стержней к тонким система оказывалась бы лучше (в отношении $\nu\varphi\theta$), чем вычисленная.

Более существенно другое обстоятельство. Дело в том, что приведенная формула для φ верна лишь при $\rho \ll l$ (длины свободного пробега рассеяния в D₂O), что не выполняется на практике.

Существует, однако, другой предельный случай (тоже не реальный) $\rho \gg l$; когда вычисления могут быть проведены. Авторы проделали расчет, используя строгую теорию альbedo (Halpern и др., Phys. Rev. 1938).

В этом предельном случае для цилиндрических стержней

$$1 - \varphi = B^*(\rho \log \rho)/\sigma.$$

Сопоставление этих двух решений для малых ρ/l и больших ρ/l показывает, что в промежутке между ними решение для реальных значений ρ/l не может заметно отличаться от вычисленного по первой формуле. Повидимому, нет основания для критики расчета в этой части.

Далее необходимо было определить постоянную B ; для этого была использована одна пара данных, дающих для известной системы 1) значение коэффициента размножения, т.е. произведение $\nu\varphi\theta$ в бесконечной системе и 2) величину, характеризующую пространственное рас-

¹ Как указано в справке А.И. Ахиезера и И.Я. Померанчука, приведенной в [107] на с. 547, Л.Д. Ландау являлся соавтором нескольких отчетов по теории ядерных реакторов:

Л.Д. Ландау, И.Я. Померанчук "Теория замедления нейтронов в неводородных замедлителях" 1946 г. Отчет о работе находится в Лаб. 2 и Лаб. № 3.

Л.Д. Ландау, И.Я. Померанчук, А.Б. Мигдал "Теория решеток" 1946 г. Отчет о работе находится в Лаб. 2 и Лаб. № 3.

Л.Д. Ландау, И.Я. Померанчук, А.Д. Галанин "Большие блоки" 1947 г. Отчет о работе находится в Лаб. 2 и Лаб. № 3.

пределение нейтронов — так называемый лапласиан $\chi^2 = v\phi\theta = 1/(L^2 - \lambda^2)$, где λ — длина замедления, а L — диффузионная длина медленных нейтронов, зависящая от поглощения урана.

Считая известным ..., можно из указанных двух величин найти значение v и θ в отдельности ($L^2 - L_0^2(1 - \theta)$); при этом, однако, остается неизвестным, каким образом экспериментально было получено используемое значение $v\phi\theta$.

При расчетах констант предполагалось, что в исходных опытах уран и тяжелая вода были абсолютно чистыми, тогда как при расчетах котла вводились поправки; с учетом чистоты тяжелой воды и урана, отвечающей нашим техническим условиям.

Авторами была предпринята также другая попытка удостовериться в правильности полученных значений: для этого Курчатов дал авторам одно значение ϕ , измеренное в уран-графитовой решетке. Как было указано, $B = ab$, где a зависит от среды и может быть найдено как для тяжелой воды, так и для графита, тогда как b — константа одного урана. Вычисления из данных, указанных выше и из данных Курчатова, привели к практически полному совпадению (точность 5%), что до известной степени подтверждает правильность полученного авторами значения B . Все же данных слишком мало для полной уверенности в правильности значения B .

Кроме того, нужно отметить, что указанные выше опытные данные как по тяжелой воде, так же по графиту относятся к стержням диаметром 20–30 мм и прямых экспериментальных доказательств правильности расчета для тонких стержней до сих пор нет. Весьма желательно прямое определение ϕ в системе D_2O с тонкими стержнями.

Вторая теоретическая задача сводилась к определению θ , т.е. к вопросу о поглощении нейтронов ураном, погруженным в тяжелую воду.

Как указывают авторы, если бы отношение сечения захвата к сечению рассеяния было мало, т.е. стержни были бы далеки от черных по отношению к тепловым нейтронам, то диффузионное уравнение, которое используется при расчете, было бы совершенно точным. Но это не так, поскольку сечение захвата того же порядка, что и сечение рассеяния, так что вблизи поверхности стержня возникает градиент концентрации нейтронов, а при таком градиенте применение диффузионного уравнения взамен интегрального дает ошибку.

Братья Файнберг в лаборатории № 2 оценили эту ошибку для плоского и сферического случая в простейших предположениях о монохроматических нейтронах. Расхождение не превышает 10% в $1 - \theta$, т.е. не больше 1% в величине θ .

В действительности, однако, уточнение расчета связано не только с большими математическими трудностями, но и с нерешенными физическими вопросами, так как вблизи стержня нейтроны распределены по энергии, притом не по максвелловскому закону, и в точную теорию войдет обмен энергии тепловых нейтронов с тяжелой водой. Поэтому более точный расчет, чем это сделали авторы, вряд ли возможен.

В дальнейшем желательно выяснить знак погрешности, возникающей при пользовании диффузионным уравнением, что, вероятно, можно сделать без больших затруднений.

Авторы не учитывают при вычислении коэффициента размножения деления урана-238 быстрыми первичными нейтронами. Хотя эффект этот, по-видимому, и не велик, но он заслуживает внимания, потому что при таком процессе не расходуется уран-235.

Подробно рассмотрена авторами роль оболочки котла. В этой части работы решетка уран — тяжелая вода рассматривается как однородная и описывается диффузионным уравнением с усредненными по общему объему константами. Вносимая при этом погрешность, по-видимому, весьма мала. Дальнейший расчет, строго говоря, требует рассмотрения нейтронов всех промежуточных энергий. Авторы, однако, пользуются упрощенным двухгрупповым методом, т.е. системой двух дифференциальных уравнений, описывающих замедление быстрых нейтронов до тепловых и диффузию тепловых нейтронов. В действительности, каждый быстрый нейтрон с вероятностью, равной единице, превращается в тепловой после определенного — довольно большого — числа столкновений с замедлителем. Упрощенное двухгрупповое рассмотрение соответствует предположению, будто быстрый нейтрон может превратиться в тепловой при каждом (одном) столкновении, однако соответственно с малой вероятностью. По-видимому, такое упрощение не вносит большой ошибки в том случае, когда длина диффузии нейтронов в оболочке достаточно велика в сравнении с длиной замедления, что имеет место в практическом случае. Все же желательно уточнение и определение погрешности метода.

Расчет для котлов с тяжелой водой и трубками, охлаждаемыми простой водой, также решается рассмотрением уравнения диффузии в четырех средах — U, Al, H_2O , D_2O .

При этом учитывается влияние Al и H_2O , связанное с поглощением тепловых нейтронов. Не учитывается дополнительное замедление резонансных нейтронов легкой водой, действующей сильнее, чем D_2O . Учет этого обстоятельства несколько улучшил бы показатели котлов рассматриваемого типа по сравнению с расчетом.

В части теплотехнических расчетов лаборатория поставила перед собой задачу спроектировать реактор так, чтобы температура металла в середине стержней не превышала $450^\circ C$, а температура на поверхности не превышала $90^\circ C$.

В случае, когда лимитирует внутренняя теплопроводность стержней (при толстых стержнях) производительность зависит от первого условия — от температуры металла в середине. В связи с этим желательно выяснить экспериментально (например, электропрогревом стержней) поведение металла при достижении в середине температуры выше $600^\circ C$. В случае тонких стержней лимитирует теплоотдача с поверхности и желательно повышение допустимой температуры поверхности.

В проекте температура поверхности выбрана так, чтобы теплоотдача происходила без кипения. При исследовании теплопередачи (о которой будет сказано ниже) нужно выяснить средний объем паровой фазы при режиме кипения на поверхности для того, чтобы судить о возможности (с точки зрения регулирования цепной ядерной реакции) усиления теплопередачи при кипении.

Однако и при данном задании теплотехнические расчеты явно недостаточны, недостоверны — отчасти потому, что недостает исходных данных.

В случае продольного обтекания данные различных исследователей расходятся в 1,5 раза. В случае поперечного обтекания данных по теплоотдаче жидкости нет; строгий теоретический расчет невозможен; применяемый пересчет с данных по газу ненадежен. Совершенно необходимы прямые опыты в условиях, близких к условиям в реакторе. Неясно, какова максимальная возможная скорость воды. Пределы, до которых можно повышать скорость и напор воды в варианте поперечного обтекания, зависят от прочности кожуха и перегородок; для их выяснения необходимо эскизное проектирование с расчетом наиболее выгодных конструкций большой прочности с малым количеством алюминия (применение рамных конструкций и т.п.). Неясно, будет ли кавитация лимитировать повышение скорости.

В поперечном варианте, вероятно, удастся форсировать теплообмен сильнее, чем это предполагают авторы, однако для этого потребуется постановка дополнительных опытов. Без дополнительных опытов и эскизного проектирования нельзя также с определенностью сказать, какой вариант (продольное или поперечное обтекание) является более выгодным.

При выборе толщины стержней авторы рассматривают возможную степень использования изотопа 235 ("глубина выработки") и суточную продукцию плутония на тонну тяжелой воды как более дефицитного продукта.

Глубина выработки для тонких стержней меньше, зато суточная продукция для тонких стержней больше.

К тому же увеличение скорости потока и теплоотдачи с поверхности, в случае толстых стержней (толще 20 мм), не увеличит суточную продукцию, а в случае тонких стержней заметно повысит продукцию.

По данным авторов при температуре в середине 460–500 °С, на поверхности 70–90°, скорости воды 6,5 м/сек стержни 20 мм дадут выработку 18% и продукцию 53 грамма/сутки (мощность 70 мегаватт). Стержни 10 мм дадут выработку 9% и продукцию 200 грамм/сутки (мощность ~ 200 мегаватт) с возможностью дальнейшей форсировки продукции. Лаборатория № 3 выбрала диаметр 20 мм. По нашему мнению вопрос о тонких стержнях должен быть тщательно проанализирован.

Отметим, что при выбранном диаметре извлечение плутония с соответствующим перерывом процесса происходит каждые 14 дней. При тонких стержнях придется извлекать еще чаще. Поэтому, с одной стороны, необходимо конструктивно проработать методику выгрузки, связанную с охлаждением стержней, греющихся радиоактивностью осколков. С другой стороны, снова встает вопрос возможности облегчения технических условий на плутоний, позволяющих делать извлечение реже, при условии последующей очистки плутония от изотопа.

Выводы:

1. За отсутствием достаточного количества тяжелой воды лаборатория не имела возможности произвести нужные опыты и вынуждена была ограничиться теоретической разработкой вопроса.

Проделана большая и ценная теоретическая работа, в результате которой получены правильные представления о зависимости ядерных характеристик дейтериевых котлов от параметров решетки (диаметр и шаг стержней).

2. При количественных расчетах пришлось сделать ряд упрощающих предположений, причем вносимая ими ошибка не может быть оценена, хотя, по-видимому, и

невелика. Во всех случаях желательно выяснение знака ошибки от отдельных упрощений.

3. Численное значение константы в законе для φ определено из очень ограниченного известного (чужого) экспериментального материала.

Желательно прямое экспериментальное определение φ в системе U–D₂O на малом числе блоков, например, определением β активности урана в кадмированных блоках при действии внешнего источника нейтронов.

4. Не учтено деление урана-238 первичными (быстрыми) нейтронами. Вопрос этот должен быть решен лабораторией № 2.

5. Расчеты теплопередачи, особенно в условиях поперечного потока, ненадежны и принципиально не могут быть уточнены теоретически. Необходимо спешно поставить соответствующие опыты, а также опыты и расчеты, выясняющие возможность форсирования потока, что может увеличить суточную продукцию плутония на тонких стержнях.

Необходимо исследовать поведение урана при температуре в центре выше принятой, теплоотдачу и плотность воды при кипении на поверхности.

6. Необходимо еще раз подробно рассмотреть вопрос о выборе диаметра стержней в проекте, поскольку тонкие стержни (тоньше 20 мм) при меньшей глубине выработки позволяют, по крайней мере, принципиально повысить суточную продукцию.

7. При форсировании процесса заметно увеличивается роль простоев, связанных с выгрузкой урана и извлечением плутония. Поэтому для котлов с тяжелой водой можно особенно сильно увеличить продукцию, если пойти на большее содержание элемента 240 с последующей электромагнитной очисткой».



К этому заключению имеется следующее "Дополнение к экспертному заключению о проекте котла с тяжелой водой Лаборатории № 3 АН СССР".

Комиссия предлагает дополнительно включить в выводы: 1) Добавить к п. 3 после слов «экспериментального материала» — «Однако проверка значения константы из экспоненциальных опытов А-9 — графитового блока является сильным подтверждением правильности найденного выше значения.

2) В п. 5 последнее предложение начать вместо слова "необходимо" "Желательно для дальнейшей форсировки".

3) Прибавить к выводам еще 2 пункта:

8. Упомянутые в п.п. 1, 2, 3 и 4 расчеты считать достаточными для проектирования, т.к. неточности расчета невелики и, по-видимому, будут перекрыты возможностями регулировки. Необходимые уточнения удастся ввести в проект после опытов с Ф.к.

4) Вопрос о выборе наиболее выгодного размера стержней определяется решением вопроса о выгрузке и конструировании его оформления.

Подпись Н. Семенов».

(Примечание автора: Указанное дополнение было направлено в НТС ПГУ Б.С. Позднякову с исх. № 768 от 29.12.47 г.; находится в протоколе № 115 НТС. Ф.к. — физический котел.)

При ознакомлении с этим заключением достаточно четко видно влияние Ландау на его содержание, в первую очередь, благодаря тем тонкостям физики и теплотехники тяжеловодных реакторов, которые отмечены в тексте. Нельзя исключать и того, что текст готовил кто-либо из сотрудников Лаборатории № 3, например, И.Я. Померанчук, а, кроме того, сам Ландау мог обсуждать его с А.И. Алихановым. Но это только вероятное предположение, прямых доказательств не имеется.

Рассмотрев указанное заключение НТС на своем заседании 5.04.1948 г., принял следующее решение [39]:

«В соответствии с поручением Научно-Технического Совета (протокол № 89) комиссия в составе т. Семенова Н.Н., Курчатова И.В., Ландау Л.Д., Зельдовича Я.Б. произвела экспертизу теоретических расчетов, выполненных в Лаборатории № 3 и положенных в основу проектного задания промышленного агрегата с продуктом 180 (заключение комиссии прилагается).

По заключению комиссии т. Семенова Н.Н. теоретические расчеты Лаборатории № 3 АН СССР на проектирование промышленного агрегата достаточно точны и больших погрешностей не имеют.

Принятые в расчетах допущения не существенны и могут быть перекрыты за счет системы регулирования агрегата.

Комиссия считает необходимым произвести на опытном агрегате дополнительно ряд экспериментальных работ по уточнению теплотехнических расчетов, т.к. экспериментальных данных по этим вопросам недостаточно и расчеты в этой части недостаточно надежны.

Заслушав сообщение т. Семенова Н.Н., Научно-Технический Совет постановил:

1. Принять к сведению заключение комиссии т. Семенова Н.Н. и поручить т. Алиханову А.И., учесть замечания экспертной комиссии в процессе разработки проекта промышленного агрегата.

2. Поручить т. Алиханову А.И. учесть в программе экспериментальных работ на опытном агрегате замечания и выводы экспертной комиссии в части экспериментов, необходимых для проектирования промышленного агрегата, а также в соответствии с планом работ Лаборатории № 3 ускорить проведение экспериментов по определению ϕ [...].»

В начале 1947 г. Ландау приступил к работам по изучению процессов, происходящих при взрыве АБ и определению КПД, и уже не мог уделять время для теории ядерных реакторов.

7. Участие в расчетном обосновании первой советской атомной бомбы

Как следует из архивных документов, работа по созданию первой советской атомной бомбы была строго регламентирована решениями правительства, Спецкомитета и ПГУ. До середины 1946 г. вся работа была сосредоточена в Лаборатории № 2. Для выполнения исследований по АБ в Лаборатории № 2 9 апреля 1946 г. было организовано Конструкторское бюро № 11 [55], которое впоследствии превратилось в самостоятельный

научный центр. Уже через 3 месяца, согласно постановлению от 21.06.1946 г. КБ-11 получило следующее поручение [56]:

«1. Обязать Конструкторское бюро № 11 (т. Харитона, Зернова):

а) создать под научным руководством Лаборатории № 2 АН СССР (акад. Курчатова) "Реактивный двигатель С" (сокращенно "РДС") в двух вариантах — с применением тяжелого топлива (вариант С-1) и с применением легкого топлива (вариант С-2)».

Примечание составителей к документу: тяжелое топливо — плутоний, легкое топливо — уран-235.

КБ-11 было поручено предъявить на государственные испытания по одному образцу отработанных РДС по варианту С-1 к 1 января 1948 г., по варианту С-2 — к 1 июня 1948 г. (впоследствии эти сроки были перенесены). В постановлении СМ [57] было дано поручение Специальному сектору Института химической физики (ИХФ) АН СССР о выполнении «теоретических и расчетных работ по заданию Лаборатории № 2». Как видно из постановления, были даны нереальные сроки создания РДС — надо было за полтора года выполнить исключительно сложную работу.

30 ноября 1946 г. согласно постановлению СМ СССР № 2557-1069сс "О плане работ Института физических проблем Академии Наук СССР и мерах помощи институту" институт получил первое правительственное поручение по АБ [57]. Кстати сказать, этим же постановлением (п. 2) предусматривался перевод «из Ленинградского физико-технического института Академии Наук СССР в Институт физических проблем Академии Наук СССР т. Александра А.П. (со всем персоналом, оборудованием и материалами)».

В пункте 1в) постановления указывалось: «Считать первоочередными следующие работы: [...]

в) теоретические исследования процессов развития ядерной реакции в критической массе (работа проводится с участием Лаборатории № 2 и Института химической физики Академии Наук СССР)».

Утвержденный правительством план научно-исследовательских работ ИФП по закрытой тематике на 1946 г. и 1-е полугодие 1947 г. предусматривал основные этапы работы [57], приведенные в табл. 3.

Следует отметить также, что в утвержденном плане ИФП (по открытой тематике) было предусмотрено изучение свойств вещества при сверхнизких температурах; руководителями являлись два профессора: А.И. Шальников и Л.Д. Ландау.

2 июня 1947 г. на заседании НТС ПГУ были заслушаны сообщения директора ИФП А.П.Александрова и заведующего теоретическим сектором ИФП Л.Д. Ландау о "Плане работ ИФП на 1947 г., в том числе в области расчетно-теоретических исследований по ядерной физике" (эти исследования по ядерной физике относились, как видно из прилагаемого плана, к атомной бомбе) [28].

НТС ПГУ принял следующие решения:

«По сообщению т. Александрова А.П. и т. Ландау Л.Д. (материалы т. Ландау Л.Д. прилагаются) планом расчетно-теоретической группы Института Физических проблем совместно с теоретическими отделами Института Химической Физики и Лаборатории № 2 предусматривается проведение следующих расчетных теоретических работ:

Таблица 3.

Руководители и исполнители	Основные этапы работы	Где ведется работа	Срок исполнения по этапам	Чем заканчивается работа
«Процессы разгорания в реактивном двигателе» 1. Развитие цепной реакции в процессе разгорания				
Рук. Л.Д. Ландау проф. Исполнители: Е.М. Лифшиц, проф., и группа теоретиков Лаборатории № 2 и Института химической физики	1. Уравнения состояния вещества и оболочки при температурах и давлениях, получающихся при развитии цепной реакции	В Институте физических проблем совместно с Лабораторией № 2 и Институтом химической физики	1.07.1947 г.	Ориентировочным расчетом коэффициента полезного действия
	2. Учет лучистой теплопередачи			
	3. Учет влияния процесса расширения			
	4. Учет выгорания вещества при действии			

а) Вычисление величины полного выделения энергии и к.п.д. в зависимости от различных факторов, в особенности от размеров, начальной плотности и толщины изоляции.

В связи с этим разработана методика расчета, установление теоретического уравнения состояния вещества, выяснение теплопроводности вещества в зависимости от температур и плотности, зависимости коэффициента размножения нейтронов, при делении ядер от плотности.

б) Выяснение возможности теплового эффекта легких элементов с разработкой общих методов подхода к проблеме и методов расчета.

На основании обсуждения доклада т. Александрова А.П. по сводному плану работ на 1947 год и сообщения т. Ландау Л.Д. по плану расчетно-теоретических работ в соответствии с поручением Совета от 10.2.1947 г. Научно-Технический Совет постановил:

1. Утвердить по предложению т. Александрова А.П. представленный им сводный план экспериментальных и расчетно-теоретических работ по ИФП, включив в представленный план работ дополнительно разработку методов измерения коэффициентов расширения Z-продукта и разработку соответствующей аппаратуры (план работ ИФП прилагается). [...]

4. Отметить, что доложенный т. Ландау Л.Д. план теоретических исследований в области реакций не охватывает вопросов, поставленных Научно-Техническим Советом (поручение т. Ландау Л.Д., т. Зельдовичу Я.Б., т. Померанчуку И.Я., т. Тамму И.Е.).

5. Подтвердить принятое Научно-Техническим Советом 10.02.47 г. решение о разработке перспективного плана теоретических исследований в области ядерных реакций и поручить Комиссии в составе: т. Курчатов И.В. (председатель), т.т. Алиханов А.И., Семенов Н.Н., т. Харитон Ю.Б., Лейпунский А.И., Кикоин И.К., Ландау Л.Д. и Зельдович Я.Б. в месячный срок разработать и обсудить указанный план и представить свои предложения на рассмотрение Совета».

К протоколу НТС приложен План работ ИФП по АБ на 1947 г., который приводится ниже:

«План работы ИФП АН СССР на 1947 г. (по закрытой тематике).

Проблема: вычисление величины полного выделения энергии и кпд в зависимости от различных факторов, в особенности от размеров, начальной плотности вещества и толщины изоляции.

Руководитель академик Ландау Л.Д., исполнители: Лифшиц Е.М., Халатников И.М., вычислительное бюро Меймана Н.С. в сотрудничестве с теоретическими отде-

лами Института Химической физики и Лаборатории № 3 АН СССР».

Кроме того, здесь можно познакомиться с рукописными тезисами Л.Д. Ландау "О плане отдела теоретической физики Института Физических проблем", с которыми он выступил на заседании НТС (рукопись, мб. Т-1089оп от 2.06.1947 г.), а именно:

«1. Основные явления при работе реактивного двигателя

- а) размножение нейтронов
- б) излучения
- в) расширение.

2. Методика приближенного расчета КПД.

3. Тематический и календарный план работ отдела (план прилагается).

4. Общее состояние спецработ по теоретической физике и согласованность планов работ отдельных институтов.

5. Основные проблемы ядерной физики

- а) основные трудности теории ядра
- б) недостаточность экспериментальных сведений».

Подписано Л. Ландау (рукопись, написано его собственной рукой). Это, пожалуй, единственный документ, написанный Ландау лично и хранящийся в архиве Росатома.

В "Плане специальных научно-исследовательских работ на 1948 год", утвержденном постановлением СМ СССР 6 апреля 1948 г. ИФП было поручено выполнить в течение 1–2 кв. 1948 г. [58]:

«18. Расчеты КПД шара с бесконечной оболочкой». Научные руководители чл.-кор. А.П. Александров и академик Л.Д. Ландау, исполнители И.М. Халатников и Е.М. Лифшиц».

Расчетное изучение процессов, происходящих при взрыве АБ, является очень сложной, и в то же время интересной задачей для любого физика-теоретика. Ландау дал следующую характеристику явлениям при взрыве АБ в своем сообщении на заседании НТС 10.02.1947 г. [26]:

«[...] Процессы, происходящие при взрыве, весьма сложны и запутаны.

В настоящее время проведена большая подготовительная работа и намечены вехи основного расчета коэффициента полезного действия взрыва, т.е. зависимость выхода энергии от степени надкритичности, достигаемой при сближении частей агрегата.

Отсутствие ряда экспериментальных данных — например, угловой зависимости рассеяния нейтронов ядрами А-9 не позволяет провести количественный расчет.

Поэтому и здесь, так же как и в теории сооружений № 1 и № 2, приходится вводить в расчет характерные макроскопические постоянные — эффективное сечение рассеяния нейтронов $\sigma_{\text{эфф}}$ и характерное время τ , определяющее скорость размножения нейтронов в веществе. Хотя расчеты, основанные на введении эффективных величин, не могут быть особенно точны, практический опыт показал, что вносимая этим ошибка достаточно мала.

Поэтому, если $\sigma_{\text{эфф}}$ и τ определены из лабораторных экспериментов достаточно точно, есть все основания полагать, что и теоретические расчеты, основанные на использовании этих величин, будут достаточно надежными.

Теория эффекта взрыва была развита Я. Зельдовичем и его группой. Теория ударной волны основана на предложенном мною методе расчета. В этом методе используется свойство автомодельности сферической ударной волны, имеющее место до тех пор, пока давление в волне значительно превышает атмосферное давление.

Зельдовичем было также показано, что отличительной особенностью атомного взрыва является то, что в этом случае значительная часть этой энергии переходит в излучение. На основе этого представления Зельдовичем была развита теория волны охлаждения. [...]

Вопрос о возможности возникновения теплового взрыва и его распространения был подвергнут предварительному теоретическому анализу Зельдовичем и Харитоновым.

Они обратили внимание на то, что при ядерных реакциях энергия переходит в основном не в тепловую энергию движения ядер и электронов, но в излучение.

Поэтому нагревание вещества за счет ядерной реакции оказывается сравнительно небольшим. Например, из 200 мВ, выделяющихся при делении, на нагревание вещества идет лишь 18 кВ, а остальная энергия превращается в лучистую энергию.

Это обстоятельство весьма затрудняет осуществление теплового взрыва. (*Примечание автора статьи: тепловой взрыв — ядерный взрыв.*)

Существует, однако, обстоятельство, делающее тепловой взрыв принципиально возможным. Именно, оказалось, что переход ядерной энергии в излучение совершается не мгновенно, а требует некоторого промежутка времени. Если скорость реакции будет больше, чем скорость превращения энергии в излучение, то тепловой взрыв может произойти раньше, чем заметная часть энергии успеет высветиться.

В настоящее время известна, по-видимому, одна реакция, когда этот процесс может быть возможным — реакция _____. (*Примечание автора статьи: не указано.*)

Зельдовичем и др. были проведены ориентировочные расчеты этой реакции, однако полной уверенности в ее осуществимости пока нет.

Для получения ее необходимо провести сложные и трудоемкие расчеты.

Одной из основных задач современной физики является изучение новых частиц и частиц с весьма большими энергиями и вызываемых ими реакций.

Помимо огромного принципиального интереса, в результате этих работ могут быть найдены новые пути для получения более эффективных реакций основного типа.

В частности, пока у нас не работают еще мощные ускорители. Следует всемерно расширять работы в об-

ласти космических лучей, где получены ценные результаты — Алихановым и Алиханьяном открыты новые частицы с массой значительно большей электронной, которые, по-видимому, весьма активно взаимодействуют с атомными ядрами.

В заключение доклада я хотел бы остановиться на одном организационном вопросе.

В ходе работ приходится проводить сложные и трудоемкие численные расчеты.

Для выполнения таких работ организовано пока лишь одно расчетное бюро под руководством Семендяева, которое, однако, чрезвычайно перегружено.

Организация второго расчетного бюро недопустимо затянулась, хотя мне удалось полностью укомплектовать личный персонал бюро.

Существование расчетных бюро является необходимой предпосылкой для быстрого проведения работ».

5 июня 1948 г. состоялось заседание Спецкомитета, на котором обсуждались два важных вопроса: «1. О дополнении плана работ КБ-11 (т. Харитон) и 2. О дополнительных заданиях по плану специальных научно-исследовательских работ на 1948 г. (тт. Первухин, Вавилов, Тихонов, Петровский, Берия)» [59]. На заседание Спецкомитета были приглашены академики С.И. Вавилов, С.Л. Соболев, Л.Д. Ландау, А.П. Виноградов, И.Г. Петровский, члены-корреспонденты АН СССР Ю.Б. Харитон, А.П. Александров, А.Н. Тихонов, Я.Б. Зельдович, д-р физ.-мат. наук К.И. Щелкин. Впервые за все время существования Спецкомитета на этом заседании присутствовал Ландау, что было, с одной стороны, удивительным событием в отношении Ландау, с другой — разумным решением.

Несмотря на отсутствие работ в плане ИФП на 1949 г. решением начальника ПГУ Б.Л. Ванникова Ландау было поручено провести экспертизу теоретических расчетов КБ-11. 9 июня 1949 г. в КБ-11 состоялось совещание с участием Б.Л. Ванникова, И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона и др. "по вопросам РДС-2, РДС-3, РДС-4 и РДС-5" [60]. Среди других были приняты следующие решения, касающиеся Ландау:

По РДС-2: «1. Направить на экспертизу теоретический расчет — акад. Ландау, акад. Соболеву и т. Тамму». [...]

По РДС-3: «Теоретический расчет направить на экспертизу акад. Ландау, акад. Соболеву».

О решениях, принятых на совещании в КБ-11, включая поручения об экспертизе теоретических расчетов академиками, Ванников и Курчатова доложили в специальной докладной записке Берия от 15 июня 1949 г. [61].

На основании решений Спецкомитета от 5 июня 10.06.1948 г. были выпущены два постановления СМ СССР № 1989-773сс/оп [62] и № 1990-774сс/оп [46]. В постановлении № 1989-773сс/оп было указано:

«1. обязать КБ-11 (тт. Харитона и Зернова):

а) произвести до 1 января 1949 г. теоретическую и экспериментальную проверку данных о возможности осуществления следующих конструкций "РДС": РДС-3, РДС-4, РДС-5 и до 1 июня 1949 г. РДС-6; [...]

в) разработать до 1 января 1949 г. на основе имеющихся предварительных данных эскизный проект РДС-6;

г) произвести с участием Института физических проблем (академика Ландау) расчеты и сравнение эффективности пяти возможных конструкций РДС в следующие сроки: по РДС-1 и РДС-2 — к 1 ноября 1948 г., по

РДС-3 к 1 января 1949 г., по РДС-5 — к 1 мая 1949 г. и по РДС-5 — к 1 июня 1949 г.

Заключение, выводы и предложения представить в СК по мере выполнения работ».

Указанные выше поручения были уточнены и конкретизированы в постановлении № 1990-774сс/оп, выдержки из которого приводятся ниже [46]:

«2. Обязать Институт физических проблем АН СССР (тт. Александрова и Ландау) произвести вычисление КПД для различных систем РДС по данным, получаемым от лаборатории № 2 (тт. Харитона и Зельдовича) в следующие сроки:

а) для РДС-1 и РДС-2 — к 1 ноября 1948 г.;

б) для РДС-3 — к 1 января 1949 г.;

в) для РДС-5 — к 1 мая 1949 г.;

г) для РДС-5 — к 1 июня 1949 г. [...]

4. Обязать Институт геофизики (тт. Шмидта и Тихонова) обеспечить производство расчетных работ по заданиям Института физических проблем АН СССР (тт. Александрова и Ландау), для чего организовать Бюро математических расчетов в количестве до 30 человек. Возложить руководство Бюро математических расчетов на член-корреспондента АН СССР Тихонова».

Этим же постановлением была установлена премия руководителям теоретических и расчетных работ по 100 тыс. руб. каждому, коллективу сотрудников 200 и 300 тыс. руб. соответственно; а двум будущим академикам А.Д. Сахарову и А.А. Самарскому выделено по одной комнате.

Оценку работ группы Ландау по расчету КПД АБ можно узнать при ознакомлении с решением «совещания по вопросам КБ-11 с участием Б.Л. Ванникова и И.В. Курчатова в период их пребывания на объекте с 23 по 28 декабря 1948 г. [63]». В разделе 9 этого решения было указано:

« IX. Вопросы КПД

Разработана и изложена приближенная методика расчета КПД изделий. Методика позволяет выяснить влияние различных характеристик конструкции на КПД. Абсолютные же значения КПД могут несколько отличаться от расчетных.

Уточнение абсолютных значений КПД будет произведено в ближайшее время, после окончания работ т. Ландау, разрабатывающего уточненные основы расчета КПД.

Решение

Поручить т. Соболеву С.Л. совместно с т. Зельдовичем Я.Б. проверить состояние работ т. Ландау и доложить результаты проверки и намечаемые сроки окончания работ т. Ванникову Б.Л.»

В разделе «X. Вопросы комбинированного варианта» указывалось:

«2. Проведены предварительные расчеты КПД, давшие несколько меньшие значения, чем для РДС-1, но при этом следует иметь в виду, что этот вариант может обеспечить более эффективное использование наличных количеств Z и А-95. Уточнение расчетов будет произведено в I квартале 1949 г.»

Показательным, с точки зрения характеристики проделанной работы группы Ландау по АБ, является письмо Ю.Б. Харитона Б.Л. Ванникову о премировании участников работы по созданию АБ от 3 марта 1949 г., в пункте 4 которого было сказано следующее [64]:

«Постановлением Совета Министров СССР № 1990-774сс от 10 июня 1948 г. предусмотрено выполнение теоретических и расчетных работ по конструкциям РДС и премирование физиков-теоретиков и математиков за своевременное выполнение этих работ. [...]

п. 4. Развита теория расчета КПД и проведены расчеты КПД для РДС-1, РДС-2, РДС-3. В этих расчетах рассматривается: размножение нейтронов, выделение энергии, превращение ее в излучение и диффузия излучения, расширение активного вещества, движение и обжатие оболочки.

Ввиду большой сложности задачи математические расчеты проделаны приближенно. Расчеты обсуждены и одобрены на семинаре акад. Соболева. Намечена работа по математическому уточнению решения (группа Тихонова).

На основе расчетов ориентировочно определены ожидаемые КПД. РДС-1 — (...), РДС-2 около (...), РДС-3 — промежуточное значение между РДС-1 и РДС-2 в зависимости от соотношения между Z и А-95. Выяснена зависимость КПД от конструктивных факторов.

Расчеты КПД проведены группой Ландау в основном вместе с математиками математического бюро Меймана (Институт физических проблем).

Задание на расчеты и конструктивные выводы — группа Зельдовича (КБ-11).

Результаты работы содержатся в отчетах ИФП №№ 12 от 13.09., 13 от 28.10., 13а от 19.11., № 14 от 19.11., 15, 16, 17 от 28.12. и в отчете КБ-11 № 17/в от 20.8.48 г.

Осталось провести расчеты вариантов РДС-4 и 5, в связи с чем будет проведено исследование различных факторов на КПД (группа Ландау); намечено также математическое уточнение решения (группа Тихонова). [...]

В связи с изложенным прошу премировать: группу Зельдовича (лаборатории Франк-Каменецкого и Забабахина — КБ-11, Компанейца — ИХФ) — [...] группу Ландау (включая бюро Меймана) ИФП — 50 % полной суммы, т.е. руководителю 50 тыс. руб. и сотрудникам 100 тыс. руб.» [...]

Директор ИФП А.П. Александров мог не знать об этом письме Ю.Б. Харитона, поскольку 19 марта 1949 г. он обратился к М.Г. Первухину со следующей просьбой о сроках выполнения работ по теории КПД АБ [65]:

«Согласно Постановлению Совета Министров СССР № 1989-773сс/оп от 10.06.1948 г. на Институт физических проблем возложены теоретические работы и вычисления КПД в виде отдельных частных задач, перечисленных в решении правительства. Эти задания выполнялись и сдавались своевременно.

В настоящее время Ю.Б. Харитон предложил институту вместо расчета конкретных случаев дать полное решение проблемы КПД в зависимости от ряда факторов. Это совершенно меняет объем и теоретических, и вычислительных работ и может быть выполнено в новые сроки, которые определяются пропускной способностью вычислительного бюро.

Прошу Вас поставить перед Советом Министров СССР вопрос о том, чтобы в связи с изменением задания определить новый срок его выполнения к 1 июля 1949 г. взамен срока, обозначенного в решении правительства по частным случаям, 1 июня 1949 г.»

Спустя месяц после указанного письма А.П. Александров в отчете о выполнении плана научных работ ИФП за 1948 г. и плане работ на 1949 г. на заседании НТС ПГУ 25 апреля 1949 г. указывал [66]:

«По теоретическим работам выполнялись расчеты коэффициента полезного действия объекта по плану, согласованному с Ю.Б. Харитоновым, и в соответствии с решением Правительства. Все теоретические работы, а также расчеты были выполнены в соответствии с планом.

Все отчеты переданы Ю.Б. Харитонову (отчеты за № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, отчет № 11 с дополнениями, отчеты № 12, 13, 13а, 14, 15, 16, 17 с дополнением).

Руководитель темы Л.Д. Ландау, зав. вычислительным бюро Н.С. Мейман».

В "Кратком докладе о состоянии работ КБ-11 на 15 апреля 1949 г.", подписанном Ю.Б. Харитоновым и К.И. Щелкиным, о работах группы Ландау сказано следующее [67]:

«На 15 апреля выполнены следующие работы:

1. Построена общая теория изделия (руководитель член-корреспондент АН СССР т. Зельдович Я.Б.), включающая в себя следующие разделы:

а) теория сходящейся детонационной волны во взрывчатых веществах;

б) теория сходящихся ударных волн в металлах;

в) теория сжимаемости металлов при давлениях в несколько миллионов атмосфер;

г) теория коэффициента полезного действия РДС-1 (ряд разделов разрабатывался по заданиям КБ-11 академиком Ландау Л.Д.); [...].»

Представленные в этом разделе документы свидетельствуют о том, что Ландау был в курсе всех теоретических проблем, связанных с созданием первой и последующих конструкций атомных бомб и принимал активное участие в их расчетно-теоретическом обосновании.

8. Участие в физических расчетах первой советской водородной бомбы

Особенностями процесса создания первой водородной бомбы в СССР явились, во-первых, высокое политическое значение, во-вторых, исключительная научная и техническая сложность, в-третьих, участие большого числа научных, проектно-конструкторских и производственных коллективов и выдающихся советских ученых и инженеров, в-четвертых, исключительно высокий уровень секретности. В работах по обоснованию конструкции первой ВБ принимали участие такие выдающиеся физики, как И.В. Курчатов, Ю.Б. Харитон, К.И. Щелкин, А.Д. Сахаров, В.Л. Гинзбург, Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдович, И.Е. Тамм, Ю.А. Романов, Г.Н. Флеров, И.М. Франк, математики Н.Н. Боголюбов, Л.М. Канторович, А.Н. Тихонов, К.А. Семендяев, А.А. Самарский, Н.Н. Яненко и многие другие. Создание ВБ было бы невозможно без получения в промышленных масштабах лития-6, дейтерия, трития и их соединений — основных компонент термоядерного оружия, методов выделения трития из облученного лития. Без преувеличения можно сказать, что создание ВБ является вершиной теоретической и экспериментальной физики и техники, освоить которую удалось советским специалистам.

Необходимо отметить, что первое упоминание о ВБ, получившей название РДС-6, относится к 5 июня 1948 г., когда вопрос об организации разработки ВБ рассматри-

вался на заседании Спецкомитета при СМ СССР [59]. Научный руководитель Атомного проекта И.В. Курчатов в это время находился на комбинате № 817 и занимался пуском первого промышленного реактора и по этой причине не мог участвовать в этом заседании. Спецкомитет принял два решения по РДС-6. Было поручено КБ-11: «произвести [...] теоретическую и экспериментальную проверку данных о возможности осуществления конструкций [...] до 1 июня 1949 г. — РДС-6»; «1в) разработать к 1 января 1949 г. на основе имеющихся предварительных данных эскизный проект РДС-6». Эти два решения были полностью включены в постановление № 1989-773сс/оп "О дополнении плана работ КБ-11" от 10.06.1948 г. [62].

Принципиальное обсуждение различных конструктивных схем ВБ произошло на заседании НТС Лаборатории № 2 по КБ-11 21.12.1948 г. под председательством И.В. Курчатова, на котором руководители научных групп Я.Б. Зельдович (ИХФ) и И.Е. Тамм (ФИАН) доложили о результатах изучения использования реакции синтеза легких ядер для создания различных вариантов ВБ [68]. В протоколе заседания НТС было указано:

«Совет считает, что результаты обеих групп представляют значительный интерес. Особенно интересными является предложенная тов. Сахаровым (группа Тамма) система в виде столба из слоев тяжелой воды и А-9, которая согласно предварительным расчетам может детонировать при диаметре столба около 400 мм. Особым преимуществом этой системы является возможность применения в ней тяжелой воды вместо дейтерия, что избавляет от необходимости иметь дело с водородом при низких температурах.

Совет установил, что объем расчетно-теоретических работ для уточнения вопроса о возможности детонации дейтерия (работа группы Зельдовича) весьма велик и поручил т. Соболеву выяснение совместно с т.т. Тихоновым и Петровским возможности применения математических приемов, которые позволили бы ускорить работы. [...]»

Решающий этап по разработке ВБ относится к периоду 4–9.06.1949 г., когда Б.Л. Ванников и И.В. Курчатов провели совещание в КБ-11 (Арзамас-16), с участием ведущих ученых Атомного проекта: Ю.Б. Харитона, М.Г. Мещерякова, зам. начальника ПГУ А.С. Александрова, начальника КБ-11 П.М. Зернова, К.И. Щелкина, Я.Б. Зельдовича по обсуждению направлений дальнейших исследований использования энергетических превращений легких ядер и созданию ВБ РДС-6 [69]. На это совещание был также приглашен А.Д. Сахаров. В констатирующей части решения совещания было прямо указано: «Выяснение вопроса о том, возможно ли невозможно осуществление ядерного взрыва с использованием энергии легких элементов, требует проведения широких теоретических и экспериментальных исследований, а также разработки технологии получения ряда необходимых для этих целей материалов. Объем и характер этих исследований требует концентрации больших научных сил...». Участники совещания наметили следующие направления исследований: ядерные реакции легких ядер в РДС-6; возможности инициирования РДС-6 с помощью атомной бомбы и обычных взрывчатых веществ; использование взрыва атомной бомбы для получения сведений, касающихся создания ВБ; газодинамика процесса. Наряду с теорети-

ческими работами, в плане мероприятий была указана разработка промышленной технологии получения трития, лития-6, дейтерида лития, дейтерида урана, необходимых для создания РДС-6.

К решению совещания был приложен рукописный "План научно-исследовательских работ по РДС-6 на 1949–1950 гг.", подготовленный, судя по почерку, А.Д. Сахаровым и подписанный Б.Л. Ванниковым, И.В. Курчатовым, М.Г. Мещеряковым, Я.Б. Зельдовичем, Ю.Б. Харитоновым, П.М. Зерновым (начальником КБ-11), К.И. Щелкиным, В.И. Алферовым и А.Д. Сахаровым. Указанный план состоял из ряда разделов, включая раздел "А. Теоретические изыскания", в котором было предусмотрено:

«Изучение механизма распространения детонационной волны в слоистой системе.

Изучение проблемы неустойчивости слоистой системы при прохождении высокотемпературной и низкотемпературной ударных волн.

Проблема инициирования детонационной волны в слоистой системе.

Исследование возможности высокотемпературной детонации в дейтерии. [...]

Исполнители:

ЛИП АН СССР (Беленький С.З., Гинзбург В.Л., Зельдович Я.Б., Компанец А.С., Сахаров А.Д., Тамм И.Е.)

Примечание автора: указана принадлежность ученых к ЛИП — см. ниже.

ИФП АН СССР (Ландау Л.Д.)

Математический институт АН СССР (Петровский И.Г., Гельфанд И.М., Семендяев К.А.)

Институт геофизики (Тихонов А.Н.)

КБ-11».

В плане были также предусмотрены экспериментальные исследования (определение ядерных констант взаимодействия тяжелого водорода, трития и гелия: $H^2 + H^2$, $H^2 + H^3$, $H^3 + H^3$ и $H^2 + He^3$ и изучение спектров нейтронов от этих реакций и т.д.) и технологические работы по получению трития, лития-6 и дейтерида лития.

По результатам этого совещания Б.Л. Ванников и И.В. Курчатов направили подробную докладную записку от 15.06.1949 г. на имя Л.П. Берия с проектом постановления СМ СССР по разработке РДС-6, в которой они сообщали [61]:

«Проведенные в настоящее время в ФИАН'e теоретические исследования не дали исчерпывающего ответа на вопрос о возможности использования для практических целей энергии превращения легких ядер (дейтерия, трития). Первые теоретические результаты не дали также исходных данных, необходимых для начала работ по эскизному проекту».

Об этом руководству Атомного проекта надо было сказать, так как требовалось объяснить, почему не выполнено постановление СМ СССР [69] о представлении эскизного проекта РДС-6 к 1 января 1949 г. Кроме того, в записке содержался ряд новых организационных предложений. Во-первых, предлагалось сосредоточить основные исследования по созданию РДС-6 в Лаборатории № 2; во-вторых, назначить научным руководителем всех теоретических и экспериментальных работ академика И.В. Курчатова; в-третьих, перевести группу И.Е. Тамма из ФИАНа и группу Я.Б. Зельдовича из ИХФ в Лабораторию № 2. Помимо этого, было признано целесообразным организовать основное экспери-

ментальное изучение реакций легких ядер в Лаборатории № 2, назначив М.Г. Мещерякова научным руководителем экспериментальных исследований. Однако сейчас известно, что эти намерения не были реализованы.

Поэтому можно с полным основанием считать, что с середины 1949 г., незадолго до испытательного взрыва первой советской плутониевой бомбы, начинается период интенсивной работы по термоядерному оружию. До испытательного взрыва первой ВВ оставалось 4,5 года, которые потребовали напряженной работы больших коллективов.

Советские ученые разрабатывали две конструктивные схемы ВВ в начальный период советского Атомного проекта. Эти варианты ВВ носили экзотические названия, что, во-первых, соответствовало режимным требованиям, а во-вторых, отражало их принципиальное устройство. Первая схема, названная "трубой", разрабатывалась группой Я.Б. Зельдовича в ИХФ АН СССР. Кроме группы Я.Б. Зельдовича, в проведении расчетов по "трубе" принимали участие научные группы в ИФП под руководством Л.Д. Ландау, Лаборатории № 3 И.Я. Померанчука и Лаборатории "В" Д.И. Блохинцева. В этом разделе мы приведем лишь неизвестные до настоящего времени факты и документы, относящиеся к деятельности Ландау по теоретическому обоснованию ВВ.

Первое обстоятельное обсуждение состояния работ по РДС-6с и РДС-6т состоялось в КБ-11 1–8 февраля 1951 г. на заседании Ученого совета по вопросам КБ-11. При обсуждении этого вопроса на заседании присутствовали И.В. Курчатов, Н.И. Павлов, И.Е. Тамм, А.Д. Сахаров, К.И. Щелкин, Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович, Г.Н. Флеров, Ф.И. Алферов, М.Г. Мещеряков (на вопросе РДС-6т не участвовал) [70]. В решении Совета по РДС-6т было указано:

«2. Вопросы РДС-6т.

Заслушав сообщение т. Зельдовича Я.Б. и ознакомившись с представленными материалами (отчеты о работах Ландау и КБ-11), Совет отмечает следующее:

Проведенные в 1950 г. работы выявили значительно большую, чем предполагалось, сложность теоретического рассмотрения процесса в трубе. Выявились новые физические факторы — передача части энергии реакции электронам в процессе замедления первичных продуктов реакции; большой пробег и заметная вероятность реакции дейтонов, получивших энергию при ударе 14-миллионного нейтрона; ведущая роль переноса энергии быстрыми частицами (14-миллионными нейтронами и протонами), что может привести к распространению реакции без образования ударной волны в дейтерии.

Расчеты возможности режима, которые Ландау закончит к I.УИ.-51 г., будут носить характер приближенный, может оказаться, что на основании этих расчетов не удастся сделать определенный вывод о возможности или невозможности сжигания чистого дейтерия.

Совет отмечает, что конструкторская проработка, проведенная в Институте Физических Проблем, показала большие технические трудности, связанные с осуществлением реальной конструкции изделия (применение водородных температур, создание прочной конструкции с чрезвычайно тонкими стенками). Возможность осуществления такой конструкции в значительной мере зависит от результатов расчетов, которые должны

дать максимальную допустимую толщину стенки и другие физические требования к конструкции.

Теоретические расчеты основываются на экспериментальных данных, причем используются в основном данные, опубликованные в иностранной печати. Для определения некоторых недостающих величин, проверки и уточнения опубликованных данных необходимо проведение экспериментальных работ в соответствии с тематической программой; в частности, необходимо исследовать вторичные процессы ($D + He^3$, $D + T$) в области больших энергий и пробеги образующихся при этих процессах быстрых протонов и нейтронов.

Для полного решения о создании РДС-6т требуется, наряду с установлением условий распространения реакции по дейтерию, найти способ инициирования реакции в дейтерии с помощью взрыва изделия с тяжелым веществом и промежуточного детонатора из смеси дейтерия с тритием.

При нерешенном вопросе о существовании режима постановка исследований по инициированию, так же как и конструкторская работа по РДС-6т, связаны с определенным техническим риском, вследствие того, что определенный, отрицательный ответ по режиму обесценит проделанную работу.

Совет считает целесообразным пойти на такой технический риск, так как при благоприятном решении вопроса заблаговременное исследование инициирования сократит сроки создания РДС-6т.

При неопределенных результатах теоретических расчетов по режиму и необходимости экспериментального решения также потребуется разработка инициирования.

Расчеты инициирования должны дать ориентировочную оценку потребного количества тяжелого горючего и трития.

Имея в виду принципиальную возможность, при благоприятном результате, использования в РДС-6т природного изотопа — дейтерия, Совет считает необходимым значительно усилить работу по созданию РДС-6т.

Решение

1. Одобрить план теоретических работ КБ-11 по проблеме РДС-6т.

2. Одобрить тематический перечень работ по ядерным измерениям (см. приложение №), необходимым для РДС-6т. Предложить КБ-11 (ответственный Харитон, при участии Ландау, Мещерякова и Зельдовича) уточнить очередность, сроки и необходимую точность измерений по отдельным работам и представить к 31.III.51 план ядерных работ по проблеме РДС-6т.

3. Утвердить план работ Института Физических Проблем согласно предложению т.т. И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона и Я.Б. Зельдовича.

4. Считать желательным проведение в КБ-11 экспериментальных и опытно-конструкторских работ по вопросу инициирования и общей компоновке изделия РДС-6т. План экспериментальных работ КБ-11 представить к 1.У.1951 г.

5. Считать необходимым создать вторую группу физиков-теоретиков, поручив ей разработку теории РДС-6т параллельно группе Ландау. Во главе группы считать необходимым поставить Фока и Колмогорова, в качестве эксперта консультанта привлечь Амбарцумяна.

6. Созвать в конце февраля заседание Совета с докладом Ландау, с привлечением Блохинцева, Боголю-

бова, Владимирского, Померанчука, Христиановича. Предложить Ландау представить доклад в письменном виде к 1.П.51 г.

7. Согласиться с мнением гл. конструктора Харитона о необходимости того, чтобы заместитель главного конструктора по РДС-6т Зельдович на время до 1.УП.51 перенес центр тяжести своей работы в Москву, в группу Ландау в Институт Физических Проблем».

Примечания автора: Амбарцумян — академик В.А. Амбарцумян; номер приложения в пункте 2 не указан.

Таким образом, Совет, отметив сложность проблемы, акцентировал внимание на необходимость окончания расчетных работ и организацию измерений ядерных констант основных реакций.

Я.Б. Зельдович представил подробное описание состояния работ и необходимых мероприятий по РДС-6т (приложение № 8 к решению Совета в рукописном виде), полный текст которого будет опубликован в сборнике "Атомный проект" в ближайшее время. В этой связи приведем лишь отдельные выдержки из этого доклада Я.Б. Зельдовича, касающиеся характеристики деятельности группы Ландау по РДС-6т:

«Основным является вопрос о возможности режима на жидком дейтерии в трубе неограниченной длины. [...]

Исследование вопроса о возможности режима ведется группой Ландау при участии математических групп Меймана (Институт Физических Проблем); Семдяева (Математический Институт Академии Наук), Канторовича (Ленинградское отделение Математического Института Академии Наук).

В настоящее время закончены расчеты вспомогательных величин: пробегов нейтронов, протонов, дейтонов. Эти величины определяют расстояние от места реакции, на котором происходит выделение энергии. Знание пробегов позволяет также вычислить потери энергии с частицами, уходящими через боковую поверхность трубы. Приближается к концу расчет разлета дейтерия в стороны при выделении в нем энергии. Таким образом, подготовлены все величины, необходимые для того, чтобы математически сформулировать основную задачу о свойствах и существовании режима распространения реакции по длинному заряду. В соответствии с постановлением Совета Министров эта задача должна быть решена к 1/УП. Судя по ходу работы, этот срок будет выдержан группой Ландау.

Однако следует иметь в виду, что решение, которое даст группа Ландау, по методу своего получения является приближенным. Поэтому для того, чтобы убедиться в правильности ответа, достаточно будет проверить безошибочность выполнения отдельных математических операций. Необходимо проверить правильность и оценить точность физических упрощений и допущений, сделанных по ходу расчета. Возможно, что недостаточная точность расчета не даст возможности сделать определенные выводы об осуществимости процесса. [...]

Поэтому мы считаем необходимым проведение следующих трех мероприятий:

1. Создание второй группы физиков-теоретиков (с участием математиков), которая рассмотрела бы вопрос о режиме распространения реакции, полностью используя результаты, полученные ранее группами Института Химической Физики — КБ-11 и группой Ландау.

Можно предполагать, что привлеченные физики проведут всестороннюю экспертизу и проверку результатов, полученных раньше, и дадут новые приближенные методы рассмотрения задачи. Совпадение результатов, полученных существенно различными приближенными методами, увеличивает уверенность в их правильности. Привлечение новой группы физиков может привести и к появлению новых идей и предложений в области использования легких элементов.

Во главе группы физиков по нашему мнению следует поставить акад. Фока и Амбарцумяна, на соответствующий срок освободив от всех других работ.

2. Форсированная разработка электронных счетных машин и математическая подготовка задачи о режиме для передачи ее на электронный счет. [...]

3. Усилить контакт между КБ-11 и группой Ландау, и считать основной задачей Зельдовича на 1951 г. личное участие в работе группы Ландау, а также участие в организации работ второй физической группы. По второму вопросу — по инициированию режима — работа проводилась до сих пор лишь в КБ-11 (группа Ландау включится в исследование этого вопроса лишь по окончании теории режима). [...]

В области инициирования можно наметить четыре вопроса:

1. Конструктивная (эскизная) разработка тяжелого заряда, приспособленного для инициирования. [...]

2. Уточненный расчет внешнего воспламенения смеси трития с дейтерием. [...]

3. Расчет выхода на режим в дейтериевом заряде под действием воспламенившейся смеси трития с дейтерием. Только такой расчет позволит определить количество трития, необходимое для возбуждения режима в дейтерии (в случае, если такой режим возможен). Этот расчет, согласно постановлению Совета Министров, должна провести группа Ландау по окончании расчетов по режиму.

4. Окончательное конструирование всего объекта с использованием результатов, полученных о всех перечисленных выше исследованиях. Эту работу проводят Институт Физических Проблем и КБ-11. В Институте Физических Проблем в настоящее время проводится и должно продолжаться криогенное и технологическое исследование трубы. Следует отметить, что все работы по вопросам инициирования могут быть доведены до конца лишь при наличии решения вопроса по режиму; [...].»

На обороте этого документа имеется помета: "исполнено от руки в одном экземпляре на девяти листах, исп. Франк-Каменецкий".

Таким образом, в своем докладе на заседании Совета при КБ-11 Я.Б. Зельдович отмечает первостепенную важность расчетов режима стационарной термоядерной реакции в жидком дейтерии, которые проводила группа Ландау.

Для лучшего понимания возникших проблем по РДС-6Т приведем краткое описание основных ее принципов, для чего воспользуемся подробной докладной запиской Ю.Б. Харитона и Я.Б. Зельдовича "О состоянии и плане работ по РДС6Т от 31.01.1953 г." [71], в которой, в частности, было сказано:

«Под РДС6Т подразумевается изделие, работающее на принципе детонации жидкого дейтерия с протеканием термоядерных реакций. При реакции дейтерия обра-

зуются третий и гелий-3, которые сами вступают во вторичную реакцию с образованием быстрых частиц — нейтронов и протонов. Отличительной особенностью РДС-6Т является протекание реакций при весьма высокой температуре порядка 50-100 кэВ, при которой вещество не находится в равновесии с излучением. Испускаемое электронами тормозное излучение является основным видом теплопотерь. В дальнейшем это излучение при рассеянии его электронами дополнительно отнимает от них тепло. Этот последний процесс получил название комптонизация. Распространение реакции по дейтериевому заряду осуществляется посредством сжатия и нагревания ударной волной, а также переноса энергии быстрыми частицами. Конструктивное оформление РДС-6Т может мыслиться либо в виде цилиндрической трубы, либо в виде сферической системы. Радиус сферической системы не может быть взят сколь угодно большим, так как при большом радиусе излучение долго задерживается внутри, вследствие чего сильно возрастают потери на комптонизацию и реакция затухает. Увеличение же длины цилиндрической трубы не приводит к таким затруднениям. Поэтому, если в цилиндрической трубе окажется возможным и устойчивым стационарное распространение термоядерной реакции, то в ней принципиально возможно сжигание сколь угодно количества дейтерия.

Для начала реакции необходима высокая температура, которая может быть достигнута благодаря атомному взрыву тяжелого горючего».

Далее авторы записки указывают:

«С целью установления качественной картины движения и выработки методики гидродинамических расчетов в начале 1951 г. было принято решение о проведении расчетов упрощенной газодинамической задачи. Идеализация заключалась в том, что не учитывался перенос энергии быстрыми частицами и квантами, местная скорость выделения энергии считалась пропорциональной давлению, не учитывался прогрев вещества впереди фронта. Решением идеализированной задачи занималась группа Л.Д. Ландау и бюро Н.С. Меймана в Институте Физических Проблем. Ландау разрабатывал нестационарный метод решения задачи. Однако эта работа не была закончена в связи с переключением группы Л.Д. Ландау и бюро Н.С. Меймана на расчеты РДС-6с. Другие методы решения идеализированной задачи разрабатывались группой Келдыша и Дородницына в МИАН».

Представление о расчетно-теоретических работах по выяснению возможности детонации жидкого дейтерия, проводимых группой Ландау в течение 1950–1951 гг., можно получить из его отчета по состоянию на 1 октября 1951 г., который был направлен в ПГУ 15.10.1951 г. и в котором указывалось [72]:

«Отчет о состоянии работ на 1 октября 1951 г.

I. Работа ко Комптон-эффекту

В этой области задача состояла в определении основных характеристик одиночных актов комптоновского рассеяния фотона в релятивистском электронном газе, которые являлись бы в дальнейшем основой для расчетов Комптон-эффекта в различных конкретных геометрических условиях в объекте.

В качестве основных величин, характеризующих акт рассеяния фотона, мы вводим: $1/\lambda$ среднюю длину свободного пробега фотона по отношению к столкновениям

с электронами; 2/ среднюю передачу энергии от электронов к фотону; 3/ для характеристики ширины распределения по энергиям — средний квадрат этой передачи; 4/ для характеристики среднего изменения направления фотона — среднюю передачу импульса.

Для всех этих величин были получены теоретические формулы, по которым затем производились /в бюро Л.В. Канторовича и Н.С. Меймана/ численные вычисления. Составлены подробные таблицы всех величин в функции от начальной энергии фотона и температуры электронного газа.

Для конкретных применений может иметь значение также знание функций распределения фотонов по энергиям и направлениям после однократного рассеяния. Нами /в сотрудничестве с Г. Гандельманом/ получены точные формулы, дающие возможность путем однократного численного интегрирования получать точные формулы распределения. Ввиду чрезвычайной громоздкости этих формул, однако, полезно иметь простые интерполяционные формулы. Такая формула предложена нами для функции распределения фотонов по энергиям коэффициентов в ней.

Л.Д. Ландау 2.10.51 г.»

Объем настоящей статьи не дает возможности представить текст отчета "О возможности детонации дейтерия в трубе" от 1.02.1951 г., авторами которого являются Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, И.М. Халатников, С.П. Дьяков [73]. Как указано на обороте последней страницы отчета: «исполнено от руки в одном экземпляре с черновика, стр. 49–64 раб. тетради № 502 Е.М. Лифшица. Исп. Е. Лифшиц. Переписал С. Дьяков. 1.11.51 г. Черновик опечатан в отдельном пакете. Е. Лифшиц». Кроме того, на этой странице имеются росписи тех, кто знакомился с этим отчетом: «читал Н. Боголюбов 19.02.1951 г., И. Курчатов 19.02.51 г., И. Померанчук 22.02.51 г.»

8–9 января 1952 г. в ПГУ состоялось представительное совещание по проблеме РДС-6т, на котором присутствовали основные участники расчетного исследования (фамилии указаны, как в протоколе): Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович, И.Е. Тамм, Л.Д. Ландау, М.В. Келдыш, И.Я. Померанчук, И.М. Гельфанд, А.А. Дородницын, К.А. Семендяев, Д.И. Блохинцев, И.М. Халатников, Е.М. Лифшиц, Н.С. Мейман и др. [74]. Протокол (в рукописном виде) был составлен Г. Гандельманом и никем не подписан; в нем содержалась лишь констатация результатов расчетных исследований по РДС-6т, выполненных в различных научных группах. С докладами о положении расчетных исследований по РДС-6т выступили Я.Б. Зельдович, И.Е. Тамм, Л.Д. Ландау, Н.С. Мейман, Н.А. Дмитриев (ИХФ), К.А. Семендяев и др. В констатирующем разделе протокола было указано в части, относящейся к выступлениям Н.С. Меймана и Л.Д. Ландау:

«Сообщение Н.С. Меймана (группа Ландау). Методика численного интегрирования нестационарной динамической задачи (для одномерного случая).

И.М. Халатников и Н.С. Мейман разработали устойчивый метод счета, дающий возможность считать с большими шагами по времени. Разработана разностная схема, удобная для расчета, устойчивая.

В докладе академика Ландау было отмечено, что для двумерного по пространству случаю дело обстоит значительно сложнее. Счет будет вестись в тороидальных

координатах, причем в двух направлениях этой системы координат можно считать с различными шагами по пространству. В настоящее время разработана полностью методика расчета одномерных задач и многое сделано в разработке методики расчета двумерных задач».

К указанному совещанию Ландау представил тезисы следующих докладов [75]:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. "Об отражении слабого разрыва от звуковой линии" (мб. 44оп).

2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Н.С. Мейман, И.М. Халатников, С.П. Дьяков. "О решении двухмерной нестационарной газодинамической задачи" (мб. 45оп).

3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, И.М. Халатников "Интегрирование уравнения гидродинамики методом сеток" (мб. 46оп).

Копии тезисов этих докладов приведены в приложении.

(Примечание автора: здесь и в дальнейшем слова, выделенные курсивом, вписаны в документ от руки.)

Чтобы прояснить ситуацию с работами по РДС-6т, А.П. Завенягин 6 апреля 1953 г. подписал следующий приказ [76]:

«Для проверки расчетно-теоретических и экспериментальных работ по изделию РДС-6т, выполненных в КБ-11 и Математическом институте АН СССР, приказываю:

1. Назначить комиссию в составе т.т. Блохинцева Д.И. (председатель), Боголюбова Н.Н., Келдыша М.В., Ландау Л.Д., Мещерякова М.Г., Померанчука И.Я., Тамма И.Е.

К работе комиссии привлечь т.т. Зельдовича Я.Б. и Семендяева К.А.

2. Поручить указанной комиссии до 25 апреля 1953 года рассмотреть полученные в КБ-11 и Математическом институте АН СССР результаты работ по изделию РДС-6т и представить в Первое Главное Управление при Совете Министров СССР заключение о состоянии этих работ и план дальнейших расчетно-теоретических и экспериментальных исследований по указанному изделию на 1953 год».

Из этого приказа видно, что, во-первых, для экспертизы расчетов по РДС-6т были приглашены основные научные силы ведущих физиков и математиков для того, чтобы определиться с перспективой работ. Во-вторых, поручение комиссии подготовить предложения к плану исследований означало, что у административного и научного руководства существовало мнение о необходимости продолжения работ по РДС-6т, поскольку комиссии было дано поручение о разработке плана исследований.

В заключении комиссии под председательством Д.И. Блохинцева от 6.05.1953 г., которое было представлено согласно этому приказу, было указано [77]:

«В соответствии с приказом тов. Завенягина А.П. №с 135сс/оп от 6.04.1953 г. комиссия от 6.05.1953 г. в составе т.т. Блохинцева Д.И. (председатель), Боголюбова Н.Н., Келдыша М.В., Ландау Л.Д., Мещерякова М.Г., Померанчука И.Я., Тамма И.Е. при участии т.т. Зельдовича Я.Б. и Семендяева К.А. рассмотрела отчеты КБ-11, составленные на основании работ группы т.т. Зельдовича Я.Б. и Семендяева К.А. № 753-оп и 763-оп, а также заслушала отчеты о состоянии работ в других группах (МИАН, лаборатория "В", ТТЛ и ИФП).

На основании этого рассмотрения комиссия дает общую оценку состояния работ по изделию *РДС-6т*, рекомендации по дальнейшему плану работ и план необходимых для выполнения этих работ мероприятий.

Под *РДС-6т* подразумевается изделие, работающее на принципе *детонации* жидкого *дейтерия* с протеканием *термоядерных* реакций.

Распространение реакции по *дейтериевому заряду* осуществляется посредством сжатия и нагревания *ударной* волной, а также переноса энергии быстрыми частицами. Конструктивное исполнение *РДС-6т* может мыслиться либо в виде цилиндрической трубы, либо в виде сферической системы. Радиус сферической системы не может быть взят сколь угодно большим, так как при большом радиусе излучение долго задерживается внутри, вследствие чего сильно возрастают потери на комптонизацию и реакция затухает. Увеличение же длины цилиндрической трубы не приводит к таким затруднениям. Поэтому, если в цилиндрической трубе окажется возможным и устойчивым стационарное распространение *термоядерной* реакции, то в ней принципиально возможно сжигание сколь угодно больших количеств *дейтерия*.

Примечание автора: Последний абзац приведен для того, чтобы показать, что члены комиссии были ознакомлены с докладной запиской Ю.Б. Харитона и Я.Б. Зельдовича, имевшей гриф совершенно секретно — особая папка [71].

Полный текст заключения комиссии, по имеющимся сведениям, предполагается опубликовать в томе 3 "Атомного проекта" и поэтому здесь приводятся лишь отдельные выдержки, а именно:

«[...] 1. Проведенные за последние два года исследования, в особенности исследования групп т.т. Зельдовича Я.Б. и Семендяева К.А., существенно углубили наши знания о процессе *детонации* цилиндрического *заряда* жидкого *дейтерия*.

В этой работе удалось исследовать движение вещества при *детонации* цилиндрического *заряда*, определить профиль искривленной ударной волны, распределение плотности и давления в зоне реакции и движение вещества при разлете.

Такая картина движения была получена сперва для сжатия ударной волной холодного *дейтерия*, а затем и для реального случая, когда перед фронтом ударной волны *дейтерий* прогрет под действием быстрых частиц.

Метод расчета является приближенным и содержит некоторый произвол в определении формы волны и других величин, так как скорость выделения энергии, необходимая для поддержания найденного поля температур, давления и т.п., определяется только в конце расчета и для нужного распределения выделения энергии задача может решаться только путем попыток.

По распределению плотности, давления, температуры и скорости течения проделаны подробные расчеты реакций, энерговыделения и теплотеря с учетом переноса энергии частицами и Комптон-эффекта.

Для ряда вариантов с различными радиусами и температурами рассчитан энергетический баланс по всей зоне реакции. [...]

2. Ввиду чрезвычайной сложности и разнообразия физических процессов, определяющих собою протекание *детонации* жидкого *дейтерия*, нет возможности точно учесть все факторы, влияющие на нее. Ввиду

этого даже от очень максимального уточненного расчета нельзя ожидать реальной точности, превышающей 25–30 %.

Поэтому дать определенно утвердительный ответ на вопрос о возможности *детонации* жидкого *дейтерия* и надежно указать необходимое для распространения *детонации* значение радиуса цилиндра можно будет только в том случае, если уточненный расчет покажет, что даже при изменении входных физических данных в худшую сторону на 20–30 % *детонация* остается возможной, а необходимый для ее возникновения диапазон радиусов остается достаточно широким.

3. Хотя проведенные до настоящего времени приближенные расчеты не дают утвердительного ответа на вопрос о возможности *детонации*, однако ввиду недостаточной точности нельзя считать полностью исключенным, что *детонация* окажется возможной и притом в достаточно широком диапазоне радиусов цилиндра.

4. Более точное исследование проблемы *детонации* жидкого *дейтерия* потребует ввиду ее чрезвычайной сложности длительного времени и неперемного количества физиков и математиков из числа наиболее квалифицированных.

Точно указать сроки окончания этих исследований в настоящее время затруднительно ввиду недостаточной разработанности методов расчета и большого объема работ. [...]

Решение проблемы *РДС-6т* требует разработки следующих вопросов:

1. Выяснение возможности детонационного сжигания длинных цилиндрических *зарядов* жидкого *дейтерия*.

2. Расчет выделения энергии в сферическом *заряде* жидкого *дейтерия* при иницировании его *зарядом* *ТД*.

3. Разработка теории иницирования *детонации* в цилиндрическом *заряде* с определением потребного количества иттрия.

4. Исследование возможности уменьшения количества иттрия, необходимого для зажигания цилиндрического и сферического *зарядов*, путем обжатия *дейтерия* и *ТД* (предложение Блохинцева – Гандельмана).

5. Разработка конструкции и расчет изделий с тяжелым горючим, предназначенным для первичного воспламенения смеси *ТД*.

Для суждения о целесообразности практического осуществления изделия *РДС-6т* необходимо также хотя бы приближенное исследование перспективных вариантов *сверхмощных* изделий, основанных на других принципах. Соответствующие работы комиссией не рассматривались.

Из перечисленных пяти вопросов комиссия считает необходимым сконцентрировать силы на 1, 2 и 4 вопросах (возможность *детонации* в цилиндрическом *заряде*, сферические системы и обжатие систем), как наиболее принципиальными.

Необходимость подробной разработки 3 и 5 вопросов, а также конструктивной разработки изделия *РДС-6т* должна определяться в зависимости от окончательных результатов по 1, 2 и 4 вопросам».

Примечание автора: ТД — третий-дейтерий.

Комиссия сформулировала предложения к плану работ по *РДС-6т*, в котором предполагалось участие следующих организаций: КБ-11 (руководитель работ Я.Б. Зельдович), МИАН (М.В. Келдыш), ТТЛ (И.Я. По-

меранчук), лаборатория "В" (Д.И. Блохинцев). Заключение единодушно подписали все члены комиссии:

Зельдович / Зельдович /
 Блохинцев / Блохинцев /
 Келдыш / Келдыш /
 Ландау / Ландау /
 Колмогоров / Колмогоров /
 Тамм / Тамм /
 А. Сахаров / Сахаров /

29 мая 1953 г. А.П. Завенягин и И.В. Курчатов на основании заключения комиссии Д.И. Блохинцева направили докладную записку Л.П. Берии с проектом распоряжения [78]. Приведем отдельные выдержки из этой записки:

«В соответствии с постановлением Совета Министров СССР № 827-303сс/оп от 25.02.1950 г. и № 1552-774сс/оп от 9.05.1951 г. в КБ-11 и связанных с ним организациях (Математический институт, Теплотехническая лаборатория, Институт физических проблем Академии наук СССР и лаборатория "В" Первого главного управления) разрабатывается проблема *термоядерного взрыва жидкого дейтерия* (изделие РДС-6т).

Для рассмотрения общего состояния работ по изделию РДС-6т и перспектив создания этого изделия Первым главным управлением при Совете Министров СССР создана комиссия в составе т.т. Блохинцева (председатель), Боголюбова, Келдыша, Ландау, Мещерякова, Померанчука и Тамма.

Комиссия ознакомилась с состоянием работ по изделию РДС-6т в различных организациях, дала оценку общего состояния работ в этой области и наметила план дальнейших расчетно-теоретических работ по проблеме РДС-6т.

Комиссия отметила, что проведенные за последние два года исследования существенно углубили наши знания о процессе *детонации жидкого дейтерия*.

Однако ввиду чрезвычайной сложности физических процессов, определяющих протекание *детонации жидкого дейтерия*, а также вследствие недостаточной точности проведенных расчетов, в настоящее время нельзя еще дать определенного ответа на вопрос о возможности *детонации жидкого дейтерия*.

В то же время не исключено, что более точное исследование проблемы РДС-6т даст положительный ответ на этот вопрос».

Далее авторы записки информируют Л.П. Берии о тех научных задачах по РДС-6т, которые сформулировала комиссия и вносят следующие организационные предложения:

«Решение этих задач необходимо поручить КБ-11, Математическому институту АН СССР, Теплотехнической лаборатории АН СССР и Лаборатории "В" Первого главного управления. Институту физических проблем АН СССР целесообразно поручить разработку конструкции цилиндрического *заряда*, а группу же тов. Ландау,

целиком занятую на работах по изделию РДС-6с, от расчетно-теоретических работ по изделию РДС-6т необходимо освободить».

Спустя две недели 10 июня 1953 г. Б.Л. Ванников направил Л.П. Берии письмо, в котором он указывал [79]:

«Рассмотрев по Вашему поручению предложения Первого главного управления (т.т. Завенягина, Курчатова) от 29 мая с.г. о работах по изделию РДС-6т, а также заключение комиссии специалистов под председательством тов. Блохинцева, докладываю:

1. В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 28 февраля 1950 г. группой т. Ландау в Институте физических проблем были выполнены в 1950–1951 гг. расчетно-теоретические работы по выяснению возможности детонации цилиндрического заряда жидкого *дейтерия*.

Тов. Ландау производил расчеты в предположении, что детонация *дейтерия* может быть осуществлена исключительно за счет ядерных процессов. Однако результаты были получены отрицательные: *термоядерная реакция* в изделии РДС-6т при этом предположении невозможна.

В связи с этим возникла необходимость учитывать при рассмотрении процесса горения *дейтерия* влияние ударной волны на поддержание ядерной реакции.

Так как в дальнейшем т. Ландау были поручены работы по изделию РДС-6с, от расчетно-теоретических работ по изделию РДС-6т он был освобожден».

Далее Б.Л. Ванников формулирует ряд организационных предложений по РДС-6т, среди которых имелся пункт 4:

«4. Группу т. Ландау необходимо освободить от заданий по изделию РДС-6т, возложенных на нее решением Правительства от 26 февраля 1950 г., в связи с занятостью т. Ландау расчетно-теоретическими работами по изделию типа РДС-6с».

Как известно, работы по варианту ВВ "труба" были прекращены по решению руководства МСМ в 1954 г.

В докладной записке от 10.06.1952 г. Б.Л. Ванников указывал, что «т. Ландау и его группа с декабря 1951 г. работает над изделием РДС-6 и до сего времени вплотную заняты этой работой» [79]. На правительственном уровне задания группе Ландау были даны постановлением СМ СССР № 5373-2333сс/оп от 29.12.1951 г. [80]:

«2. Учитывая, что работы по созданию изделия РДС-6С продвинулись значительно далее, нежели по изделию РДС-6Т, обязать Первое главное управление при Совете Министров СССР (т.т. Ванникова, Завенягина), Лабораторию измерительных приборов (т. Курчатова), КБ-11 (т.т. Александрова, Харитона, Щелкина) сосредоточить в 1952 г. основные силы физиков, математиков и конструкторов на ускорении разработки изделия РДС-6С. В связи с этим:

а) привлечь к участию в выполнении работ по РДС-6С т.т. Ландау, Зельдовича, Келдыша, Блохинцева и Колмогорова;

б) поручить т.т. Ландау, Зельдовичу, Келдышу, Блохинцеву и Колмогорову ознакомиться с теоретическими и расчетными работами по РДС-6С и в январе 1952 г. представить Первому главному управлению свое заключение по ним;

в) поручить т.т. Ванникову, Завенягину, Павлову, Курчатову и Харитону рассмотреть в Научно-техническом совете по вопросам КБ-11 заключение т.т. Ландау, Зель-

довича, Келдыша, Блохинцева, Колмогорова и до 15 февраля 1952 г. разработать и утвердить мероприятия по форсированию работ по созданию РДС-6С. [...]

4. В частичное изменение Постановления Совета Министров СССР 26 февраля 1950 г. № 827-303сс/оп отсрочить окончание расчетно-теоретических работ по выяснению возможности создания изделия РДС-6Т, возложенных на Институт физических проблем Академии наук СССР (т.т. Александрова и Ландау), до 1 марта 1953 г».

В начале января 1952 г. Ландау приступил к работе в составе комиссии: Я.Б. Зельдович, М.В. Келдыш, Д.И. Блохинцев, А.Н. Колмогоров, назначенной вышеуказанным постановлением СМ СССР. 30 января 1952 г. Я.Б. Зельдович в качестве председателя направил Б.Л. Ванникову заключение комиссии, с некоторыми своими соображениями [81]:

«Тов. Ванникову Б.Л.

В соответствии с решением Правительства от 29.12.1951 г. за № 5373-2333 сс-оп комиссия в составе Ландау Л.Д., Келдыша М.В., Колмогорова А.Н., Блохинцева Д.И. и Зельдовича Я.Б. рассмотрела, при участии Тамма И.Е. и Сахарова А.Д., теоретические работы по РДС6С.

Комиссия пришла к выводу, что конструкция РДС6С обеспечивает осуществление термоядерного взрыва, использующего тритий и дейтерий. Комиссия считает обоснованным вывод А.Д. Сахарова и И.Е. Тамма о том, что изделие с зарядом [...] трития даст взрыв с полным тротиловым эквивалентом от 700.000 до 1.400.000 тонн.

В целях уточнения расчета взрыва РДС6С и подготовки к взрыву опытного изделия, комиссия считает необходимым:

1. Усилить работы по расчету процесса взрыва и энерговыделения многослойного заряда, в частности, по расчету опытного взрыва со [...] трития, намеченного на 1953 год. К выполнению расчетов параллельно группе Тихонова привлечь группу Ландау.

2. Усилить экспериментальные работы по перемешиванию. К выполнению работы привлечь новые экспериментальные группы. Работы по перемешиванию проводить с привлечением Колмогорова и Ландау в качестве консультантов.

3. Провести работы по выбору вариантов центрального заряда с применением составного заряда из плутония и урана-235. Работы по выбору вариантов поручить группе Зельдовича.

4. Продолжать намеченные планом измерения ядерных констант, в частности, реакции лития-6.

5. Продолжать намеченные планом экспериментальные и теоретические исследования процесса обжатия, в частности, выяснить причины имеющегося в настоящее время некоторого (около 15 %) расхождения расчетов и опытов в части полета оболочки РДС6С.

Таким образом, в соответствии с решением Правительства, к выполнению работ по РДС6С предлагается привлечь т.т. Ландау, Колмогорова и Зельдовича. Привлечение т.т. Келдыша и Блохинцева к работе по РДС6С признано в настоящее время нецелесообразным.

Прилагаю подробное заключение комиссии на 6 листах.

Председатель комиссии Зельдович».

Примечание автора: РДС6С — как в документе.

После ознакомления с заключением комиссии по РДС-6с, которое приводится ниже, можно будет прокомментировать эти два исторических документа [82]:

«Заключение комиссии о состоянии расчетно-теоретических работ по изделию РДС-6С.

1. Группа И.Е. Тамма и А.Д. Сахарова в течение 1948–1951 года предлагала и исследовала новый принцип создания водородного изделия — многослойный заряд, выяснила роль основных физических факторов и разработала принципиальную схему расчета многослойного заряда.

2. Измерения элементарных ядерных констант (Франк, Флеров, Кондратьев) и нейтронные опыты на модели МЗ (группа Франка и группа Зысина) дали основные характеристики, необходимые для расчета главной цепи физических процессов, протекающих в МЗ.

3. Разработана усовершенствованная методика расчета нейтронных задач (Ю.А. Романов). [...]

6. Проведены расчеты действия МЗ путем интегрирования системы уравнений движения, теплопроводности, термоядерной реакции, диффузии и размножения нейтронов (бюро Тихонова). Результаты этих расчетов в первом приближении описывают характер протекания процессов при взрыве МЗ и в первом приближении определяют количество выделяемой при взрыве энергии.

Комиссия считает обоснованной данную группой Тамма и Сахарова, на основе проделанной работы, оценку выделения энергии в изделии, соответствующую полному тротиловому эквиваленту от 700.000 до 1.400.000 тонн. Широкие пределы в оценке энергии взрыва связаны со следующими обстоятельствами:

1. Недостаточно развиты экспериментальные работы по перемешиванию; недостаточна точность опытов; не измерена кривая распределения концентрации в слое перемешивания; нет опытов по перемешиванию легкого слоя между двумя тяжелыми слоями; отсутствует материал по влиянию вязкости.

2. В расчетах действия МЗ не достигнута полная устойчивость счета, что ограничивает точность расчета выделения энергии и не позволяет судить о достоверности особенностей полученных кривых; не доведен до конца теоретический анализ устойчивости и способов осреднения дифференциальных уравнений процесса.

3. Не достигнуто полное количественное согласие между расчетами и опытами по обжатию МЗ.

4. Достигнутая точность измерения ядерных констант и точность модельных нейтронных опытов также такова, что ограничивает точность расчета выделения энергии. Комиссия считает желательным проведение совещания экспериментальных групп, работающих по ядерным константам для проблемы РДС6С, с целью обмена опытом, согласования результатов и увязки планов.

Наряду с работами по основной конструкции, ближайшими задачами по изделию РДС6С должны явиться:

1. Полный расчет опытного взрыва.

2. Расчеты различных вариантов конструкции внутреннего заряда из активных тяжелых веществ.

3. Расчеты вариантов конструкции с различной толщиной слоев.

Для уточнения всех расчетов необходимо дальнейшее уточнение ядерных констант (в частности, $Li^6 + n$) и модельных нейтронных опытов.

Предлагаемые мероприятия.

1. Поручить тт. Константинову Б.П. (ЛФТИ) и Стрелкову С.П. (ЦАГИ) проведение экспериментальных исследований по перемешиванию жидкостей различной плотности.

2. Поручить группе Ландау Л.Д. и бюро Меймана Н.С. (ИФП) выполнение расчетов по действию МЗ в 1952 году параллельно расчетам бюро Тихонова. Считать желательным начало работы группы Ландау и бюро Меймана с 1 февраля 1952 г.

В целях обеспечения работы считать необходимым снять с группы Ландау и бюро Меймана в 1952 году ранее порученные работы по РДСБТ и усилить бюро Меймана 3 кандидатами наук.

3. Поручить группе Зельдовича (Забабахин, Негин) проведение ориентировочных расчетов по выбору вариантов центрального заряда.

4. Усилить группу Тихонова, переведя тов. Самарского на полную ставку в группу Тихонова и направив в группу 3 молодых специалистов и предоставив 12 штатных мест для инженеров и лаборантов.

5. Поручить т. Харитону изучить возможность постановки опытов по перемешиванию в условиях взрыва обычных ВВ и дать программу возможных опытов к 1 марта 1952 г.»

Заключение единодушно подписали все члены комиссии, правда, без указания даты подписи, как видно на приведенной копии их факсимиле, а также привлеченные к работе И.Е. Тамм и А.Д. Сахаров.

Я. Зельдович / Зельдович /
 Я. Блохинцев / Блохинцев /
 М. Келдыш / Келдыш /
 Л. Ландау / Ландау /
 М. Колмогоров / Колмогоров /
 И. Тамм / Тамм /
 А. Сахаров / Сахаров /

Из приведенного выше заключения комиссии высококлассных специалистов видно, что на пути создания ВВ имелось значительное число теоретических и экспериментальных проблем, и всего лишь за полтора года до взрыва опытного изделия. Следует заметить, что в решении НТС по вопросам КБ-11 от 1-9.02.1951 г. было указано [71]:

«При расчетах пришлось встретиться с большими трудностями математического и расчетного характера. Первый расчет выделения энергии при взрыве для одного варианта занял около полугода работы бюро т. Тихонова. Расчет обжарки для одного варианта размеров многослойного заряда занял 4–5 месяцев работы бюро т. Семендяева».

Поэтому, а также вследствие исключительной сложности процессов в РДС, было привлечено несколько групп физиков и математиков. По этой причине по-

стоянно возникал вопрос об увеличении штатов научных групп, занимающихся РДС, включая математиков.

Указанные выше рекомендации комиссии были подтверждены на совещании в ПГУ, о результатах которого руководители ПГУ доложили Л.П. Берия письмом от 27.02.1952 г., в котором было указано [83]:

«В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 29 декабря 1951 года за № 5373-2333сс/оп комиссия в составе тт. Зельдовича, Ландау, Келдыша, Блохинцева и Колмогорова рассмотрела теоретические и расчетные работы по РДС-6с, выполненные в КБ-11 и в математическом бюро т. Тихонова. Выводы комиссии были рассмотрены на совещании в Первом Главном Управлении с участием т.т. Б.Л. Ванникова, А.П. Завенягина, Павлова, Харитона, Зернова, Александра, Ландау, Келдыша и Зельдовича.

Комиссия пришла к выводу, что конструкция РДС-6с обеспечивает осуществление термоядерного взрыва с использованием *иттрия*.

По предварительным расчетам *тритиловый* эквивалент взрыва многослойного заряда с [...] *иттрия* будет равен 1.050.000 тн. $\pm 35\%$ (35% принято из-за неточности расчетов и неточности измерения ядерных констант).

Комиссия признала необходимым в дополнение к работам по РДС-6с, предусмотренным планом, утвержденным Советом Министров СССР на 1952 год, усилить работы по расчету процесса взрыва и энерговыделения РДС-6с и опытного изделия, намеченного к испытанию в 1953 году, а также работы по исследованию процессов перемешивания, возникающих при взрыве изделия РДС-6с. [...]

В целях усиления расчетно-теоретических и экспериментальных работ по изделию РДС-6с, намечены следующие мероприятия:

1. Привлечь к работе по расчету процесса взрыва РДС-6с группу Ландау из Института физических проблем Академии наук СССР.

2. Поручить выполнение экспериментальных работ по изучению процессов перемешивания в многослойном заряде, по заданиям КБ-11, т.т. Кикоину, Миллионщикову и Соболеву из Лаборатории измерительных приборов Академии наук СССР, а также докторам наук Фольмеру и Рихтеру из НИИ-9.

К теоретической работе по перемешиванию привлечь в качестве консультантов т.т. Колмогорова и Ландау. [...]

4. Провести в марте 1952 г. совещание по результатам и методике измерений ядерных констант, необходимых для расчета изделий РДС-6С.

Постановлением Совета Министров СССР от 29 декабря 1951 г. предусмотрено привлечение к участию в выполнении работ по РДС-6С т.т. Ландау, Зельдовича, Келдыша, Блохинцева и Колмогорова.

Представляемым проектом распоряжения выполнение работ по РДС-6С дополнительно поручается т.т. Ландау, Зельдовичу и Колмогорову.

Привлечение расчетно-теоретических групп т. Блохинцева и Келдыша не предусматривается по следующим причинам.

1. Расчетно-теоретические работы по нейтронным процессам, в которых специализирована группа т. Блохинцева, по заключению комиссии проведены в КБ-11 на достаточном уровне и не требуют дополнительного усиления.

2. Математические вычисления, выполняемые в бюро т. Тихонова, будут также осуществляться группой т. Ландау, привлеченным к процессам *взрыва*. Создание третьей параллельной группы по математическим вычислениям для изделия РДС-6С под руководством т. Келдыша признано нецелесообразным.

В связи с освобождением группы т. Ландау от работ по РДС-6Т в 1952 г., нами поручено КБ-11 (т.т. Харитону и Зельдовичу) пересмотреть и уточнить план научно-исследовательских работ по РДС-6Т, предусмотрев в нем максимальное использование расчетно-теоретических групп т.т. Блохинцева и Келдыша.

Представляем на Ваше рассмотрение заключение комиссии по изделию РДС-6С и проект распоряжения Совета Министров СССР, который просим утвердить».

13 апреля 1952 г. А.П. Александров и Л.Д. Ландау направили А.П. Завенягину следующую докладную записку о положении дел по РДС-6 [84]:

«По поручению т. Павлова сообщаем Вам о состоянии дел по слоике.

Академик Л.Д. Ландау и его сотрудники: проф. Е.М. Лифшиц, к.ф.-м.н. И.М. Халатников и к.ф.-м.н. С.П. Дьяков приступили к работе 15.3.с.г. 7 апреля с.г. в эту работу должен включиться Д.В. Сивухин.

Истекший период времени был посвящен разработке методики решения задач. Одна из основных трудностей задачи заключалась в том, что быстрого распространения частиц и тепла делает почти невозможным применение обычных расчетных схем. Так, в бюро Тихонова процесс был разбит по времени на 350 интервалов и, несмотря на это, не удалось добиться устойчивости счета. Мы в настоящее время разрабатываем схему, с помощью которой можно будет устойчиво считать процесс распространения частиц с осуществлением меньшего количества интервалов времени. Идея такой схемы уже намечена. В настоящее время для математического бюро подготовлен ряд заданий. Мы рассчитываем в течение мая закончить разработку основной методики и приступить к расчету.

Очень существенно возможно быстрое включение расчетного бюро в решение уже подготовленных заданий, на что необходимо Ваше указание, т.к. задержка с этим может привести к общей задержке работ».

Это беспокойство А.П. Александров и Л.Д. Ландау относительно расчетного бюро было обосновано, так как действительно имелась задержка с допуском Н.С. Меймана к работе по РДС-6С. Поэтому через полмесяца Ландау и Тамм были вынуждены лично обратиться к Л.П. Берия по поводу Н.С. Меймана со следующим письмом, что по тем временам было нестандартным поступком [85]:

«Товарищу БЕРИЯ Л.П.

Обращаемся к Вам по неожиданно возникшему вопросу, связанному с выполнением заданий по расчету многослойного заряда.

При разработке планов по этим заданиям предполагалось, что существенная часть расчетов многослойного заряда, порученная группе Ландау Л.Д., будет выполняться математическим бюро Института физ. проблем под руководством Меймана Н.С.

В настоящее время неожиданно возникли опасения, что Мейман не будет допущен к этим работам.

Мейман организовал математическое бюро ИФП и в течение около пяти лет руководил расчетами, выполненными этим бюро как по КПД обычного изделия, так и по проблеме изделия РДС-6т.

При решении этих задач Мейманом были разработаны новые, весьма эффективные методы математических расчетов, которые необходимо применить в текущем году к расчетам многослойного заряда.

По нашему мнению, недопущение Меймана к руководству работами математического бюро ИФП по расчету многослойного заряда крайне вредно отразилось бы на ходе этих расчетов и привело бы к существенной задержке их по времени.

Л. Ландау, И. Тамм 3.05.52 г.»

В связи с указанным обращением Л. Ландау и И. Тамма по указанию Н.И. Павлова А.П. Александров направил в ПГУ "Справку на Заведующего Вычислительным Бюро Отдела Теоретической физики Института физических проблем МЕЙМАНА Нахима Санелевича", в которой было указано [86]:

«Мейман Нахим Санелевич — имеет допуск [...] от 26 ноября 1946 г. по должности Заведующего Вычислительным бюро Отдела Теоретической Физики Института физических проблем АН СССР.

Это Вычислительное Бюро было организовано по указанию тов. Ванникова Б.Л. и предназначено для математической обработки результатов расчетов академика Ландау Л.Д., которому были поручены вычисления по КПД изделий.

Н.С. Мейман работает в Институте физических проблем в должности заведующего Вычислительным Бюро с 1 марта 1947 г. по совместительству /основное место работы Институт физической химии АН СССР/, с 1948 г. — полностью.

В 1948 г. утвержден в числе исполнителей по теме "Расчет кпд шаров с бесконечной оболочкой", постановление Совета Министров СССР № 1137-403 сс от 6.1.1948 г.

В 1949 г. утвержден в числе исполнителей по теме "КПД объектов сложного слоистого строения" /План института, утвержденный т. Емельяновым В.С./.

В 1950 г. утвержден исполнителем в математических работах по теме "Расчет кпд многослойных систем по уточненной схеме", /План института, утвержденный т. Емельяновым В.С./.

В 1951 г. в тематическом плане института записан исполнителем по теме "Вычисление кпд шаров с тонкой оболочкой" и "Расчеты для случая Я.Б. Зельдовича". План был представлен т. Павлову Н.И.

В 1952 г. утвержден исполнителем по теме "Расчеты для случая Зельдовича Я.Б. /"Труба"/, план института, утвержденный т. Павловым Н.И.

В 1950 г. Распоряжением Совета Министров СССР за № 2108-814с от 16 мая за выполнение спецзадания награжден денежной премией /за расчеты по обычным изделиям/.

За время работы т. Мейман Н.С. предложил методику расчета, переданную и принятую в других бюро.

Вычислительное Бюро под руководством т. Меймана Н.С. выполняло все поручаемые ему задания и накопило большой опыт по работам в этой области. А.П. Александров».

Кроме того, А.П. Александров направил в Спецкомитет письмо-ходатайство следующего содержания [87]:

«Товарищу БЕРИЯ Л.П.

Представляя Вам письмо тт. Ландау Л.Д. и Тамма И.Е., сообщая следующее:

В связи с привлечением акад. Ландау к работе по "слолке" т. Павлов дал мне указание о необходимости дополнительного переоформления сотрудников вычислительного бюро, хотя ранее они вели работы по заданиям КБ-11.

Сейчас все основные работники переоформлены, за исключением проф. Меймана Н.С. — заведующего вычислительным бюро.

Как сообщил мне т. Павлов Н.И., имеется сомнение в том, что Н.С. Мейман будет допущен к этой работе с Л.Д. Ландау, и мне предложено обсудить кандидатуры для замены его.

Материалы на переоформление т. Меймана нами были направлены 8 марта 1952 г., но до сих пор ответа нет.

Благодаря этому, нет возможности включить в работу вычислительное бюро, а других математиков, могущих руководить работой бюро, в институте нет.

Поэтому работа Л.Д. Ландау по "слолке" уже около месяца практически не движется.

Как видно из прилагаемой справки, Мейман с 1948 года занимался объектами КБ-11, РДС-6 и "Трубой" и была отмечена его успешная работа.

Прошу Вас дать указание ускорить решение вопроса о возможности привлечения т. Меймана к работе по "слолке".

Следует учесть, что замена Меймана другим лицом подходящей квалификации приведет к задержке работы на 5-ть месяцев, т.к. даже для вполне квалифицированного математика потребуется это время для освоения сложной методики расчёта.

А. Александров»

На этом письме имелась следующая резолюция Л.П. Берия:

«1. Тов. Завенягину А.П.

Рассмотрите вместе с тт. Курчатовым и Павловым заявление тт. Александрова, Тамма и Ландау.

Свяжитесь с т.Игнатьевым С.Д.

Ваше предложение доложите.

2. Тов. Игнатьеву С.Д.

Прошу рассмотреть и сообщить своё мнение. Л. Берия 5 мая 1952 г.»

Примечание автора: Игнатьев С.Д. — министр госбезопасности.

В соответствии с поручением А.П. Завенягин и Н.И. Павлов направили Л.П. Берия письмо следующего содержания [88]:

«По Вашему поручению нами рассмотрено заявление Александрова, Тамма и Ландау о привлечении к работам по РДС-6с начальника вычислительного бюро Института физических проблем АН СССР т. Меймана Н.С.

В связи с тем, что т. Мейман работает в Институте физических проблем с 1948 года и при его участии выполнен ряд работ по заданиям КБ-11 (расчеты КПД изделий, исследования процесса детонации дейтерия и др.) в целях обеспечения своевременного выполнения расчетов по изделию РДС-6с, считаем необходимым допустить т. Меймана к указанным работам на срок до полугодя.

Для подготовки замены т. Меймана считаем целесообразным теперь же назначить ему заместителя. В ка-

честве такой кандидатуры предлагаем тов. Молчанова А.М.

Тов. Молчанов — кандидат физико-математических наук, работает руководителем вычислительной группы математического института АН СССР, выполняющей в течение последнего полугодия математические исследования для изделия РДС-6т.

По отзывам академиков Келдыша и Петровского тов. Молчанов является талантливым молодым математиком.

Тов. Александров А.П. просит назначить тов. Молчанова на должность заместителя начальника вычислительного бюро института физических проблем.

С тов. Игнатьевым настоящие предложения согласованы».

В результате разбирательства серьезных руководителей Н.С. Мейман был допущен к работе по РДС-6С. Как видно из письма А.П. Александрова, это привело, помимо нервного стресса у двух академиков, к задержке расчетов по РДС-6С.

7 мая 1952 г. высшие руководители Атомного проекта Б.Л. Ванников, А.П. Завенягин, И.В. Курчатов, Ю.Б. Харитон, Е.П. Славский, Н.И. Павлов, П.М. Зернов направили Л.П. Берия переработанный проект постановления СМ СССР по созданию РДС-6С [89]. В пункте 1 проекта было указано:

«В развитие постановления № 5373-2333 поручить:

а). Институту физических проблем Академии наук СССР (тт. Александрову и Ландау) выполнить расчет процесса взрыва модели РДС-6С. Срок — декабрь 1952 г.»

В пункте 12 и 19 было указано:

«12. Обязать ПГУ и АН СССР направить закончивших курсы по подготовке математиков-расчетчиков в отдел Ландау (Институт физических проблем Академии наук СССР) 6 чел. [...]

19. Увеличить штаты Института физических проблем Академии наук СССР (отдел т. Ландау) инженеров 4 чел., вычислителей — 4 чел.»

Руководитель группы Л.Д. Ландау систематически направлял отчеты о проделанной работе по РДС-6С руководству ПГУ. В рукописном отчете в адрес А.П. Завенягина от 26.07.1952 г. он указывал [90]:

«Сообщаю отчет о ходе работы по МСЗ за июль 1952 г. В течение этого времени:

1. Разработан метод расчета прохождения тепловой волны через первую тяжелую оболочку.

2. Разработан метод расчета процесса "захлопывания" легких слоев — их разогревания, сжатия и развития реакции в них.

3. Проверена эффективность разработанного метода интегрирования уравнения теплопередачи. Введено усовершенствование метода счета вблизи центра. Начат систематический расчет объекта».

На обороте отчета, подписанного Ландау, имеется помета: "Исполнено в одном экземпляре без черновика, исполнитель Лифшиц Е.М., 26.07.1952 г."

Примечание автора: МСЗ — многослойный заряд ВВ.

В начале июля 1952 г. ИФП направил в ПГУ "План работы по МСЗ на 2-е полугодие 1952 г.", в котором было указано [91]:

«План работы по МСЗ на 2-е полугодие 1952 г.

Исполнители: теоретический отдел и математическое бюро согласно утвержденному списку.

Руководитель: акад. Л.Д. Ландау

Содержание работы по этапам	Срок исполнения	Примечание
1. Разработка метода расчета процесса "захлопывания" легких слоев. Исследование распространения ударных волн в этих слоях.	25.07.	
2. Испытание эффективности разработанных методов численного интегрирования дифференциального уравнения теплопередачи.	25.07.	
3. Развитие процесса в объекте до начала разогревания первого легкого слоя. Горение центрального ядра и распространение тепловой волны в первой легкой оболочке.	1.09.	В течение времени между 25.07. и 1.09. работа должна проходить в основном в математ. бюро. На это время предусмотрен отпуск Л.Д. Ландау (с 28.07. по 30.08.). Ответственность и наблюдение за работой бюро со стороны физиков на это время возлагается на И.М. Халатникова.
4. Процесс "захлопывания" первой легкой оболочки и развитие реакции	15.10.	
5. Развитие процесса после "захлопывания" 1-й легкой оболочки. Выход ударной волны в тяжелое вещество. Турбулентное перемешивание в объекте. Распространение процесса по второй тяжелой оболочке. Процесс "захлопывания" 1-й легкой оболочки.	25.11.	
6. Приход тепла к наружной оболочке объекта. Начало и развитие процесса разлета вещества. Завершающая стадия процесса в объекте.	20.12.	
7. Оформление графического отчета, регистрирующего развитие процесса в объекте.	31.12.	

Подписано Ландау (акад. Л.Д. Ландау)».

В аналогичном отчете за сентябрь 1952 г. А.П. Завенягину от 1.10.1952 г. Ландау указывал [92]:

«Сообщаю отчет о ходе работы по МСЗ за сентябрь.

В ходе систематического счета оказалось, что разработанный метод расчета процесса размножения частиц становится практически неприменимым после начала "захлопывания" узкого слоя. Это обстоятельство привело к необходимости разработки нового метода, в связи с чем задержался систематический расчет объекта. К настоящему времени нами разработан новый метод и расчеты возобновились.

В течение этого месяца произведена также теоретическая разработка метода расчета ударных волн, выходящих из узких слоев в широкие после их "захлопывания".

Л. Ландау. 1.X.52 г.»

На отчете Ландау имеется следующая помета сотрудника ПГУ В.С. Комелькова от 13.10.1952 г.: "С по-

ложением дел в ИФП знакомилась т.т. Тамм И.Е. и Сахаров А.Д."

Необходимо отметить, что Ландау был в курсе исследований по РДС, проводимых в других организациях, так как руководство Атомного проекта способствовало этому. Так, например, Ю.Б. Харитон 17.01.1952 г. обращается с просьбой к П.М. Зернову дать указание М.Г. Мещерякову направить отчет В.А. Давиденко и др. об измерениях сечений $D(d, n)He^3$ и $T(d, n)He^4$ реакций в ИФП для ознакомления Л.Д. Ландау. 27 марта 1952 г. он просит П.М. Зернова переслать в ИФП для ознакомления Ландау отчет «Предварительные соображения о методах решения задач типа основного задания и дополнения к отчету «перечень обозначений». 5 апреля 1952 г. для Ландау был направлен отчет А.Д. Сахарова и Ритуса "Постановка задачи о действии МЗ". Присылались отчеты сотрудников ИХФ, ФИАН и бюро Тихонова А.Н. И подобных примеров имелось значительное число.

9. Оценка вклада Л.Д. Ландау

Из представленных в статье архивных документов видно, что Л.Д. Ландау и его немногочисленная группа внесли существенный вклад в исключительно сложное расчетное обоснование атомной и водородной бомб. Однако, кроме представленных здесь документов, имеются документальные свидетельства его современников, которые приводятся ниже. Одним из значимых свидетельств является непредвзятое и компетентное мнение о деятельности Л.Д. Ландау К.И. Щелкина, являвшегося непосредственным участником описываемых в статье событий, направленное в адрес ПГУ 18.05.1952 г. [93]:

«Работа Л.Д. Ландау относится ко всем важнейшим разделам работы КБ-11. Они подразделяются на следующие основные тематики:

1. Детонация обычных ВВ.

2. Количественная теория цепного ядерного взрыва и расчет кпд, разработанных и разрабатываемых в КБ-11 конструкций.

3. Работы по теории изделия РДС-6т (в настоящее время работы прерваны в связи с новым заданием по РДС-6с).

4. Разработка методов расчета цепного ядерного взрыва и термоядерного взрыва и расчет эффективности РДС-6с (работа началась в январе 1952 г.).

Под руководством Л.Д. Ландау работала небольшая группа физиков (д.ф.м.н. Лифшиц, кандидаты Халатников, Дьяков, Сивухин) и математическая группа в составе около 15 человек.

Ниже излагаются результаты, полученные Ландау и его группой по перечисленным темам:

1. Детонация обычных ВВ.

Работы по этой тематике были проведены совместно с К.И. Станюковичем в 1944–1945 гг., причем не по заданиям, а в связи с общими вопросами теории ВВ. Ландау и Станюкович отметили, что продукты взрыва — вещество, находящееся при температуре несколько тысяч градусов и при давлении в сотни тысяч атмосфер — нельзя рассматривать как газ, состоящий из жестких несжимаемых молекул, как это принято в литературе. Ландау и Станюкович выдвинули и обосновали предположение о продуктах взрыва как упругой жидкости, в

которой именно упругость молекул, а не тепловое движение обуславливает высокое давление. По данным о скорости детонации ВВ различной плотности был найден закон зависимости давления от плотности. Работа опубликована в Докладах АН СССР. Когда в КБ-11 в 1946 г. была начата разработка изделий с обжимным зарядом, было использовано уравнение, предложенное Ландау и Станюковичем. В расчетах КБ-11 эти уравнения и основанные на них теоретические расчеты КБ-11 и Математического института АН СССР были широко проверены и подтверждены прямыми опытами.

2. Количественная теория цепного ядерного взрыва.

Ландау и его группа были привлечены к разработке теории цепного ядерного взрыва в конце 1947 г. К этому моменту в КБ-11 и группе Института химической физики, работающей по заданию КБ-11, был произведен ряд расчетов критических масс и скоростей размножения нейтронов в надкритической массе активного вещества.

Размножение нейтронов приводит к выделению энергии и весьма большому повышению давления; происходит взрыв — основной заряд расширяется и процесс прекращается, несмотря на то, что используется лишь часть активного вещества. До работ Ландау имелась приближенная полуколичественная теория процесса взрыва, правильно указывающая на значения таких факторов, как надкритичность и скорость размножения, но не обеспечивала нужную точность вычисления КПД.

Разработка количественной теории, позволяющей с достаточной точностью вычислять мощность взрыва, была выполнена Ландау и его группой в течение двух лет, основные математические расчеты были проведены в математическом бюро Института физических проблем под руководством Меймана, ряд расчетов по заданиям Ландау — в бюро Тихонова.

Работа изложена в 22-х отчетах.

Для разработки теории процесса Ландау исследовал свойства активных веществ (давление, теплоемкость, теплопроводность) при тех условиях, которые достигаются при взрыве. Далее был развит метод описания процесса системой дифференциальных уравнений в полных производных. Путем интегрирования этих уравнений найден закон расширения активного шара, закон движения оболочки, окружающей шар, изменение температуры в активном шаре и оболочке, ход размножения нейтронов и ход развития ядерного процесса. В результате расчетов определилось полное количество сгоревшего вещества и полное количество выделившейся энергии.

Проделаны расчеты большого числа конкретных случаев, что позволило создать удобную обобщающую формулу зависимости мощности взрыва от конструктивной величины.

Рассчитаны системы при опытных взрывах и подготавливаемые к испытанию.

3. Работы по детонации дейтерия (D, D).

Ландау и его группа были привлечены к работе по возбуждению детонации дейтерия постановлением правительства от 26.2.1950 г. До этого в работе КБ-11 и привлеченных организаций были выяснены основные качественные особенности проблемы. На этой стадии Ландау принимал консультационное участие и дал ценные предложения, в частности, по теории комптонизации (одному из наиболее трудных и важных вопросов в проблеме).

Для решения основного вопроса о неограниченном распространении дейтерия в цилиндрическом заряде необходима точная количественная теория процессов, происходящих при термоядерной реакции. Разработка такой теории и была поручена группе Ландау, которая выполнила следующие работы.

По экспериментальным данным наново вычислены скорости термоядерных реакций при высокой температуре. Вычислены пробеги и времена замедления частиц, получающихся при ядерных реакциях, передача энергии от этих частиц ядрам и электронам. Уточнены вычисления первичного излучения квантов. Подробно рассчитаны законы однократного рассеяния квантов в нагретом веществе.

В начале работ нельзя было считать исключенной возможность распространения процесса передачи энергии быстрыми частицами без ударной волны. Эта возможность проверялась и была отвергнута в результате составления и интегрирования одномерных уравнений детонации дейтерия группой Ландау.

Исследование решения распространения при наличии ударной волны потребовало разработки методики сложной газодинамической задачи. Ландау начал разработку прямого, принципиально надежного, но весьма трудоемкого метода рассмотрения нестационарных процессов. Им разработаны эффективные методы ускорения таких расчетов. Разработанные методики могут быть применены и к проблеме инициирования РДС-6т и к другим проблемам в области расчета водородных изделий.

Работы группы Ландау по вопросу детонации дейтерия изложены в 9 отчетах.

1. Работы по теории многослойного заряда.

В 1949 г. при обсуждении с Ландау вопроса о способах теоретического расчета явлений перемешивания слоев многослойного заряда в процессе взрыва, оказывающего существенное влияние на КПД этого изделия, Ландау указал тот метод расчета турбулентности перемешивания слоев, который был впоследствии при постоянной консультации с Ландау применен к этому вопросу и стал основой для всех оценок явлений перемешивания в многослойном заряде.

В 1951 г. в процессе работы над D—D Ландау подверг систематическому анализу вопрос о возможных методах численного интегрирования дифференциальных уравнений с точки зрения эффективности, надежности и точности этих методов. Результаты этого исследования использованы им в настоящее время для построения такого метода расчета действия многослойного заряда, который позволил бы уточнить некоторые особенности гидродинамического поведения слоистой оболочки в процессе взрыва. Эти особенности (так называемая "болтанка"), оказывающие существенное влияние на КПД изделия, не учитывались пока с надлежащей степенью точностью ввиду сложности вопроса и отсутствия эффективных методов для его решения.

В соответствии с решением Правительства от 29.12.1951 г. Ландау с начала 1952 г. приступил к расчету действующей модели многослойного заряда, предназначенного для опытного испытания. Именно в этом случае для сравнения теории с опытом и для получения надежных данных для расчета окончательной конструкции необходимо иметь настоящий точный расчет, который может быть произведен методом Ландау.

В настоящее время группа Ландау, проанализировав физическую сторону явлений, протекающих в многослойном заряде, подготавливает совместные задания для математического бюро.

Весьма существенный вклад, внесенный Ландау в разработку теоретической базы для нашей техники, тесно связан с тем, что Ландау сочетает искусство глубокого теоретического анализа физических явлений с умением находить эффективные способы количественного расчета чрезвычайно сложных проблем, приводящие к выявлению относительно простых закономерностей, которые могут непосредственно применяться при решении практических задач».

Подлинник документа, хранящегося в архиве Роста (ф. 24, дело 61464, с. 20–24), подписан К.И. Щелкиным, а на обороте имеется помета: "печатаю Харитон".

Другую, важную оценку деятельности Ландау дал директор ИФП А.П. Александров в письме А.П. Завянгину, в котором было указано [94]:

«1. С начала 1947 г. академику Л.Д. Ландау были даны поручения КБ-11. Первое задание выполнено академиком Ландау, профессором д.ф.-м.н. Лифшицем и к.ф.-м.н. Халатниковым и вычислительным бюро под руководством проф. Н.С. Меймана, которое было специально организовано для этих работ. В течение 1947–1949 гг. Ландау вел работу по теоретическому исследованию процесса взрыва с вычислением КПД взрыва активного шара. Были рассмотрены общие методы размножения нейтронов в этих системах и методы исследования гидродинамической картины взрыва. Было просчитано около 100 различных вариантов конструкций изделий (голые шары, шар с оболочкой, шар из разных активных материалов, разной степени надкритичности).

В результате обобщения полученных данных были построены простые интерполяционные формулы, позволяющие весьма просто оценивать роль всех этих факторов и их влияние на КПД изделия.

Т.о., полученные Л.Д. Ландау результаты дали возможность выбрать оптимальную конструкцию изделий.

Результаты этих работ в отчетах ИФП под шифром ОТФ с № 1 по № 24 и в ряде писем на имя Ю.Б. Харитона.

2. В 1950–1951 гг. велись работы по исследованию возможности детонации в "Трубе", предложенной Я.Б. Зельдовичем. Были произведены расчеты по выяснению физических характеристик вещества при очень высоких температурах (сотни миллионов градусов), что было необходимо для понимания процесса взрыва. При этом было выяснено новое существенное обстоятельство — большие длины пробега быстрых частиц, освобождающихся при реакции, в результате чего их роль в процессе приобретает особое значение. В связи с этим, возник вопрос о том, не является ли эта роль настолько важной, что определяет весь ход процесса. Были разработаны методы расчета этого механизма распространения детонации, но произведенные вычисления обнаружили, что этот процесс недостаточен для поддержания стационарной детонации и что вместе с этим процессом имеет место развитие детонации, обусловленное ударной волной.

Одновременно производились работы, имеющие целью построение приближенных методов расчета гидродинамического режима с ударной волной.

Ввиду выяснившихся в результате работ к весне 1951 г. чрезвычайной сложности явлений, далеко превосходящих то, что предполагалось, был составлен новый план, по которому группе Ландау было поручено 2 раздела:

1. Работа по Комптон-эффекту, которая была закончена и в настоящее время кладется в основу работы группы Померанчука.

2. Работа по решению идеализированных газодинамических задач путем интегрирования точных уравнений нестационарного движения. Такого рода задачи до этого никогда и никем не решались и потребовалось построить совершенно новые математические методы, что и было осуществлено. Значение развитых методов выходит за пределы данной задачи (труба) и они могут с успехом применяться и при решении других аналогичных вопросов, в том числе задач о КПД обычного изделия и "слойки". В этих работах, помимо перечисленных ранее сотрудников Л.Д. Ландау, принимал участие С.П. Дьяков, кандидат ф.м.н.

Результаты работ изложены в отчетах ОТФ №№ 25–38.

3. Начиная с марта 1952 г., руководимая Ландау группа переключилась на работы по слойке.

Лично Л.Д. Ландау принял участие в этой работе в качестве консультанта уже ранее — в частности, им были предложены основные принципиальные методики расчета очень существенного перемешивания "легких" и "тяжелых" слоев.

По всем отчетам группы Ландау, как видно из изложенного, рассматривались вопросы, имеющие большое значение, прямых отзывов КБ-11 мы не имеем и представительное заключение о значимости работ отражает наше мнение».

К этому письму А.П. Александрова был приложен перечень научных отчетов группы Ландау за период 1947–1952 гг., являющийся документальным свидетельством напряженной работы Ландау и его группы и который приводится ниже:

«1947–1948 гг.

1. Отчет ОТФ/1. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Коэффициент полезного действия активного шара без изоляции (направлено ПГУ — Первухину, ЛИП — Соболеву, ИХФ — Семенову, Зельдовичу 16.03.48 г.).

2. Отчет ОТФ/2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. О размножении *нулевых точек* в критических условиях (направлено ПГУ — Первухину, ЛИП — Соболеву, ИХФ — Семенову, Зельдовичу 16.03.48 г.).

3. Отчет ОТФ/3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Гидродинамическое исследование процесса расширения шара. I (направлено ПГУ — Первухину, ЛИП — Соболеву, ИХФ — Семенову, Зельдовичу 16.03.48 г.).

4. Отчет ОТФ/4. Ландау Л.Д., Померанчук И.Я., Ахизер А.И., Халатников И.М. Теплопроводность *олова* (направлено ПГУ — Первухину, ЛИП — Соболеву, ИХФ — Семенову, Зельдовичу 16.03.48 г.).

5. Отчет ОТФ/5. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Коэффициент полезного действия активного шара с бесконечной изоляцией, не взаимодействующей с нулевыми точками и излучением. I (направлено ПГУ — Первухину, ИХФ — Семенову 27.03.1948 г., ЛИП — Соболеву, 15.07.48 г.).

6. Отчет ОТФ/6. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Коэффициент полезного действия активного шара с

бесконечной изоляцией, не взаимодействующей с нулевыми точками и излучением. II (направлено ЛИП — Соболеву, 17.05.48 г., ПГУ — Харитону 17.05.48 г., ИХФ — Семенову, Зельдовичу 17.05.48 г.).

7. Отчет ОТФ/7. Ландау Л.Д., Халатников И.М. К вопросу о влиянии взаимодействующей с излучением бесконечной изоляции на кпд активных шаров (направлено ЛИП — Соболеву, ПГУ — Харитону, ИХФ — Семенову, Зельдовичу 17.05.48 г.).

8. Отчет ОТФ/8. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Адиабатическое расширение активного шара с бесконечной изоляцией, не взаимодействующей с нулевыми точками (направлено ЛИП — Соболеву, ПГУ — Харитону, ИХФ — Семенову, Зельдовичу 17.05.48 г.).

9. Отчет ОТФ/9. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Критические размеры активных шаров с изоляцией (направлено ПГУ — Харитону, ЛИП — Соболеву 7.06.1948 г., ПГУ — Павлову 31.03.52 г.).

10. Отчет ОТФ/10. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Временной закон для размножения нулевых точек в активных шарах с изоляцией (направлено ПГУ — Харитону, ЛИП — Соболеву 7.06.1948 г., ПГУ — Павлову 31.03.52 г.).

11. Отчет ОТФ/11. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Коэффициент полезного действия активного шара без изоляции (направлено Тихонову 5.07.48 г.).

12. Отчет ОТФ/12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Гидродинамическое исследование процесса шара (направлено Тихонову 5.07.48 г.).

13. Отчет ОТФ/13. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Мейман Н.С. Гидродинамическое исследование процесса расширения шара (направлено ПГУ — Харитону 28.10.48 г., ПГУ — Павлову 21.03.52 г.).

14. Отчет ОТФ/14. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Полная система интегро-дифференциальных уравнений, описывающих процесс сгорания (направлено ПГУ — Харитону 28.10.48 г., ПГУ — Павлову 21.03.52 г.).

15. Отчет ОТФ/15. Халатников И.М. Критические размеры шаров с произвольным распределением активного вещества (направлено ПГУ — Харитону 28.10.48 г., ПГУ — Павлову 21.03.52 г.).

16. Отчет ОТФ/16. Халатников И.М. Критические размеры шаров (направлено ПГУ — Харитону 28.10.48 г.).

17. Отчет ОТФ/17. Ландау Л.Д., Халатников И.М. Функция распределения для нулевых точек в активных шарах (направлено ПГУ — Харитону 28.10.48 г.).

18. Отчет ОТФ/18. Халатников И.М. Временной закон для размножения нулевых точек в неоднородных шарах (направлено ПГУ — Харитону, ПГУ — Зельдовичу 28.12.48 г., ПГУ — Павлову 21.03.52 г.).

19. Отчет ОТФ/19. Халатников И.М. Некоторые замечания об экономически целесообразном распределении масс в активных шарах (направлено ПГУ — Харитону 31.10.48 г.).

20. Отчет ОТФ/20. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Гидродинамическое исследование процесса расширения шара. III (направлено ПГУ — Харитону, ПГУ — Зельдовичу 28.12.48 г.).

1949 г.

21. Отчет ОТФ/22х). Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Гидродинамическое исследование процесса, расширения шаров. IV (направлено ПГУ — Харитону 22.04.49 г.).

22. Отчет ОТФ/23. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Гидродинамическое исследование процесса расширения шаров. IV (направлено ПГУ — Харитону 6.05.49 г.).

23. Отчет ОТФ/24. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Интерполяционные формулы для кпд активных шаров (направлено ПГУ — Харитону 6.07.49 г.).

24. Отчет ОТФ/25. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. К теории детонации *дейтерия*. I (направлено ПГУ — Харитону 10.07.49 г.).

1950 г.

25. Отчет ОТФ/26. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. К теории детонации *дейтерия*. II (направлено ПГУ — Харитону 10.07.49 г.).

26. Отчет ОТФ/27. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. К теории детонации *дейтерия*. III (направлено ПГУ — Харитону 10.07.49 г.).

1951 г.

27. Отчет ОТФ/28. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. О возможности детонации *дейтерия* в трубе (направлено ПГУ — Павлову 3.02.51 г.).

28. Отчет ОТФ/29. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Отчет № 4. Влияние конечности радиуса цилиндра на процессы переноса энергии быстрыми частицами (направлено ПГУ — Павлову 3.02.51 г., ПГУ — Харитону 18.04.51 г., Келдышу 14.07.51 г.).

29. Отчет ОТФ/30. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М. Отчет № 1 (направлено лаборатории "В" — Блохинцеву, Келдышу 14.05.51 г.).

30. Отчет ОТФ/31. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. Отчет № 2 (направлено лаборатории "В" — Блохинцеву, Келдышу 14.05.51 г.).

31. Отчет ОТФ/32. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. Отчет № 3 (направлено лаборатории "В" — Блохинцеву, Келдышу 14.05.51 г.).

32. Отчет ОТФ/33. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. Отчет № 4. Влияние конечности радиуса цилиндра на процессы переноса энергии быстрыми частицами (направлено лаборатории "В" — Блохинцеву 14.05.51 г.).

33. Отчет ОТФ/34. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. Отчет № 5 (направлено ПГУ — Харитону 25.07.51 г., ПГУ — Павлову 10.03.52 г.).

34. Отчет ОТФ/35. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Об отражении слабого разрыва от звуковой линии (направлено ПГУ — Харитону, Келдышу 7.01.51 г.).

1952 г.

35. Отчет ОТФ/36. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Метод решения уравнений идеализированной гидродинамической задачи. Отчет № 7 (направлено ПГУ — Харитону, Келдышу 3.03.52 г.).

36. Отчет ОТФ/37. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Мейман Н.С. Интегрирование систем уравнений в частных производных гиперболического типа методом сеток. Отчет № 8 (направлено ПГУ — Харитону, Келдышу 3.03.52 г.).

37. Отчет ОТФ/38. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Дьяков С.П. Одномерные уравнения детонации в системе "Т" (направлено ПГУ — Харитону, Павлову для Блохинцева 10.03.51 г.).

20 мая 1952 г. руководители ПГУ А.П. Завенягин и Н.И. Павлов направили Л.П. Берия, согласно его поручению, "справку о работах, выполняемых академиком

Л.Д. Ландау по заданию ПГУ", в которой они частично воспользовались информацией, указанной К.И. Щелкиным [95]:

«Академику Ландау Л.Д. поручена работа, связанная с исследованием физических явлений в процессе взрыва плутония, урана-235 и дейтерия и механизма развития взрыва и его коэффициента полезного действия.

1. Детонация обычных ВВ. [...]

2. В 1947–1949 гг. Ландау по заданию ПГУ разработал теорию определения коэффициента полезного действия изделия РДС различных конструкций. В нашем рассмотрении были данные о возможных значениях коэффициента полезного действия, однако сведений и методики определения коэффициента полезного действия и расчетов коэффициента полезного действия не было.

Работы, изложенные им в 22-х отчетах, были оригинальными и оказали серьезную помощь КБ-11 в деле понимания процессов, происходящих при взрыве бомбы.

Следует отметить, что точность определения коэффициента полезного действия по методу, разработанному Ландау, была недостаточной и оказалась ниже действительной по изделиям РДС-1 и РДС-2 на 30 % и по изделию РДС-3 — на 10 %.

3. В 1950 г. академику Ландау была поручена работа по детонации дейтерия и выяснение возможности создания изделия РДС-6т.

За 1950–1951 гг. Ландау была проделана значительная работа по выяснению характера и хода различных ядерных процессов, протекающих при детонации дейтерия (длины пробега быстрых частиц, передача энергии быстрыми частицами ядрам и электронам, потери энергии от гамма-излучения и др.).

В процессе изучения условий детонации дейтерия Ландау решающую роль отводил детонации, вызываемой быстрыми частицами, и недооценил зависимость детонации от ударной волны, возникающей в результате взрыва инициирующей бомбы.

Выяснившаяся необходимость учета влияния ударной волны на детонацию дейтерия сильно усложнила задачу разработки теории детонации дейтерия и потребовала разработки нового математического метода и большой дополнительной расчетной работы. Эти дополнительные исследования, связанные со значением ударной волны, Ландау закончены.

Вопрос о возможности создания изделия РДС-6т Ландау, пожалуй, не выяснен. Эта работа потребует еще больше усилий и значительного времени.

Ввиду сложности задачи и большого объема работ, в целях ускорения решения вопроса о возможности создания изделия РДС-6т, к этой теме решением правительства дополнительно привлечена группа академика Келдыша в Математическом институте и член-корреспондента АН СССР Блохинцева в Лаборатории "В" ПГУ.

Работы Ландау по теории детонации дейтерия изложены в 9 отчетах.

4. В связи с необходимостью быстрее завершить работ по изделию РДС-6с по решению правительства с начала 1952 г. группа академика Ландау была переключена на расчеты по модели изделия РДС-6с (механизм взрыва, мощность его, явление перемешивания тяжелого и легкого слоев).

За истекшие месяцы 1952 г. группа Ландау проанализировала физическую сторону явлений, протекающих в многослойном заряде, и подготавливает задания для Математического института.

По мнению ученых-физиков, принимавших участие в работах ПГУ, академик Ландау является крупнейшим в СССР физиком-теоретиком. Работы его для КБ-11 выполнены на высоком научном уровне и были использованы в КБ-11 в качестве основы для расчетов по обжатию; КПД изделий и по процессам, протекающим при детонации дейтерия».

Оценка значимости работ группы Ландау и его лично содержится в документе "Модель изделия РДС-6С", подготовленном А.Д. Сахаровым, И.Е. Таммом и Я.Б. Зельдовичем 17.07.1953 г. перед проведением 12 августа 1953 г. взрыва опытной ВВ РДС-6С [96]. В нем имеются следующие разделы:

1. Принцип действия и основные показатели изделия РДС-6с.

2. Исследование процессов, происходящих при действии изделия РДС-6с:

А. Ядерные исследования

Б. Исследование процессов сжатия

В. Перемешивание слоев в процессе взрыва

Г. Расчет процессов ядерного взрыва и мощность изделия.

3. Анализ надежности изделия РДС-6с.

4. Задачи и методы испытания изделия РДС-6с.

Согласно существующему порядку отдельные термины такие, как нейтроны, КБ-11, РДС-6с, ядерный взрыв и др., вписаны от руки А.Д. Сахаровым (они помечены курсивом).

В этом описании авторы документа, в частности, указали [96]:

«В группах Тихонова и Ландау Л.Д. по заданиям КБ-11 были разработаны методы "детального" расчета процесса взрыва.

Идея "детального" расчета сводится к следующему. Полный интервал времени, в течение которого разыгрывается процесс взрыва, разбивается на ряд меньших интервалов — шагов по времени (их число около 100). Процесс взрыва рассчитывается шаг за шагом, начиная с разрушения нейтронного запала вплоть до последних стадий, когда в результате процесса расширения (разлета) изделия его плотность настолько упала, что все ядерные (нейтронные и термоядерные ядерные) реакции практически прекратились. Для учета взаимного влияния различных частей системы вся система разбивается на ряд отрезков по радиусу (их в расчете около 30) и в каждом из таких отрезков на каждом шагу по времени определяются значения всех функций температуры, плотности вещества, плотности нейтронов трех различных "энергетических" групп.

Разработка математических методов детального расчета, выполненная по заданиям КБ-11 группами Ландау Л.Д. и Тихонова А.Н., потребовала серьезной исследовательской и большой вычислительной работы. В ходе поисков оптимального варианта РДС-6С и методических изысканий было проведено 12 детальных расчетов водородных изделий^х). Количество произведенных при этом арифметических операций исчисляется многими десятками миллионов.

Отметим некоторые принципиальные моменты. Был выработан такой метод расчета, в котором неизбежные в

столь громоздких вычислениях ошибки не накапливаются и не приводят к существенной погрешности в конечном результате. Решение этой проблемы открывает в частности возможность применения электронных вычислительных машин взамен медленного и трудоемкого ручного счета.

Особые трудности в проблеме расчета РДС-6С (преодоленные лишь в 1952 г. Ландау Л.Д.) вызвало наличие в изделии ударных волн, возникающих при сжатии легких слоев в стадии *ядерного взрыва* и обусловленных слоистой структурой изделий.

Ряд необходимых для расчета *процесса взрыва* величин теплопроводности и уравнение состояния *урана* при температурах *100 млн* градусов, характеристики перемешивания, вязкости и диффузии были вычислены в Физическом институте АН СССР. Существенную часть подготовительной работы в *КБ-11* составила выработка метода расчета в процессе *взрыва*.

Примечание документа: х) «7 расчетов в бюро Тихонова и 3 расчета в бюро Ландау».

Представленные в настоящей статье архивные документы свидетельствуют о серьезном вкладе академика Л.Д. Ландау в расчетное обоснование атомного и водородного оружия на начальном этапе советского Атомного проекта.

10. Заключение

Создание ядерно-водородного оружия в бывшем СССР представляет собой исключительно важный этап в истории отечественной атомной науки и техники, позволивший обеспечить необходимый и достаточный уровень безопасности страны. В разработке первых образцов атомной и водородной бомб участвовало большое число известных советских ученых и инженеров.

Многие выдающиеся ученые внесли свой вклад в Атомный проект. Их роль уже достаточно полно освещена в различных публикациях, в частности, и на страницах журнала *УФН* (см. [97–106]). Однако в силу известных обстоятельств имена еще многих участников и их вклад в общее дело недостаточно известны. В частности была недостаточно отражена роль выдающегося советского ученого академика Л.Д. Ландау и его немногочисленных, но выдающихся соратников.

К счастью, в год столетнего юбилея академика Льва Давидовича Ландау стало возможным представить читателям обзор того огромного вклада в Атомный проект, который внес сам Лев Давидович, его ученики и коллеги. Представленная здесь статья дает возможность познакомиться с этой, неизвестной ранее научной деятельностью Л.Д. Ландау и его коллег в советском Атомном проекте. По представленному обзору секретных ранее документов видна огромная роль Л.Д. Ландау в общем успехе и данная публикация, как нам представляется, освещает еще одну (мало известную) грань его необыкновенной личности.

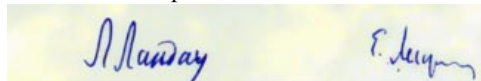
Приложение 1. Тезисы докладов на совещании по РДС-6т 8–9.01.1952 г. [75]:

Об отражении слабого разрыва от звуковой линии

Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц

1. Для выяснения качественного характера движения в идеализированной, газодинамической задаче произведено исследование особенностей течения, возникающих вблизи точки пересечения отходящего от края "чечевицы", слабого разрыва с линией перехода из дозвуковой в сверхзвуковую область. Исследование производится с помощью газодинамического уравнения Чаплыгина в упрощенной для околоразрывного случая форме уравнения Трикоми.

2. Показано, что слабый разрыв должен "отразиться" от точки пересечения по направлению назад, причем в точке пересечения приходящий и отраженный разрыв касаются линии перехода, а последняя имеет точку перегиба. На отраженном разрыве распределение скоростей имеет своеобразную логарифмическую особенность. Неадиабатичность движения и наличие вихрей в первом приближении не оказывают влияния на эту картину. Подробное изложение работы дано в отчете ОФ-35.



Л. Ландау Е. Лифшиц Мб. 33оп к исх. 026оп от 17.01.52 г., Мб. 44 из с.34, 24-18-11

О решении двумерной нестационарной газодинамической задачи

Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Н.С. Мейман, И.М. Халатников, С.П. Дьяков

1. Наиболее удобными координатами в данной задаче оказываются тороидальные координаты. Начало отсчета тороидальной системы координат выбирается в уголке "чечевицы" /точка пересечения ударной волны со стеной/.

2. Разработанная нами для одномерного случая /одна координата/ методика численного решения уравнений в частных производных большими шагами по времени не может быть полностью перенесена на случай двумерной задачи. В последнем случае не существует характеристических комбинаций из переменных, относительно которых уравнения газодинамики допускают односторонний счет /от ударной волны или звуковой линии/.

3. Однако уравнения газодинамики в двумерном случае можно переписать в таком виде, чтобы они содержали характеристические комбинации, позволяющие находить их значения односторонним счетом по одной из координат большими шагами по времени.

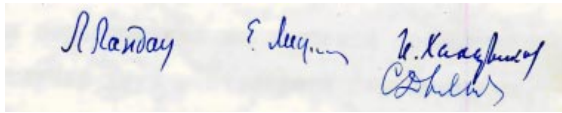
4. Разработанная нами методика численного решения двумерной задачи включает в себя односторонний счет по одной из координат и стандартный счет по сетке по второй координате.

При этом, естественно, возникает условие, ограничивающее шаг по времени. Здесь, однако, следует учесть то обстоятельство, что картина течения значительно

меньше изменяется по одной из координат, чем по другой.

Применяя односторонний счет относительно координаты, вдоль которой скорость изменения движения более значительная, добиваемся того, что условие, ограничивающее счет по времени, связано только с шагом по той координате, вдоль которой переменные изменяются медленно.

Таким образом, удается ускорить счет примерно в 5–6 раз по сравнению со стандартным методом счета.



24-18-11 с.35-36 мб. 045из

Интегрирование уравнений гидродинамики методом сеток

Л.Д. Ландау, Н.С. Мейман, И.М. Халатников

1. Системы уравнений в частных производных гиперболического типа с двумя независимыми переменными обычно интегрируются методом характеристик. Счет по характеристикам имеет свои преимущества, но этот счет весьма громоздок в случае двух переменных и становится совершенно необозримым при попытках перенести его на случай трех независимых переменных.

В отличие от метода характеристик для метода сеток случай трех независимых переменных не является принципиально более сложным, чем случай двух независимых переменных. Наконец, даже в случае двух независимых переменных метод сеток значительно проще и менее трудоемок, чем метод характеристик. Разностный оператор, заменяющий в методе сеток дифференциальный оператор, является по отношению к дифференциальному возмущенным оператором, поэтому даже при идеально точном счете и даже не принимая во внимание неизбежных ошибок при округлении цифр, при каждом шаге мы получим некоторое возмущение. Отсюда следует, что только при сетках и разностных схемах, удовлетворяющих некоторым критериям устойчивости, счет по сетке аппроксимирует решение системы дифференциальных уравнений. В противном случае счет становится совершенно бессмысленным. Мы выяснили критерии, которым должны удовлетворять сетки и разностные схемы, придали им законченную алгебраическую форму и, таким образом, создали методику счета по сеткам. Особенно нужно подчеркнуть, что мы впервые обнаружили и выяснили то обстоятельство, что при некоторых условиях, выполняющихся для уравнений гидродинамики — можно считать большими шагами по временной переменной.

2. Уравнения гидродинамики с одной пространственной переменной имеют вид:

$$1. \quad \partial s / \partial t + v \partial s / \partial x = f,$$

$$2, 3 \quad (\partial p / \partial t \pm \rho c \partial v / \partial t) + (v \pm c)(\partial p / \partial x \pm \rho c \partial v / \partial x) = g_i,$$

$$i = 1, 2,$$

где $s = f(p, \rho)$ — энтропия, p — давление, ρ — плотность, v — скорость, $c = \sqrt{5p/3\rho}$ — скорость звука.

В уравнение входят три скорости v , $v + c$, $v - c$. С этими скоростями переносятся инварианты ds , $dp \pm \rho c dv$.

Скорости обладают характерным свойством, что две из них v и $v + c$ положительны, а третья $v - c$ при переходе из дозвуковой области в сверхзвуковую из отрицательной становится положительной. Грубо говоря, для устойчивости счета отношение шагов должно удовлетворять неравенствам

$$(x) \quad \Delta t / \Delta x < 1 / (v + c), \quad \Delta t / \Delta x < 1 / (v - c).$$

Тут же подчеркнем, что эти неравенства отнюдь не являются достаточными условиями. Сама разностная схема должна удовлетворять некоторым алгебраическим условиям. Условия $|x|$ меняются от точки к точке и, кроме того, $1 / (v + c) \ll 1 / (v - c)$. Обычно приходится брать $\Delta t / \Delta x$ меньше минимального значения $1 / (v + c)$ во всей области. Такое занижение отношения шагов крайне замедляет вычисления и, кроме того, увеличивает по существу неточность счета. Можно, однако, поступать иначе. В точке $v = c$ одна из характеристик идет по вертикали. По этой характеристике считаем соответствующий инвариант $dp - \rho c dv \approx \Delta p - \rho c \Delta v$, где символ Δ означает приращение по переменной t . Разностное уравнение дает возможность, двигаясь



налево от точки к точке определить значения $\Delta p - \rho c \Delta v$ во всех узлах дозвуковой области. В силу отрицательности $v - c$ в этой области существуют схемы, при которых этот счет налево устойчив по переменной x . Зная $p - \rho cv$ в момент t и $\Delta p - \rho c \Delta v$, мы получаем значения $p - \rho cv$ в момент $t + \Delta t$. Зная в граничной точке $p - \rho cv$, мы с помощью граничных условий вычисляем на границе $\Delta p + \rho c \Delta v$ и Δs в момент t . Двигаясь от точки к точке направо /этот счет можно сделать устойчивым по x / благодаря положительности v и $v + c$ мы найдем $\Delta p + \rho c \Delta v$ и Δs в узлах. Наконец справа от звуковой точки $v - c$ положительно и поэтому счет для вычисления направо от звуковой точки может быть сделан устойчивым. В результате мы получим значение всех функций в момент $t + \Delta t$ и, отправляясь от этих значений, продолжаем счет. При обычных схемах, при больших t мы автоматически заходим далеко в сверхзвуковую область. При этом методе мы углубляемся в сверхзвуковую область настолько, насколько хотим.

Можно так составить разностные схемы, что описанный способ счета будет устойчив при любом значении $\Delta t / \Delta x$.

Характерной особенностью таких схем является то, что разностное уравнение содержит не один старший член по временному индексу n , а несколько старших по индексу n членов. Величина шага по t определяется степенью однородности коэффициентов уравнения по t .

Описанный процесс интегрирования не противоречит общему принципу Куранта, что область зависимости системы разностных уравнений не должна быть меньше области зависимости системы дифференциальных урав-

нений, а просто более гибко использует тот факт, что коэффициент Куранта является величиной переменной и имеет разные значения для уравнений 2 и 3.

Этим методом был найден предельный режим при $t \rightarrow \infty$ для некоторой одномерной гидродинамической задачи, который был точно известен из других соображений. Найденное решение весьма хорошо совпало с контрольным.

Л. Ландау *И. Мейман* *И. Келлер*

24-18-11 с.37-40 мб. 046из от 12.1.52 г. исп. Мейман

Приложение 2.

Статья Л.Д. Ландау. *Атомная энергия*

КОМИТЕТ ПО РАДИОФИКАЦИИ
И РАДИОВЕЩАНИЮ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

В ПОМОЩЬ МЕСТНЫМ РАДИОКОМИТЕТАМ

На правах рукописи

МАТЕРИАЛЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАДИОВЕЩАНИЯ

Лауреат Сталинской премии,
доктор физико-математических наук,
профессор Лев Давидович Ландау

Атомная энергия

О существовании внутриатомной энергии стало известно человечеству очень недавно. Можно даже назвать дату, когда она вдруг неожиданно "объявилась" и удивила физиков. Это было ровно полвека назад.

Что же представляла собой физика в то время?

Еще в конце восемнадцатого века французский химик Лавуазье показал, что все вещества окружающей природы построены из неизменных составных частей — простых тел, элементов. Вода есть соединение кислорода и водорода. Но кислород и водород ни из каких других веществ не образуются. Они неразложимы. К концу прошлого века было известно более семидесяти таких элементов. Физики знали, что все они состоят из мельчайших частичек — атомов. Это твердо установил еще английский ученый Дальтон. Легче всех — атом водорода. Самый тяжелый, почти в 240 раз тяжелее, — атом урана.

Когда великий русский химик Менделеев расположил элементы в порядке возрастающего веса их атомов, у него получилась замечательная таблица, с помощью которой он предсказал существование новых, неизвестных элементов. Они потом действительно были открыты.

Место, которое занимает каждый элемент в таблице, оказалось в дальнейшем еще более важным, чем думал сам Менделеев. Оно называется атомным номером.

Водород открывает таблицу и обозначен номером первым. За ним идет гелий — под номером два. Самый последний — уран — имеет девяносто второй номер.

В 1896 году было сделано удивительное открытие, поставившее науку в тупик. Французский физик Анри

Беккерель обнаружил, что уран и все его соединения без всякой внешней причины испускают невидимые для глаз лучи. Этому явлению дали название радиоактивности (от латинского слова "радиус" — луч) и стали прилежно его изучать.

Вскоре выяснилось, что радиоактивными являются все девять последних элементов периодической системы — от восьмидесяти четвертого до девяносто второго.

Радиоактивные вещества требуют большой осторожности в обращении. Беккерель держал некоторое время крупинцы радия в жилетном кармане; в результате у него на груди образовалась рана, которая потребовала длительного лечения. Такого действие лучей радиоактивных веществ на живые ткани. В дальнейшем выяснилось, что еще более разрушительное действие оказывает радиоактивность на клетки раковых опухолей. Поэтому эти вещества получили широкое применение в медицине.

Природу радиоактивности объяснил один из крупнейших физиков двадцатого века — англичанин Эрнест Резерфорд. Оказалось, что считавшиеся неизменными атомы вещества на самом деле распадаются и лучи представляют собою летящие во все стороны осколки. Радий распадается на тяжелые атомы радиоактивного элемента радона и на более легкие атомы гелия, летящие с громадной скоростью пятнадцать тысяч километров в секунду и получившие название альфа-лучей.

Процесс распада радиоактивных атомов происходит с различной быстротой. Уран распадается необычайно медленно: количество его на Земле уменьшится вдвое примерно через пять миллиардов лет. За два-три миллиарда лет существования Земли около четвертой части имевшегося урана уже распалось. Гораздо быстрее распадается радий. Его запасы уменьшаются вдвое примерно за полторы тысячи лет. Ясно, что весь радий, когда-то бывший на Земле, давно исчез, а тот, что имеется сейчас, непрерывно возникает из урана. Неудивительно, что его добыто всего лишь около килограмма.

Распад атомов сопровождается выделением энергии. Один килограмм урана при распаде выделяет столько же тепла, сколько дают пятьдесят тонн угля. Казалось бы, энергии немало, но она постепенно выделяется в течение нескольких миллиардов лет. Поэтому целые тонны урана не смогут отопить даже маленькой комнаты. Легко рассчитать, что всего собранного на Земле радия хватило бы разве на то, чтобы вскипятить за сутки два больших чайника. Правда, их можно кипятить в продолжение тысячелетий, но вряд ли стоит этим заниматься. Другое дело, если процесс радиоактивного распада можно было бы ускорить. Перспектива замены ста тонн угля двумя килограммами урана выглядит очень заманчиво. Однако все попытки повлиять на скорость радиоактивного распада оказались безрезультатными. Он продолжается с точностью, далеко превосходящей лучшие часовые механизмы.

Что собою представляют таинственные атомы, которые невозможно разбить, несмотря ни на какие старания, и которые, с другой стороны, ни с того ни с сего сами распадаются? На этот вопрос наука отвечает ясно и определенно. Никакого сплошного атома не существует. Он похож на солнечную систему с тяжелым ядром посередине и легкими электронами, движущимися вокруг него. Тяжесть ядра, конечно, относительная. Самое

тяжелое ядро весит в сотни миллиардов раз меньше грамма. Ученые определили и силы, которые действуют между частицами, входящими в состав атома. Это силы электрического притяжения и отталкивания. Ядро заряжено положительным электричеством, электроны — отрицательным. Поэтому электроны притягиваются к ядру и отталкиваются друг от друга.

Значение этого открытия огромно. Теперь, наконец, человечество впервые узнало, как построена материя. После того, как установили механику движения электронов в атоме, люди научились распознавать свойства веществ иногда лучше, чем свойства машин, которые сами создали.

Все электроны совершенно одинаковы. Их число в атоме определяется зарядом его ядра. Электрический заряд ядра имеет для свойств атома несравненно большее значение, чем его вес или масса. Два ядра с одинаковым зарядом, но различной массой дают атомы настолько похожие, что их почти невозможно различить. Мы всегда принимаем их за атомы того же самого элемента. В действительности они не совсем одинаковы. Их называют изотопами. У водорода наряду с обычными ядрами — протонами — иногда присутствуют в ничтожном количестве дейтроны, вес которых вдвое больше. Водород с ядрами удвоенного веса называется тяжелой водой, а вода, приготовленная из него — тяжелой водой. Она составляет всего около сотой доли процента природной воды, и добывать ее приходится с чрезвычайным трудом. Тяжелая вода кипит при ста трех градусах, и вообще разница между обыкновенной и тяжелой водой очень невелика. У водорода, таким образом, один изотоп является ничтожной примесью. В других случаях дело обстоит иначе. Например, в любом количестве хлора около половины его атомов несколько легче, другая — тяжелее. Он состоит из смеси двух изотопов почти поровну.

Радиоактивность — это распад атомного ядра, распад той маленькой частицы, которая находится в центре атома. Но она сама имеет сложное строение. Тяжелые ядра химических элементов, стоящих в последнем ряду системы Менделеева, неустойчивы и постепенно одно за другим распадаются.

Большое количество энергии, выделяющееся при распаде, показывает, что взаимодействие частиц внутри ядер гораздо сильнее, чем взаимодействие между электронами и ядром. Это и естественно, если принять во внимание колоссальную тесноту, необычайную уплотненность вещества внутри ядер. Расстояние между частицами в ядрах в десятки тысяч раз меньше, чем расстояние между ядром и окружающими его электронами.

Физики не любят ограничиваться простым наблюдением того, что происходит в природе независимо от них. Им всегда хочется вмешаться самим. Двадцать семь лет назад Резерфорду удалось искусственным путем расщепить атомное ядро. Идея его эксперимента была очень проста. Он облучал различные вещества лучами радиоактивных элементов, то есть обстреливал их пулями, состоящими из ядер атомов гелия, движущихся со скоростью пятнадцать тысяч километров в секунду — в несколько тысяч раз быстрее, чем пушечный снаряд. При облучении азота ему удалось, наконец, осуществить превращение элементов. Это было мечтой алхимиков и почти полтора столетия считалось совершенно невозможным. В результате обстрела ядро атома азота

поглощило альфа-частицу и тотчас же выбросило из себя протон. На месте азота оказался ничего общего с ним не имеющий кислород. Так азот и гелий были превращены в кислород и водород.

Только четверть века прошло с того времени, когда человек осуществил первую ядерную реакцию. Но теперь число их достигло многих сотен. Правда, возможности для этого необычайно возросли. Сейчас уже нет необходимости ограничиваться альфа-лучами радиоактивных веществ. В распоряжении физиков имеются более удобные пулеметы, дающие значительно больше пуль, движущихся с гораздо большей скоростью. Существует много различных приборов этого рода. С помощью аппарата циклотрона получают мощные пучки протонов, дейтронов или альфа-частиц, скорость которых достигает более тридцати тысяч километров в секунду.

При многих ядерных реакциях энергии выделяется больше, чем в процессе радиоактивного распада. Однако она не поддается использованию. Дело в том, что ядерные реакции крайне неэффективны. Летящие частицы, положительно заряженные, как и ядро атома, отталкиваются от него. Только очень быстро двигаясь, они могут влететь внутрь ядра и вызвать реакцию. Между тем эти частицы, находясь внутри материи, постепенно замедляются и становятся бессильными преодолеть отталкивание.

Для ничтожно малой альфа-частицы, летящей внутри вещества, расстояния между атомами, между ядрами и окружающими их электронами так велики, что вероятность попадания ее в какое-нибудь ядро крайне сомнительна. Представьте себе лес, где каждое дерево находится от другого в пяти километрах. Можно ли попасть снарядом в какое-нибудь дерево без прицела? Ясно, что при этих условиях в лучшем случае удастся вызвать одну ядерную реакцию с помощью миллиона частиц. Таким образом, на ускорение множества летящих частиц в циклотроне приходится затрачивать энергии гораздо больше, чем можно получить в результате ядерной реакции. Положение выглядело настолько безнадежно, что физики долгое время относились к перспективе использования внутриядерной энергии примерно так же, как к проблеме вечного двигателя.

Хитрая природа, оказывается, только дразнила физиков. Там, где все казалось ясным, вдруг открылись новые, неожиданные явления. Ученые обнаружили, что при облучении альфа-лучами элемента бериллия из его ядра выбрасываются новые частицы, отличающиеся электрической нейтральностью. Они получили название нейтронов. Далее выяснилось, что в действительности нейтроны, наряду с протонами, являются теми кирпичиками, из которых построены все ядра атомов, вся материя. Например, дейтрон — это соединение одного протона и одного нейтрона, гелий — соединение двух протонов и двух нейтронов и т.д. Ядро урана содержит девяносто два протона и сто сорок шесть нейтронов.

Открытие нейтронов произвело переворот в ядерной артиллерии. Ведь они не отталкиваются, и поэтому ничто не препятствует им проникнуть в ядро. Они путешествуют в материи до тех пор, пока не влетят в какое-нибудь ядро и не застрянут в нем, либо поглотившись, либо вызвав другую ядерную реакцию. Нейтроны во всех случаях безотказно вызывают ядерные превращения. Это заговоренные пули, которые всегда находят намеченную жертву.

Нейтрон открыл вход в зачарованный замок, где хранится внутриядерная энергия. Но здесь осталась еще более прочная дверь, как бы окованная железом. Когда нейтрон производит реакцию, из ядра вместо нейтрона вылетает заряженный протон или альфа-частица. Они застревают в материи, и реакция останавливается. Надежда на успех казалась обманчивой. Но главное все же было сделано: мысль о доступности внутриатомной энергии стала крепнуть.

Семь лет назад появилось сообщение, что ядро урана при поглощении нейтронов не выбрасывает из себя, как обычно, протона или альфа-частицы, а делится на две части. Этот новый тип ядерной реакции получил название деления.

Казалось бы, что ничего особо важного не произошло. Однако именно деление явилось тем волшебным ключом, который открыл последнюю дверь, за которой скрывалась внутриядерная энергия. Тяжелый темно-серый металл уран, известный уже около ста лет, оказался тем философским камнем, который так долго и бесплодно искали алхимики. Дело даже не в том, что деление дает энергии в десять раз больше, чем обычная ядерная реакция. Оказалось, что в процессе деления из ядра выбрасываются от двух до трех новых нейтронов. Нейтроны, таким образом, не погибают, а возрождаются в удвоенном числе, опять проникают в соседние ядра урана, делят их, и так самопроизвольно, быстро нарастая, процесс может развиваться дальше. Это произвело на физиков ошеломляющее впечатление. Открылась клетка, в которой сидел зверь, страшную силу которого мы очень хорошо себе представляли.

Однако сразу же возникли некоторые трудности. Природный уран содержит в основном изотоп с атомным весом 238 и ничтожную примесь изотопа 235. Оказалось, что уран-235 делится любыми нейтронами безотказно, а уран-238 — только очень быстрыми нейтронами. Нейтроны, движущиеся с меньшей скоростью, не только не делят ядра урана-238, но просто поглощаются им и выходят из игры. Значит, обычный, встречающийся в природе уран непригоден для деления.

Чтобы решить задачу, остается выделить из обычного урана чистый уран-235. Задача эта очень нелегкая, так как различие свойств этих двух изотопов совершенно ничтожно. Но физики нашли способ их разделения. Оставалось только преобразовать лабораторную технику в промышленную. Этим и занялись физики разных стран, подстегиваемые второй мировой войной. Грандиозность поставленной задачи видна уже из того, что американцы и англичане, имея в своем распоряжении громадные ресурсы техники и большинство физиков мира, вынуждены были напряженно работать более четырех лет.

Решить эту проблему пыталась и фашистская Германия. Обанкротившийся Гитлер лихорадочно торопился создать новое оружие разрушения. Если немцы не достигли цели, то заслуга в этом принадлежит советскому народу, который уничтожил фашистского зверя в его берлоге, не дав ему совершить последний страшный прыжок. Немало объектов, имеющих отношение к созданию атомной бомбы, разрушила на территории Германии и союзная авиация.

Когда собрано достаточное количество урана-235, то для реакции все готово. Если же его слишком мало, то нейтроны, прежде чем попасть в ядро, будут бесплодно уходить в воздух. Размножения нейтронов не произойдет, и деление прекратится. Необходимое количество урана зависит от того, как он геометрически располо-

жен. Его потребуется всего несколько килограммов в том случае, если всю массу собрать в форме шара.

Чтобы получить мгновенный взрыв, можно, например, взять два куска урана, каждый из которых слишком мал для взрыва, и выстрелить одним в другой, "поджигая" нейтронами в момент попадания.

Комментарии

1. Верстка статьи Л.Д. Ландау была выслана В.А. Махневу уполномоченным СМ СССР по охране военных и государственных тайн в печати К.К. Омельченко по договоренности с В.А. Махневым за исх. № 859 от 7 июня 1946 г. (АЛ РФ. Ф. 93, д. 32/46, л. 116). В свою очередь В.А. Махнев по договоренности с Б.Л. Ванниковым выслал ему верстку этой статьи на заключение за № 3/375с от 8 июня 1946 г. (АП РФ. Ф. 93, д. 32/46, л. 117). Рассмотрение верстки было поручено В.Г. Левичу, отзыв которого публикуется (приложение № 1 к данному письму — см. с. 958 данной статьи). Типографский оттиск статьи Л.Д. Ландау был возвращен 18 июня 1946 г. В.А. Махневым К.К. Омельченко (АП РФ. Ф. 93, д. 32/46, л. 120).

2. Датируется по дате исходящего номера документа.

3. Верстка статьи Л.Д. Ландау при выявлении не обнаружена. Однако предпринятый поиск позволил установить, что версия статьи, из которой в соответствии с замечаниями экспертизы был изъят ряд данных, была издана в 1946 г. на правах рукописи Комитетом по радиофикации и радиовещанию при СМ СССР (см. приложение № 2). После подписания к печати 12 октября 1946 г. тираж статьи (560 экз.) был отпечатан в типографии издательства Главсевморпути (г. Москва).

Левич Вениамин Григорьевич (1917–1988), физик, чл.-кор. АН СССР (1958). С 1940 по 1958 работал в Институте физической химии, а затем до 1972 г. в Институте электрохимии. В 1978 г. эмигрировал в Израиль (Российская еврейская энциклопедия. Т. II. М.: РАЕН, "ЭПОС", 1995).

Ат. Пр. т. 2, кн. 2 л. 525-530

Список литературы²

1. "Личное дело Л.Д. Ландау", архив Росатома ф. 1, оп. блд, дело 700
2. "Доклад ПГУ при СМ СССР о ходе работ по развитию атомной промышленности от 25.03.1951 г.", приложение "Список научных руководителей атомных предприятий и основных направлений научно-исследовательских работ", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 232–267
3. *Герои атомного века* (Саров: ФГУП РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2005)
4. "Осетров Н.А. Берии Л.П. Справка с предложением об исключении Л.Д. Ландау из штатов Лаборатории № 3 от 1.03.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 4 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2003) с. 607
5. "Записка Курчатова И.В. Первухину М.Г. о необходимости привлечения к работам Л.Д. Ландау и П.Л. Капицы от 20.3.1943 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1 Атомная бомба. 1938–1945* Кн. 1 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Л. И. Кудинова) (М.: Физматлит, 1998) с. 325
6. "Письмо И.В. Курчатова Л.П. Берии об ученых, привлечение которых необходимо для работ по проблеме от 24.11.1944 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1*

² Все приведенные в списке литературы архивные документы расскренены.

- Атомная бомба. 1938–1945* Кн. 1 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Л.И. Кудинова) (М.: Физматлит, 1998) с. 162–165
7. "Письмо И.В. Курчатова Л.П. Берия о привлечении Л.Д. Ландау к работам Лаборатории № 2 от 18.12.1945 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 79
 8. "Протокол № 18 Технического совета Специального комитета при СМ СССР от 18.12.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 93–94
 9. "Письмо Алиханова А.И. Берия Л.П. о необходимости участия Л.Д. Ландау в теоретических и расчетных работах Лаборатории № 3 по агрегату № 7 от 9.03.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 4 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2003) с. 605–606
 10. "Письмо Первухина М.Г. и Мешика П.Я. Берия Л.П. о целесообразности дальнейшей работы Л.Д. Ландау в Лаборатории № 3 от 29.04.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 4 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2003) с. 652
 11. Гончаров Г.А. "Необычайный по красоте физический принцип конструирования термоядерных зарядов (к 50-летию со дня испытания первого отечественного двухступенчатого термоядерного заряда РДС-37)" *УФН* 175 1243 (2005) [Goncharov G A "The extraordinarily beautiful physical principle of thermonuclear charge design (on the occasion of the 50th anniversary of the test of RDS-37 — the first Soviet two-stage thermonuclear charge)" *Phys. Usp.* 48 1187 (2005)]
 12. Кривоносов Ю.И. "Ландау и Сахаров в разработках КГБ" *Вопросы истории естествознания и техники* (3) 123 (1993)
 13. Гинзбург В.Л. *О науке, о себе и о других* 3-е изд. (М.: Физматлит, 2003) [Translated into English: *About Science, Myself, and Others* (Bristol: IOP Publ., 2005)]
 14. "Указ Президиума Верховного Совета СССР "О награждении орденами СССР научных, инженерно-технических работников, наиболее отличившихся при выполнении специального задания правительства" от 29.10.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1999) с. 564
 15. "Постановление СМ СССР № 5070-1944сс/оп "О награждении и премировании за выдающиеся научные открытия и технические достижения по использованию атомной энергии" от 29.10.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1999) с. 530–562
 16. "Постановление СМ СССР № 21-8-814 "Об утверждении списка премируемых в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 29 октября 1949 г. № 5070-1944 научных, инженерно-технических работников, рабочих и служащих, отличившихся при выполнении специальных заданий Правительства" от 16.05.1950 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 49–130
 17. "Постановление СМ СССР № 3044-1304сс "О присуждении Сталинских премий научным и инженерно-техническим работникам Министерства среднего машиностроения и других ведомств за создание водородной бомбы и новых конструкций атомных бомб" от 31.12.1953 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 635–642
 18. "Указ Президиума Верховного Совета СССР от 4.01.1954 г. о присвоении звания Героя Социалистического Труда Тамму И.Е., Сахарову А.Д., Ландау Л.Д. и др. от 4.01.1954 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 648
 19. Гончаров Г.А., Рябев Л.Д. "О создании первой отечественной атомной бомбы" *УФН* 171 79 (2001) [Goncharov G A, Ryabev L D "The development of the first Soviet atomic bomb" *Phys. Usp.* 44 71 (2001)]
 20. "Докладная записка В.А. Малышева и С.Н. Круглова Г.М. Маленкову об охране ведущих ученых и специалистов, выполняющих задания Министерства среднего машиностроения от 11/12.1952 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 5 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2005) с. 800
 21. "Постановление СМ СССР № 2959-1273сс "Об охране ведущих ученых и специалистов, выполняющих задания Министерства среднего машиностроения" от 16.12.1952 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 5 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2005) с. 602–603
 22. Ахизер А.И., Померанчук И.Я. *Введение в теорию мультиплицирующих систем (реакторов)* (Под ред. Б.Л. Иоффе, А.С. Герасимова) (М.: ИздАТ, 2002)
 23. "Постановление СМ СССР № 803-325сс/оп от 9.04.1946 г. О структуре ПГУ и образовании НТС", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 2 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2000) с. 187–201
 24. "Протокол № 24 заседания НТС ПГУ от 22.07.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 164–168
 25. "Протокол № 33 заседания НТС ПГУ от 29.08.1946 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 33
 26. "Протокол № 61 заседания НТС ПГУ от 10.02.1947 г., сообщение Л.Д. Ландау «Теоретические исследования в области ядерной физики»", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 61; в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 225–228
 27. "Поручение М.Г. Первухина", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 18033 (дело поручений НТС), исх. Т-122/34оп от 21.2.1947 г., папка № 2
 28. "Протокол № 77 заседания НТС ПГУ от 2.06.1947 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 77
 29. "Протокол № 89 НТС ПГУ от 25.8.47 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 89
 30. "Поручение Б.Л. Ванникова от 28.8.1947 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 18033, исх. Т-507/13оп, папка № 21
 31. "Протокол № 100с заседания НТС ПГУ "О плане работ Института химической физики" от 11.12.1947 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 345–350
 32. "Поручение Б.Л. Ванникова", исх. Т-778/13оп от 26.12.1947 г., архив Росатома, ф. 2, дело 18034
 33. "Письмо Н.Н. Семенова И.В. Сталину о противоатомной защите от 30.06.1957 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 302–303
 34. "Протокол № 104 заседания НТС ПГУ от 13.01.1948 г. по рассмотрению предложения академика Семенова Н.Н.", архив Росатома ф. 2, оп. 2, дело 104
 35. "Протокол № 106 заседания НТС ПГУ от 26.1.1948 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 106
 36. "Протокол № 107с заседания НТС ПГУ от 29.01.1948 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 107
 37. "Б.С. Поздняков, А.И. Алиханов, Л.Д. Ландау заключение «По предложению академика Семенова Н.Н. (об использовании ускорителей для защиты от действия изделий)»", в протоколе № 107 заседания НТС ПГУ от 29.1.1948 г., архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 107
 38. "Заключение НТС по предложению академика Семенова Н.Н. от 5.02.1948 г. (об использовании ускорителей для защиты от атомных бомб)", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 2 *Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л.Д. Рябева, отв. сост. Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 385–389
 39. "Протокол № 115 заседания НТС ПГУ от 5.4.1948 г., Экспертное заключение комиссии в составе Н.Н. Семенов, И.В. Курчатова, Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдович о проекте котла с

- тяжелой водой Лаборатории № 3 АН СССР", архив Росатома, ф. 2, оп. 2, дело 115
40. "Письмо Курчатова И.В. Ванникову Б.Л. о привлечении группы специалистов для работ по термоядерному реактору", исх. боп от 04.01.1951 г., архив Росатома, ф. 24, дело 26562, л. 3–5
41. "Письмо Ванникова Б.Л. Курчатову И.В. с разрешением на привлечение для работ по термоядерному реактору группы специалистов", исх. 101/25оп от 20.01.1951 г., архив Росатома, ф. 24, дело 26562, л. 2
42. "Протокол совещания под председательством И.В. Курчатова по рассмотрению итогов и основных направлений научно-исследовательских работ на установке "М" от 23.07.1951 г.", в протоколе № М-5 НТС ПГУ от 5.05.1952 г., архив Росатома, ф. 2, оп. 9, дело 229, л. 165–170
43. "Протокол № М-5 НТС ПГУ от 5.05.1952 г.", архив Росатома, ф. 2, оп. 9, дело 229
44. "Письмо Курчатова И.В. Ванникову Б.Л. об организации семинара при Институте химической физики АН СССР от 7.12.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 212–213
45. "Постановление СМ СССР от 19.06.1947 г. № 2143-565 «О мерах по обеспечению развертывания работ на объекте 550»", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1999) с. 472–477
46. "Постановление СМ СССР № 1990-774сс/оп. "О дополнительных заданиях по плану специальных научно-исследовательских работ на 1948 г." от 10.06.1948 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 448–451
47. "Постановление СМ СССР № 827-303 от 26.02.1950 г. (ссылка в письме Б.Л. Ванникова и А.П. Завенягина Л.П. Берия от 15.02.1952 г.)", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 390–391
48. "Письмо И.В. Курчатова В.А. Мальшеву о лекциях Ландау", исх. 3235сс от 2.12.1953 г., архив Росатома, ф. 24, дело 47560, с. 238–239
49. "Отчет М.О. Корнфельда и Д.М. Самойлович «Разделение изотопов ректификацией»", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1 Атомная бомба. 1938–1954* Кн. 2 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Л. И. Кудинова) (М.: Изд-во МФТИ, 2002) с. 558–564
50. "Л.Д. Ландау «Давление паров изотопов»", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1 Атомная бомба. 1938–1954* Кн. 2 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Л. И. Кудинова) (М.: Изд-во МФТИ, 2002) с. 565–566
51. "Из записки Курчатова Первухину М.Г. о результатах НИР", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 1 Атомная бомба. 1938–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Л. И. Кудинова) (М.: Физматлит, 1998) с. 360–362
52. "Письмо Ванникова Б.Л., Первухина М.Г. и Курчатова И.В. Л.П. Берия с представлением проекта постановления СМ СССР о работах по получению тяжелой воды методом ректификации жидкого водорода от 18.06.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 2 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2000) с. 530–531
53. Ландау Л.Д. "Атомная энергия" (М.: Комитет по радиофикации и радиовещанию при СМ СССР, 1946)
54. "Письмо Ванникова Б.Л. секретарю Спецкомитета Махневу В.А. о верстке статьи Ландау Л.Д. "Атомная энергия" с представлением отзыва В.Г. Левича от 17.06.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 2 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2000) с. 523
55. "Постановление СМ СССР № 805-327сс "Вопросы Лаборатории № 2" от 09.04.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1999) с. 429–430
56. "Постановление СМ СССР № 1286-525сс "О плане развертывания работ КБ-11 при Лаборатории № 2" от 21.06.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1999) с. 434–456
57. "Постановление СМ СССР № 2557-1069сс «О плане работ Института физических проблем Академии Наук СССР и мерах помощи институту» от 30.11.1946 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 3 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2002) с. 78–83
58. "Постановление СМ СССР № 1127-402сс/оп "О плане специальных научно-исследовательских работ на 1948 год" от 6.04.1948 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 3 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2002) с. 431–454
59. "Протокол № 63 заседания Специального комитета при Совете Министров СССР от 05.06.1948 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 1 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1999) с. 283–287
60. "Протокол совещания в КБ-11 по вопросам РДС-2, РДС-3, РДС-4 и РДС-5 от 9.06.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 592–594
61. "Докладная записка Б.Л. Ванникова и И.В. Курчатова на имя Л.П. Берия о результатах совещания в КБ-11 с 4 по 9 июня 1949 г. от 15.06.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 595–601
62. "Постановление СМ СССР № 1989-773сс/оп "О дополнении плана работ КБ-11" от 10.06.1948 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 447–447
63. "Из протокола совещания по вопросам КБ-11 с участием Б.Л. Ванникова и И.В. Курчатова в период их пребывания на объекте с 23 по 28 декабря 1948 г. от 5.01.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 503–515
64. "Письмо Ю.Б. Харитона Б.Л. Ванникову о премировании участников работы по созданию АБ (рукопись)", архив Росатома, ф. 1, оп. 35, дело 10, исх. 202оп от 3.03.1949 г., с. 29–35
65. "Письмо А.П. Александрова М.Г. Первухину о сроках выполнения работ по теории КПД от 19.03.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 536
66. "Из протокола № Т-6 заседания НТС ПГУ от 25.04.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 559–562
67. "Ю.Б. Харитон и К.И. Шелкин. «Краткий доклад о состоянии работ КБ-11 на 15 апреля 1949 г.»", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 547–550
68. "Протокол заседания НТС Лаборатории № 2 по КБ-11 от 21.12.1948 г.", архив Росатома, ф. 24, дело 16344, исх. 148/1ссоп от 21.01.1949 г., с. 113–120
69. "Материалы совещания Б.Л. Ванникова и И.В. Курчатова в КБ-11 от 4–9.06.1949 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 6 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2006) с. 576–582
70. "Протокол заседания Ученого совета по вопросам КБ-11 с 1-го по 8-е февраля 1951 г.", исх. 40/3оп от 9.02.1951 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 17, с. 1–78
71. "Докладная записка Ю.Б. Харитона и Я.Б. Зельдовича «О состоянии и плане работ по РДС6Т»", исх. 95/3оп от 29.01.1953 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 20, с. 17–22

72. "Письмо Малкова М.Л. Павлову Н.И.", исх. 471оп от 15.10.51 г., архив Росатома, ф. 4, оп. 31, дело 43, с. 31–49
73. "Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, И.М. Халатников, С.П. Дьяков. Отчет «О возможности детонации дейтерия в трубе»", приложении к письму А.П. Александрова Н.И. Павлову, исх. 224сс/оп от 3.02.1951 г., архив Росатома, ф. 4, оп. 31, дело 43, с. 53–73
74. "Советание по проблеме РДС-6т от 8-9.01.1952 г.", исх. 9/74оп от 12.01.1952 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 27–29
75. "Письмо Малкова М.Л. Зернову П.М.", исх. 26оп от 17.1.52 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 33–40
76. "Приказ начальника ПГУ А.П. Завенягина № 135оп от 6.04.1953 г. о назначении комиссии по РДС-6Т", архив Росатома, ф. 24, оп. 4, дело 183, с. 124
77. "Заключение комиссии по изделию РДС-6т от 6.05.1953 г.", Мб. 9/978оп, архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 103–113
78. "Докладная записка А.П. Завенягина и И.В. Курчатова Л.П. Берии", исх. 959/1сс/оп от 29.5.1953 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 114–115
79. "Докладная записка Б.Л. Ванникова Л.П. Берии по изделию РДС-6т", исх. СТ-1003оп от 10.06.1953 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 20, с. 136–138
80. "Постановление СМ СССР № 5373-2333сс/оп от 29.12.1951 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 373–379
81. "Зельдович Я.Б. письмо (рукопись) Ванникову Б.Л. с заключением комиссии по РДС-6с от 30.01.1952 г.", вх. 1235.30оп, архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 56–57
82. "Заключение комиссии о состоянии расчетно-теоретических работ по изделию РДС-6с (рукопись)", вх. 1236/30оп, архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 58–63
83. "Письмо Б.Л. Ванникова, А.П. Завенягина, Н.И. Павлова, П.М. Зернова Л.П. Берия по РДС-6С", исх. 351/1оп от 27.02.1952 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 64–66
84. "Письмо А.П. Александрова и Л.Д. Ландау А.П. Завенягину по РДС-6", исх. 0210оп от 13.4.1952 г., архив Росатома, ф. 4, оп. 31, дело 41, с. 98–99
85. "Письмо Л.Д. Ландау и И.Е. Тамма Л.П. Берия о допуске Н.С. Меймана", исх. № 0230сс/оп от 9/У-52 г. (копия), вх. Спецкомитета СК-5831, архив Росатома, ф. 24, дело 61464, с. 169
86. "Письмо А.П. Александрова Н.И. Павлову о Н.С. Меймане", исх. 027сс/оп от 5.05.1952 г., архив Росатома, ф. 24, дело 61464, с. 170–172
87. "Письмо А.П. Александрова Л.П. Берия о Н.С. Меймане", исх. 0280сс/оп от 9.05.1952 г., архив Росатома, ф. 24, дело 61464, с. 173
88. "Письмо А.П. Завенягина, Н.И. Павлова Л.П. Берия", исх. 999/1сс от 27.05.1952 г., архив Росатома, ф. 24, дело 61464, с. 167
89. "Письмо Б.Л. Ванникова, А.П. Завенягина, И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона, Е.П. Славского, Н.И. Павлова, П.М. Зернова Л.П. Берия с проектом распоряжения СМ СССР по РДС-6С", исх. 842/1оп от 7.05.1952 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 11, с. 133–147
90. "Л.Д. Ландау А.П. Завенягину «Отчет о ходе работы по МСЗ за июль 1952 г.»", исх. 392сс/оп от 28.07.1952 г., архив Росатома, ф. 4, оп. 31, дело 43, с. 101
91. "Письмо Малкова М.Л. А.П. Завенягину «План работы по МСЗ на 2-е полугодие 1952 г.»", архив Росатома, ф. 4, оп. 31, дело 43, исх. 343сс/оп от 3.07.1952 г., с. 18–20
92. "Письмо Малкова М.Л. А.П. Завенягину с отчетом Л.Д. Ландау", архив Росатома, ф. 4, оп. 31, дело 43, исх. 495сс/оп от 3.10.1952 г., с. 198–199
93. "К.И. Щелкин. Справка "О работах академика Ландау Л.Д. по тематике КБ-11" от 18.5.1952 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 7 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2007) с. 429–432
94. "А.П. Александров А.П. Завенягину характеристика работ Л.Д. Ландау", архив Росатома, ф. 24, дело 61464, исх. 0260сс/оп от 19.5.1952 г., с. 43–51
95. "Докладная записка А.П. Завенягина и Н.И. Павлова Л.П. Берия о работе Ландау", исх. 949/1оп от 20.5.1952 г. (справка — Мб 852оп от 20.5.1952 г.), архив Росатома, ф. 24, дело 61464, с. 17–19
96. "А.Д. Сахаров, И.Е. Тамм, Я.Б. Зельдович описание «Модель изделия РДС-6С»", мб. 9/206оп от 14.07.1953 г., архив Росатома, ф. 24, оп. 18, дело 20, с. 160–187
97. Харитон Ю Б, Адамский В Б, Смирнов Ю Н "О создании советской водородной (термоядерной) бомбы" *УФН* **166** 201 (1996) [Khariton Yu B, Adamskii V B, Smirnov Yu N "On the making of the Soviet hydrogen (thermonuclear) bomb" *Phys. Usp.* **39** 185 (1996)]
98. Гуревич И И, Зельдович Я Б, Померанчук И Я, Харитон Ю Б "Использование ядерной энергии легких элементов" *УФН* **161** (5) 171 (1991) [Gurevich I I, Zel'dovich Ya B, Pomeranchuk I Ya, Khariton Yu B "Utilization of the nuclear energy of the light elements" *Sov. Phys. Usp.* **34** 445 (1991)]
99. Гончаров Г А "Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США" *УФН* **166** 1095 (1996) [Goncharov G A "American and Soviet H-bomb development programmes: historical background" *Phys. Usp.* **39** 1033 (1996)]
100. Гончаров Г А "К истории создания советской водородной бомбы" *УФН* **167** 903 (1997) [Goncharov G A "On the history of creation of the Soviet hydrogen bomb" *Phys. Usp.* **40** 859 (1997)]
101. Адамский В Б, Смирнов Ю Н "Еще раз о создании советской водородной бомбы" *УФН* **167** 899 (1997) [Adamskii V B, Smirnov Yu N "Once again on the creation of the Soviet hydrogen bomb" *Phys. Usp.* **40** 859 (1997)]
102. Романов Ю А "Воспоминание об учителе" *УФН* **166** 195 (1996) [Romanov Yu A "Memoir of the Teacher" *Phys. Usp.* **39** 179 (1996)]
103. Шпинель В С «К статье Г.А. Гончарова, Л.Д. Рябева "О создании первой отечественной атомной бомбы"» *УФН* **172** 235 (2002) [Shpinel' V S «Remarks on the paper G A Goncharov and L D Ryabev "The development of the first Soviet atomic bomb"» *Phys. Usp.* **45** 227 (2002)]
104. Гончаров Г А, Рябев Л Д «О замечаниях В.С. Шпинеля к статье "О создании первой отечественной атомной бомбы"» *УФН* **172** 236 (2002) [Goncharov G A, Ryabev L D «About V S Spinel's remarks on the review "the development of the first Soviet atomic bomb"» *Phys. Usp.* **45** 228 (2002)]
105. Киселев Г В, Конев В Н "История реализации ториевого режима в советском Атомном проекте" *УФН* **177** 1361 (2007) [Kiselev G V, Konev V N "History of the realization of the thorium regime in the Soviet Atomic Project" *Phys. Usp.* **50** 1259 (2007)]
106. Киселев Г В "Физики — выпускники Московского университета и советский Атомный проект" *УФН* **175** 1343 (2005) [Kiselev G V "Moscow State University physics alumni and the Soviet Atomic Project" *Phys. Usp.* **48** 1251 (2005)]
107. "Справка А.И. Ахизера и И.Я. Померанчука о книге по теории атомных котлов от 30.10.1948 г.", в сб. *Атомный проект СССР. Документы и материалы Т. 2 Атомная бомба. 1945–1954* Кн. 4 (Под общ. ред. Л. Д. Рябева, отв. сост. Г. А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2003) с. 547–548

L.D. Landau in the Soviet Atomic Project: a documentary study

G.V. Kiselev

Russian Federation State Scientific Center "Alikhanov Institute for Theoretical and Experimental Physics",
ul. B. Chermushkinskaya 25, 119218 Moscow, Russian Federation
Tel./Fax (7-495) 127-05 43. E-mail: kiselev@itep.ru

Drawing on the archival records of the First General Directorate, some of them never previously published, the role of Academician L.D. Landau in the Soviet Atomic project is examined to reveal his pioneering contributions to the theory of nuclear reactors and to the computational basis for the first atomic and hydrogen bombs.

PACS numbers: **01.65. + g, 28.41. – i, 28.70. + y**
Bibliography — 107 references
Uspekhi Fizicheskikh Nauk **178** (9) 947–990 (2008)

DOI: 10.3367/UFN.R.0178.200809d.0947
Received 31 March 2008
Physics – Uspekhi **51** (9) (2008)