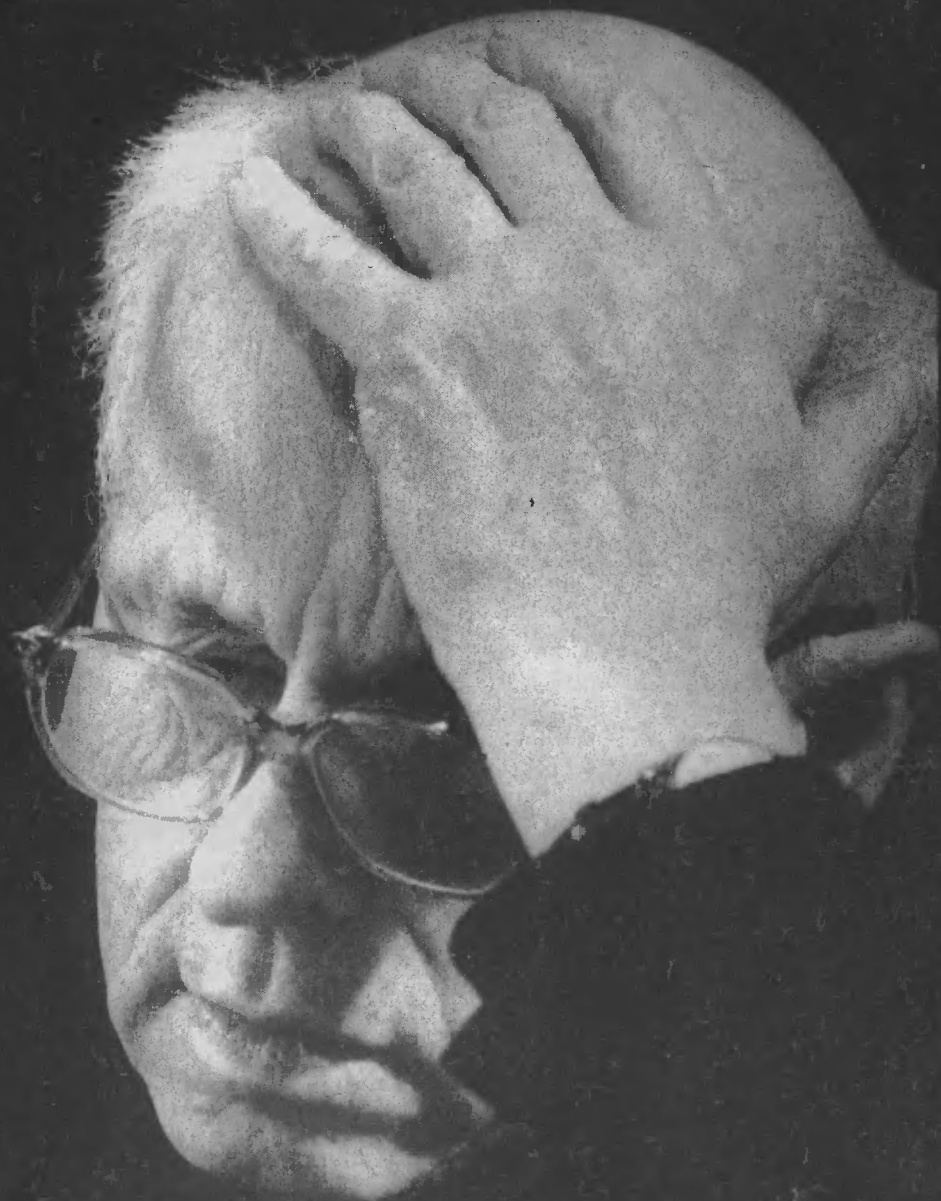


ПРИРОДА

8-90



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ
Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКИСТОВ

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года

Всенародная известность и признание пришли к Андрею Дмитриевичу Сахарову много позже, нежели он того заслуживал. Его профессиональная деятельность долгие годы находилась под покровом секретности, а с началом политической активности появились и другие причины замалчивать его имя. Наиболее «полные» сведения о нем привела в 1976 г. Большая Советская Энциклопедия, где краткая биографическая справка кончалась словами: «В последние годы отошел от научной деятельности». В справочнике «Физики», вышедшем двумя изданиями, в 1977 г. и в 1983 г., Сахаров вообще не значится. В научно-популярных статьях ссылки на его научные работы не пропускались цензурой, в результате на свет появились загадочные фразы типа: «Как было показано в СССР...» Только посвященные понимали, что под «псевдонимом» СССР фигурирует Сахаров.

В последние годы ситуация изменилась — ибо, как сказано в Книге Иова, «праведник будет крепко держаться пути своего, и чистый руками будет больше и больше утверждаться». Андрею Дмитриевичу отдают свои страницы самые известные журналы, о нем снимают фильмы, ему посвящают телепрограммы. И получается, что общественно-политическая деятельность правозащитника и народного депутата СССР Сахарова в какой-то степени заслоняет его научное творчество. Даже физики-профессионалы, не сталкивавшиеся в своей работе с Сахаровым, знают, как правило, всего несколько направлений его научной деятельности, не представляя картины в целом. Это и неудивительно. В силу обстоятельств не многим довелось видеть Андрея Дмитриевича «в деле» — на научных семинарах и конференциях, понять особенности его научного стиля.

«Природа» решила восполнить этот пробел доступными ей средствами. Мы тем более считаем это своим долгом, что Андрей Дмитриевич был членом нашей редколлегии с 1959 по 1962 г. В специальном номере мы попытались рассказать об основных научных результатах Сахарова и судьбе его идей, предоставили возможность поделиться воспоминаниями тем, кто работал бок о бок с ним. Собранные материалы — лишь «этюды» к научному портрету, который может быть создан только после публикации трудов, частично сосредоточенных (все еще!) в секретных отчетах.



ЭТЮДЫ К НАУЧНОМУ ПОРТРЕТУ
А. Д. САХАРОВА

3 Фейнберг Е. Л.
КОНТУРЫ БИОГРАФИИ

10 Ритус В. И.
«ЕСЛИ НЕ Я, ТО КТО?»

20 Романов Ю. А.
ОТЕЦ СОВЕТСКОЙ ВОДОРОДНОЙ БОМБЫ

25 Головин И. Н., Шафранов В. Д.
У ИСТОКОВ ТЕРМОЯДА

34 Корогодин В. И.
ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

39 Павловский А. И.
МАГНИТНАЯ КУМУЛЯЦИЯ

50 Герштейн С. С., Пономарев Л. И.
СУДЬБА НЕОПУБЛИКОВАННОГО ОТЧЕТА

56 Сахаров А. Д.
СИММЕТРИЯ ВСЕЛЕННОЙ

60 Линде А. Д.
«НЕПОЛОЖЕННЫЕ» ВОПРОСЫ — ОТВАГА ИЛИ БЕЗУМИЕ?

62 Адлер С. Л.
А. Д. САХАРОВ И ИНДУЦИРОВАННАЯ ГРАВИТАЦИЯ
Киржниц Д. А.
КОММЕНТАРИЙ (65)

70 Альтшулер Б. Л.
КАК ЕГО НЕ ПОНИМАЛИ

81 ВОЛЬНОМЫСЛИЕ. «Круглый стол» с участием Журкина В. В., Ковалева С. А., Мамардашвили М. К., Топорнина Б. Н., Шелепина Л. А.

104 Киржниц Д. А.
ГРАНИ ТАЛАНТА

107 Яглом А. М.
ТОВАРИЩ ШКОЛЬНЫХ ЛЕТ

111 Шкловский И. С.
«НИЧЕГО ЖЕ ИЗ ЭТОГО НЕ ВЫЙДЕТ, АНДРЕЙ!»

114 Болотовский Б. М.
«УГОЛОВНОЕ ДЕЛО»

119 Окунь Л. Б.
ТРИ ЭПИЗОДА

120 Баренблатт Г. И.
ОБ ОДНОМ НАУЧНОМ ДОКЛАДЕ А. Д. САХА-
РОВА

121 Хлопов М. Ю.
«ОТ НАС ЖДУТ ХОРОШЕЙ ПРОГРАММЫ»

123 Гапонов-Грехов А. В., Левин М. Л.
ИЗ ВЫСТУПЛЕНИЙ НА САХАРОВСКИХ ЧТЕНИЯХ
(Горький, 27 января 1990 г.)

127 Аскерьян Г. А.
ГРУСТНЫЙ ЮМОР В ЭПОХУ «ПРОТИВОСТОЯ-
НИЯ»

№ 8 (900) AUGUST 1990

Special issue

ANDREI SAKHAROV:
THE MAN AND THE SCIENTIST

One has to admit that the nation made its acquaintance with Andrei Sakharov and recognized his merits too late. For many years he was engaged in classified research. When he emerged on the political scene his name and ideas were outlawed. For these reasons only the lucky few met him at the conferences and seminars and were able to witness his style of work and appreciate it. Even those who know some of Sakharov's works failed to get the whole picture.

This issue is an effort to fill the gap. It will tell you about Sakharov, the man and the scientist, his contribution to the development of the Soviet hydrogen bomb, thermonuclear fusion, cosmology and the theory of gravitation and it will also cover his humanitarian work.

CONTENTS

3 Feinberg Eu. L.
BIOGRAPHICAL LANDMARKS

10 Ritus V. I.
"WHO ELSE IF NOT ME?"

20 Romanov Yu. A.
THE FATHER OF THE SOVIET HYDROGEN BOMB

25 Golovin I. N., Shafranov V. D.
AT THE SOURCES OF CONTROLLED THERMONUC-
LEAR FUSION

26 Korogodin V. I.
ON THE PRINCIPLES OF ASSESSING RADIOACTI-
VE HAZARDS

39 Pavlovsky A. I.
MAGNETIC CUMULATION

50 Gerstein S. S., Ponomarev L. I.
THE FATE OF AN UNPUBLISHED REPORT

56 Sakharov A. D.
THE SYMMETRY OF THE UNIVERSE

60 Linde A. D.
INORDINATE QUESTIONS — WERE THEY BOLD
OR RECKLESS?

62 Adler S. L.
A. D. SAKHAROV AND INDUCED GRAVITATION
Kirzhnits D. A. COMMENTS (65)

70 Altshuler B. L.
HOW SAKHAROV WAS MISUNDERSTOOD

81 ON FREE THOUGHT.
Round table session. Participants: Zhurkin V. V.,
Kovalev S. A., Mamardashvili M. K., Topornin B. N.,
Shelepin L. A.

104 Kirzhnits D. A.
THE FACETS OF A TALENT

107 Yaglom A. M.
MY SCHOOLMATE

111 Shklovsky I. S.
"NOTHING WILL COME OUT OF IT, ANDREI!"

114 Bolotovskiy B. M.
"A CRIMINAL CASE"

119 Okun L. B.
THREE EPISODES

120 Barenblatt G. I.
ONE OF SAKHAROV'S SCIENTIFIC REPORTS

121 Khlopov M. Yu.
"THEY EXPECT A SOUND PROGRAMME FROM US"

123 Gaponov-Grekhov A. V., Levin M. L.
FROM THE CONTRIBUTIONS TO THE SAKHA-
ROV'S READINGS. Gorky, January 27, 1990.

127 Askeryan G. A.
SAD HUMOUR DURING THE CONFRONTATION
PERIOD

Контуры биографии

Е. Л. Фейнберг,

член-корреспондент АН СССР

Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР
Москва

АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ САХАРОВ родился 21 мая 1921 г. в Москве «в интеллигентной и дружной семье», как он написал в автобиографии, предвещающей сборник его статей, вышедший на Западе в 1974 г., и считал необходимым отметить: «С детства я жил в атмосфере порядочности, взаимопомощи и такта, трудолюбия и уважения к высокому овладению избранной профессией». Эти скупые, но точные слова все же заслуживают комментария. Сахарова невозможно понять в отрыве от его истоков, духа породившей его семьи и всей среды российской интеллигенции начала XX в. — явления самого по себе удивительного, еще ждущего своего изучения.

Семья Андрея Дмитриевича не принадлежала ни к богатому крылу интеллигенции, представленному, например, преуспевающими талантливыми инженерами, ни к революционерам, для которых все определялось безжалостным, принципом «моя жизнь принадлежит революции». Она была типична для основной массы среднеобеспеченной трудовой интеллигенции, которая создала свои нормы морали, свои критерии жизненных ценностей, свое твердое понимание, как следует жить, в чем допустима уступчивость, а в чем надо быть непреклонным.

На формирование личности Андрея Дмитриевича большое влияние оказали родители — отец Дмитрий Иванович (сын адвоката, сам преподаватель физики) и мать Екатерина Алексеевна, урожденная Софияно (фамилия греческого предка), и в сильной степени бабушка Мария Петровна с ее добротой, ровным оптимистичным характером. Религия в семье роли не играла, разве только мать была религиозно настроена, однако без соблюдения обрядов (между тем дед Дмитрия Ивановича был священником). Дмитрий Иванович хорошо играл на рояле, поклонялся Скрябину, и это поклонение привилось и сыну.

К числу основных принципов семьи, отмеченных Андреем Дмитриевичем, нужно,

вероятно, добавить личную скромность, неприятие тщеславия (его проявления вызывали улыбку и почти сострадание), излишества в материальной сфере исключались, а примат духовного был само собой разумеющейся основой поведения. Столь же фундаментальными были чувство общественного долга, ответственности перед народом¹. Сложно переплетающимися родственными и просто дружескими узами семья была связана с еще обширной и сохранившей свои традиции московской интеллигенцией.

Дмитрий Иванович преподавал в то время в так называемом 2-ом МГУ (ныне Педагогический институт им. В. И. Ленина) и принадлежал к той естественнонаучной и технической интеллигенции, которая была нужна государству. Научные учреждения этого профиля росли, как грибы, а невежественное вмешательство официальных идеологов тогда еще не было столь грубым, как у гуманитариев и художников.

В школу Андрей Сахаров пошел сразу в седьмой класс. До этого он занимался в группе сверстников с приглашенными учителями и лишь сдавал в конце года школьные экзамены. (Такие случаи не были исключением — я знал и другие подобные семьи.) По окончании школы в 1938 г. поступил на физический факультет МГУ.

Дома родители старались не фиксировать внимание на политических событиях и проблемах. Тяжелые годы коллективизации и террора, видимо, прошли для Андрея Дмитриевича стороной; он, как и многие другие в то время, не представлял всех масштабов творившихся беззаконий. Его политическая позиция формировалась в согласии с господствовавшими нормами (хотя ни пионером, ни комсомольцем, ни членом партии Сахаров никогда не был), и марксистское учение воспринималось им без критики, как вполне последовательное.

Осенью 1941 г. вместе с университетом Сахаров был отправлен в эвакуацию в Ашха-

¹ Служение народу в наиболее трогательной форме олицетворяли, например, многие земские врачи и учителя. Я еще застал этих чистых, правдивых до наивности бессеребрянников.



Прадед Николай Иванович Сахаров (1837—1911)

**Дедушка Иван Николаевич и бабушка Мария Петровна.
80-е годы XIX в.**



**Родители Дмитрий Иванович и Екатерина Алексеевна.
Конец 50-х годов.**



Фотографии из семейного архива любезно предоставлены Т. А. Сахаровой.

бад. Жил там в общежитии, тяжело заболел дизентерией, и, быть может, только забота товарищей помогла ему справиться с болезнью. По окончании четырехлетнего сокращенного курса в 1942 г. был направлен сначала на небольшой завод в Коврове, работал на лесозаготовках, а затем в том же году попал на работу в лабораторию военного завода в Ульяновске. Здесь он встретился с Клавдией Алексеевной Вихиревой, химиком, кончившей из-за войны лишь четыре курса Ленинградского технологического института. Они поженились в 1943 г., и на Клавдию Алексеевну легла нелегкая забота о здоровье Андрея Дмитриевича.

Здесь же началась его творческая работа. Он сделал четыре изобретения в области контроля качества продукции (одно из них запатентовано), выполнил четыре работы по теоретической физике. Они не были опубликованы, но, как впоследствии он сам писал, они дали ему уверенность в собственных силах. В одной из этих работ он рассматривал цепную реакцию в уране в смеси с замедлителем и понял, что одну из главных трудностей на пути ее осуществления — резонансный захват нейтронов ураном — можно преодолеть, не размешивая уран равномерно с замедлителем, а помещая его в виде блоков. Этот важный принцип был уже известен в разных странах, но засекречен.

Андрей Дмитриевич переслал свои работы Игорю Евгеньевичу Тамму, руководителю теоретического отдела ФИАН, и в январе 1945 г. был принят к нему в аспирантуру. Он очень скоро и навсегда завоевал общую симпатию своей мягкой интеллигентностью, спокойной доброжелательностью и быстро проявившейся талантливостью. Совершенно естественно был обаятелен.

Вскоре в Москву приехала Клавдия Алексеевна с новорожденной дочкой Таней. Жить было негде (квартира родителей была разбомблена во время войны), стипендия была жалкая, и тем не менее Сахаров интенсивно занимался наукой. За два года он опубликовал статьи по совершенно разным проблемам (генерации пионов при соударении нуклонов высокой энергии, оптическому определению температуры газового разряда и теории ядра). Это были зрелые работы, в которых уже сверкали искры выдающегося таланта. Одна из публикаций основывалась на результатах кандидатской диссертации, которую он подготовил уже к весне 1947 г. Защиту, однако, пришлось отложить до осени, так как Андрей Дмитриевич не смог сдать экзамен по «политпредмету». Здесь не было никакой политической подоплеки, просто в то время Андрей Дмитриевич из-

лагал свои мысли так, что его не всегда можно было понять: сам ход его рассуждений был необычным, а то, что ему казалось очевидным, он просто опускал. Отсрочка защиты вызвала у него досаду только потому, что откладывалось связанное с ученой степенью улучшение материального положения.

Вскоре он все же получил комнату от института в старом, ветхом доме с коридорной системой около ГУМа. Бытовые условия несколько улучшились, а ради дополнительного заработка Андрей Дмитриевич начал преподавать физику в Московском энергетическом институте.

В 1948 г. Тамм включил его в группу сотрудников теоретического отдела, организованную для исследования возможности создания водородной бомбы. Выдвинутые здесь важные идеи поставили проблему на реалистическую основу. Вскоре Сахаров был зачислен в штат специального института вне Москвы, но до 1950 г., пока группа в теоретическом отделе еще существовала, подолгу бывал в Москве. На «объекте» он, помимо непосредственных работ по созданию оружия, которым отдал много лет и сил, занимался другими исследованиями, так или иначе связанными с этой тематикой.

Андрею Дмитриевичу принадлежат основополагающие идеи по трем важнейшим разрабатываемым ныне способам осуществления управляемого ядерного синтеза. Это магнитный термоядерный реактор (1950 г.), предложенный и подвергнутый теоретическому исследованию вместе с Таммом (по существу — токамак), мюонный катализ ядерных реакций синтеза (1948 г.) и использование импульсного лазерного излучения для нагрева дейтерия (предложение, высказанное в 1961 г., как он пишет в своей автобиографии и автореферате работ, опубликованном в США). В тот же период он предложил способ получения сверхсильных магнитных полей с использованием энергии взрыва.

Андрей Дмитриевич работал с энтузиазмом, будучи, как и его товарищи по работе, убежден, что только равновесие вооружений может спасти мир от термоядерной войны. В июле 1953 г. ему была присуждена докторская степень, а после успешного испытания первой водородной бомбы он был избран в октябре академиком.

Его жизнь в этот период ограничивалась работой, общением с коллегами и друзьями — людьми выдающимися по уму, таланту и личным качествам (И. Е. Таммом, Я. Б. Зельдовичем, Ю. Б. Харитоновым и другими, менее именитыми), а также семьей. Отпуск он проводил с женой и детьми (в

1949 г. родилась дочь Люба, а в 1959 г. — сын Дима), которых он очень любил.

Однако постепенно в нем формировался новый взгляд на общественно-политические проблемы. Вероятно, существенным толчком в этом стало разоблачение преступлений Сталина на XX съезде. Он стал осознавать, что политики и военные, получившие из рук ученых ядерное оружие, не намерены с ними считаться в вопросах его использования. Ощувив себя ответственным за проблему радиоактивного заражения при ядерных испытаниях, Андрей Дмитриевич начал борьбу за прекращение тех испытаний, которые были не нужны для совершенствования оружия. Специальными расчетами он доказывал, какую опасность они несут жизни и здоровью десятков тысяч людей. Ему удалось сыграть существенную роль в заключении международного соглашения о прекращении испытаний (кроме подземных), но тревога нарастала, а отношения с политическим руководством портились. Все очевиднее становилось катастрофическое состояние экономики и бесправие народа, совершенно непостижимые в мирный период жизни страны.

Андрей Дмитриевич стал чаще бывать в Москве, неизменно при этом посещая еженедельный семинар теоротдела, а в своей научной деятельности все больше внимания стал уделять теоретическим проблемам физики частиц, космологии и гравитации, которые всегда интересовали его.

Уже в 1965 г. он опубликовал первую глубокую работу по космологии, в которой образование неоднородностей (звезд, галактик) объяснялось квантовыми флуктуациями метрики. Затем последовала одна из важнейших его работ — объяснение барионной асимметрии Вселенной, а вскоре после этого работа, положившая начало новому направлению, названному за рубежом «индуцированной гравитацией». Были и другие работы, содержавшие совершенно новые идеи в области космологии².

В то же время продолжалась эволюция его общественно-политической позиции. Помню, как еще в 1965 г. он пришел ко мне домой в состоянии крайнего возбуждения с рукописью книги Жореса и Роя Медведевых о Сталине (если не ошибаюсь, она называлась «Путь к власти»). В ней содержа-

лись факты, большая часть которых уже была опубликована в разрозненном виде во время «хрущевской оттепели». Однако, собранные воедино, они производили очень сильное впечатление, для Андрея Дмитриевича, как оказалось, во многом новое.

Результатом этой эволюции взглядов, напряженной умственной и душевной работы стали «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе» (1968 г.). Опубликованные за рубежом и ставшие известными у нас благодаря «радиоголосам» и «самиздату», они произвели потрясающее впечатление. Разумеется, Сахаров был отстранен от секретной работы.

Этот перелом совпал по времени с трагическим событием в его личной жизни. От поздно диагностированного рака скончалась в 1969 г. Клавдия Алексеевна.

Спокойное, мужественное, без недомолвок изложение политических идей, каждая из которых, будь она высказана любым другим человеком, могла привести к лишению свободы, поставила Андрея Дмитриевича в особое положение. С одной стороны, огромные заслуги перед страной, удостоенные высшими наградами, в известной мере оградил его от прямых репрессий. С другой — в атмосфере того времени многие опасались даже простого контакта с ним.

В 1969 г. Тамм, уже прикованный к постели неизлечимой болезнью, пригласил Андрея Дмитриевича вернуться в ФИАН. Это предложение он принял и вскоре, после преодоления колебаний и сопротивления начальства самого разного уровня, стал вновь сотрудником теоротдела, уже до конца своих дней.

Общественная позиция Андрея Дмитриевича притянула к нему всех, кто в той или иной мере был занят правозащитной и вообще протестантской деятельностью. В результате его, так сказать, теоретическая общественная деятельность, нашедшая продолжение в новых работах, развивающих линию «Размышлений», тесно переплелась с активным личным участием в правозащитном движении. Он бросался на защиту людей, подвергавшихся гонениям, но, несмотря на это, находил время и силы для новых научных работ.

В 1971 г. Андрей Дмитриевич познакомился с Еленой Георгиевной Боннэр, и вскоре они поженились. Елена Георгиевна, дочь видного работника Коминтерна Г. С. Алиханова, уничтоженного в 1937 г., перед войной училась в ИФЛИ, добровольно ушла медсестрой на фронт, была ранена и контужена, но вернулась на фронтovou медицинскую работу. После войны окончила медицинский институт и

² В публикуемых в номере статьях не отражен цикл из четырех работ Сахарова (одна совместно с Зельдовичем), в котором, в частности, выведена полуклассическая формула для масс адронов на основе кварковой модели. Он всегда любил доводить дело «до числа», и здесь тоже успех при сравнении с экспериментально определенными массами частиц серьезно его радовал.

работала врачом-педиатром. Ко времени их встречи она уже имела длительный стаж диссидентской деятельности. Этот союз принес Андрею Дмитриевичу так необходимое ему ощущение личного счастья.

К этому времени Сахаров уже стал легендарной личностью. Его морально-политическое влияние в стране и мире было огромным. Давно осознал сам, он доказывал другим, что только правовое и открытое общество может обеспечить доверие между странами. В 1975 г. ему была присуждена Нобелевская премия мира. Но в те же годы началась травля Андрея Дмитриевича в наших средствах массовой информации. Потoki ненависти и клеветы обрушились и на него, и на Елену Георгиевну. Наконец, после протеста по поводу вторжения в Афганистан он без суда и предъявления каких-либо формальных обвинений или постановлений был вывезен в ссылку в Горький (в августе 1984 г. на ссылку туда же была осуждена его жена). Руководству теоретдела удалось отстоять его от увольнения из ФИАН и добиться согласия «руководящих инстанций» на поездки к нему сотрудников для научных консультаций. Для поездок выбирались те из них, чьи научные интересы были наиболее близки Андрею Дмитриевичу, и, конечно, на совершенно добровольной основе³.

В Горьком Сахаров провел три голодовки (1981, 1984 и 1985 гг.) в защиту прав членов своей новой семьи (в особенности, требуя разрешения на поездку Елены Георгиевны за границу для лечения) и переносил тяжелейшие мучения насильственного кормления⁴. Но помимо прямо высказанных целей, голодовки были проявлением мятежного духа несмирившегося гражданина.⁵

Буря возмущения в мире, выступления в его защиту были важной моральной поддержкой для Сахарова, но, разумеется, не могли оказать серьезного влияния на руководителей страны. Ведь даже преступная война

в Афганистане, которая унесла многие тысячи жизней советских воинов, оставила огромное их число калеками, погубила сотни тысяч афганцев, продолжалась, несмотря на всеобщее негодование в мире, ее осуждение членами ООН. И данное Андреем Дмитриевичем перед последней голодовкой обещание сосредоточиться на научной работе, если его требование будет удовлетворено, не возымело никакого действия. Однако через неделю после ее начала состоялся знаменитый апрельский (1985 г.) Пленум ЦК КПСС, и уже 31 мая к Сахарову прибыл высокий чин из КГБ. Из разговоров с ним Елена Георгиевна заключила, что «Горбачев дал указание КГБ разобраться с нашим делом. Но ГБ (...) вело свою политику. Так что у них шла своя борьба, в которой было неясно, кто сильнее — Горбачев или КГБ»⁶. Это выяснилось через 5 месяцев, когда после повторного обещания Андрея Дмитриевича отказаться от открытых политических выступлений, Елене Георгиевне разрешили поездку в США, где ей сделали операцию на сердце, спасшую ей жизнь. А в декабре 1986 г. М. С. Горбачев, игнорируя обещание Сахарова прекратить политическую активность, пригласил его вернуться в Москву и «приступить к своей патриотической деятельности».

Последующие три года бурной жизни Андрея Дмитриевича были у всех на виду. Не могу не добавить, что уже в день приезда в Москву, Андрей Дмитриевич появился в ФИАНе, своем втором доме, и провел там около 6 часов на семинаре и в беседах с сотрудниками.

В дальнейшем политическая деятельность все больше ограничивала его возможности заниматься наукой, и тем не менее он участвовал в еженедельных семинарах, выступал на научных конференциях.

Жизнь великого человека оборвалась 14 декабря 1989 г.

⁶ Боннэр Е. Г. Постскриптум. Книга о горьковской ссылке. Париж, 1988. С. 129.

³ Всего в Горький съездили 17 сотрудников отдела, причем некоторые по многу раз.

⁴ Его обостренное чувство ответственности за других и ранее проявлялось, например, в том, что и в своей нобелевской лекции, и в других случаях он приводил длинные списки «узников совести», боролся за них. Однажды в начале 70-х я сказал ему: «По-моему, вы ведете беспринципную игру: если ваши идеи будут приняты, это будет победа. Если вас посадят, вы будете довольны, что страдаете, как ваши единомышленники». Он рассмеялся и согласился.

⁵ Еще в мой первый приезд в Горький в июне 1980 г. я процитировал ему, как я думал, в утешение, даустиши, если не ошибаюсь, Кайсына Кулиева: «Терпение — оружие героя, коль выбито из рук оружие другое». Он возмутился: «Какое терпение? Борьба продолжается!»



"Если не я, то кто?"

В. И. Ритус,

доктор физико-математических наук
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР
Москва

В НАЧАЛЕ 1989 г. в ФИАНе шла подготовка к выборам ученого совета института. В соответствии с новыми, демократическими правилами была составлена краткая научная характеристика каждого кандидата, вывешенная для всеобщего обозрения в вестибюле. Среди них была характеристика Андрея Дмитриевича Сахарова, написанная и при моем участии.

КАНДИДАТ В ЧЛЕНЫ УЧЕНОГО СОВЕТА ФИАНА ОТ ОТДЕЛА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Сахаров Андрей Дмитриевич, 1921 г. рождения, главный научный сотрудник ФИАНа, академик АН СССР, физик-теоретик с мировым именем, известен своими выдающимися работами в области термоядерного синтеза, теории элементарных частиц и космологии.

Основные результаты и направления исследований А. Д.:

1) физические идеи и расчеты по созданию термоядерного оружия;

2) пионерская идея магнитного удержания плазмы и основополагающие расчеты установок по управляемому термоядерному синтезу;

3) идея и расчеты по созданию сверхсильных магнитных полей сжатием магнитного потока сходящейся взрывной волной (магнитная кумуляция);

4) работы по квантовой теории поля, теории элементарных частиц, в частности, о мюонном катализе ядерных реакций (совместно с Зельдовичем);

5) трактовка гравитации как метрической упругости пространства: гравитация возникает в результате изменения энергии квантовых флуктуаций полей в вакууме при искривлении пространства, подобно тому как обычная упругость тел возникает в результате изменения энергии межмолекулярных связей при деформации;

6) работы по космологии, особенно о происхождении барионной асимметрии Вселенной.

А. Д. Сахаров известен своей выдающейся общественной деятельностью. Он лауреат Нобелевской премии мира, один из основателей и директоров международного «Фонда за выживание и развитие человечества», член Президиума АН СССР, член ученого совета ФИАНа, член научных академий США, Франции и многих других стран.

Эта краткая характеристика демонстрирует и вполне определенную эволюцию научной деятельности А. Д.: от работ первоначальной, даже грандиозной практической значимости, доведенных до конкретных результатов, он перешел к принципиальным исследованиям основ мироздания, в которых им были высказаны глубокие первопрородческие идеи.

Работа над водородной бомбой, безусловно, была исключительной во всех отношениях. Она принесла А. Д. славу талантливейшего физика-теоретика, распространившуюся сначала среди советской физической элиты, а затем и по всему миру. Именно за нее он был избран в академики, удостоен звания Героя Социалистического Труда, лауреата Сталинской премии (неслыханного ранее масштаба — 0,5 млн. рублей), не говоря уже о таких сопутствующих правительственных подарках, как дача и автомашина.

Настала пора рассказать об основной идее этой работы, а также о своих впечатлениях об А. Д. в эти напряженные годы, когда я работал под его руководством (1951—1955), и позднее, когда он, отстраненный от секретной деятельности, вернулся в ФИАН и мы снова стали сотрудниками одного отдела — отдела теоретической физики им. И. Е. Тамма.

После моего приезда на объект¹ в течение двух дней, ушедших на оформление пропуска в теоретический отдел, я перезнакомился со всеми теоретиками, кроме Сахарова и Тамма, который был в это время в Москве. Когда я появился в отделе, А. Д. вышел ко мне из своей комнаты, широко улыбаясь и энергично потирая руки, как будто предвкушая удовольствие от предстояще-

¹ Окончив физический факультет МГУ в декабре 1950 г., я был оставлен в аспирантуре. Между тем М. А. Марков рекомендовал меня И. Е. Тамму в группу по реализации идеи А. Д. Сахарова, создаваемую в исследовательском центре задали от Москвы. Когда в начале мая 1951 г. я был туда «откомандирован», мне казалось, что именно здесь находится крупный засекреченный ускоритель, о котором в Москве ходили слухи.



А. Д. Сахаров и И. В. Курчатов. Горький, 1958 г.

го знакомства. Потом я узнал, что эта его привычка была просто признаком хорошего настроения.

Это был высокий круглолицый человек с темными длинными, чуть редкими ниспадающими набок волосами и небольшим животиком. Его фотография вместе с Курчатовым очень хорошо передает его облик той поры. Более того, глядя на нее, я так и слышу его мягкую грациозную речь. Мы познакомились. Вдруг все куда-то исчезли. А. Д. подвел меня к доске, взял в левую руку мел и со словами «Объект устроен следующим образом» начертил большую окружность. Оригинал, подумал я, он хочет

познакомить меня с устройством города и для экономии рисует его схему центрально-симметричной, хотя в действительности это не так — я уже походил по улицам. А. Д. начертил меньшую окружность, идеально концентричную первой, и сказал еще несколько фраз, в которых я с трудом находил логику. Лишь минуты две спустя я наконец стал понимать, что речь идет совсем о другом объекте — о водородной бомбе.

Хотя основные принципы устройства водородной бомбы теперь хорошо известны², уместно сказать, в чем именно состояла идея А. Д. Основная задача была в том,

² Ядерное оружие // БСЭ. 1958. Т.51. С. 320—321; Ядерный взрыв // Физический энциклопедический словарь. 1984. С. 917—918.

ОТЗЫВ О НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АНДРЕЯ ДМИТРИЕВИЧА САХАРОВА*

А. Д. Сахаров является одним из самых крупных ведущих физиков нашей страны.

Недостаточно было бы сказать, что он обладает широкой эрудицией — весь стиль его научного творчества свидетельствует, что физические закономерности и связи явлений для него непосредственно зримы и ощутимы во всей своей внутренней простоте.

Этот дар, в сочетании с редкой оригинальностью научной мысли и напряженностью научного творчества, позволил ему в течение последних 5 лет выдвинуть три научно-технические идеи первостепенного значения. Каждая из них основана на применении неожиданных сочетаний бесспорных физических положений, позволяющих указать принципиально новые и притом исключительно эффективные пути решения актуальных проблем новой техники.

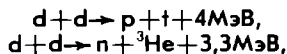
Первостепенное государственное значение этих идей А. Д. Сахарова привело к тому, что в настоящее время для практического их осуществления затрачиваются очень большие человеческие и материальные ресурсы. При этом общее идейно-научное руководство всей этой обширной деятельностью чрезвычайно успешно осуществляется самим А. Д. Сахаровым.

Не может быть сомнений в том, что А. Д. Сахаров заслуживает не только ученой степени доктора физических наук, но и избрания в Академию наук СССР.

Тамм

* Предположительно 1953 г.

чтобы с помощью энергии, выделенной при взрыве атомной бомбы, нагреть и «поджечь» тяжелый водород — дейтерий, т. е. осуществить термоядерные реакции



идущие с выделением энергии и, таким образом, способные сами себя поддерживать. Казалось бы, для этого нужно заложить слой дейтерия в обычную атомную бомбу между делящимся веществом (полым шаром из ${}^{235}\text{U}$ или ${}^{239}\text{Pu}$) и окружающей его обычной взрывчаткой, кумулятивный взрыв которой переводит делящееся вещество из подкритического состояния в надкритическое. Оказалось, однако, что при этом дейтерий не

успеваает достаточно нагреться и сжаться и термоядерная реакция практически не идет.

В этой связи напомним, что скорость dd-реакции определяется сечением $\sigma_{dd}(v)$ этой реакции, зависящим от относительной скорости сталкивающихся ядер, и концентрацией дейтерия n_D . Действительно, каждый дейтон в единицу времени может столкнуться с $\sigma_{dd}(v)n_D$ другими дейтонами. После усреднения по тепловому (максвелловскому) распределению скоростей эта частота столкновений, или среднее обратное «время

жизни» дейтона, $\overline{\sigma_{dd}(v)n_D}$ зависит лишь от температуры и концентрации дейтерия и определяет долю дейтерия, «сгоревшего» за время взрыва Δt :

$$\frac{\text{число «сгоревших» дейтонов}}{\text{полное число дейтонов}} = \overline{\sigma_{dd}(v)n_D}\Delta t.$$

Для увеличения доли «сгоревшего» дейтерия А. Д. предложил окружить дейтерий в описанной конструкции оболочкой из обычного природного урана, который должен был замедлить разлет и, главное, существенно повысить концентрацию дейтерия. Действительно, при температуре, возникающей после взрыва атомной бомбы-запала, окружающее вещество оказывается практически полностью ионизованным. Давление p такого газа равно nkT , где n — суммарная концентрация ядер и электронов. И здесь очень важно вспомнить, что ядро урана окружено 92 электронами, а дейтерия — всего одним. На этом и идет «игра». Из равенства давлений и температур на границе дейтерия и урана получаем, что концентрация ядер дейтерия

$$n_D = \frac{Z_U + 1}{Z_D + 1} n_U = \frac{Z_U + 1}{2A_U M} \varrho_U \sim \frac{1}{4M} \varrho_U,$$

т. е. пропорциональна плотности ϱ_U урана с коэффициентом пропорциональности, слабо зависящим от материала оболочки (Z — атомный номер вещества, A — массовое число, M — атомная единица массы). Поэтому урановая оболочка, плотность которой в 12 раз больше плотности обычной взрывчатки, более чем в 10 раз повышает концентрацию дейтерия, а следовательно, и скорость термоядерной реакции. Такой способ ее увеличения наши сотрудники называли «сахаризацией».

Рост скорости dd-реакции приводит к заметному образованию трития, который тут же вступает с дейтерием в термоядерную реакцию



с сечением, в 100 раз превышающим сечение dd -реакции, и в 5 раз большим энерговыделением. Более того, ядра урановой оболочки охотно делятся под действием быстрых нейтронов, появляющихся в dt -реакции, и существенно увеличивают мощность взрыва³. Именно это обстоятельство заставило выбрать уран в качестве оболочки, а не любое другое тяжелое вещество (например, свинец).

Мощность термоядерного процесса в дейтерии можно было бы значительно повысить, если с самого начала часть дейтерия заменить тритием. Но тритий очень дорог, а добавок еще и радиоактивен. Поэтому В. Л. Гинзбург предложил использовать вместо него ${}^6\text{Li}$, который под действием нейтронов эффективно генерирует тритий в реакции



Действительно, термоядерный заряд в виде дейтерида лития (LiD) привел к радикальному увеличению мощности термоядерного процесса и выделению энергии из урановой оболочки за счет деления, в несколько раз превосходящему термоядерное энерговыделение.

Таковы физические идеи, заложенные в первый вариант нашего термоядерного оружия⁴.

В этот же период параллельно с основной деятельностью А. Д. интенсивно работал над идеей магнитного термоядерного реактора (МТР). Такой реактор мыслился им в виде соленоида, свернутого в тор, т. е. имеющего вид бублика, внутренность которого заполнена дейтерием. Дейтерий разогревается мощными разрядами тока, текущими по обмотке, который одновременно создает внутри бублика магнитное поле, препятствующее попаданию плазмы на стенки тора. Поражает близость масштабов (~ 10 м) и других характеристик этих установок, рассчитанных тогда А. Д., к масштабам и характеристикам токамаков, созданных много лет спустя как у нас, так и за рубежом⁵.



Фотография с документа. Примерно 1950 г.

Создание сверхсильных магнитных полей сжатием магнитного потока внутри полого металлического цилиндра было третьей важной идеей А. Д., высказанной в те годы. Цилиндр обжимался кумулятивным взрывом. Пересечение движущимися стенками цилиндра магнитных силовых линий создавало в стенках ток, который в свою очередь создавал дополнительное магнитное поле внутри цилиндра. Все это приводило к тому, что магнитный поток $\Phi = \pi R^2 H$ внутри цилиндра оставался неизменным, а следовательно, напряженность поля росла обратно пропорционально квадрату радиуса цилиндра⁶.

Позднее оказалось, что аналогичную идею высказал примерно в то же время Я. П. Терлецкий. Мне казалось, что А. Д. был немного огорчен этим обстоятельством.

Экспериментальные работы по сжатию магнитного потока, начатые по инициативе А. Д., привели в 1964 г. к рекордному значению магнитного поля в 25 млн Гс.

Все эти годы А. Д. работал с исключительным напряжением, приходил в отдел

³ Напомним, что природный уран состоит из ${}^{238}\text{U}$ (99,3%) и ${}^{235}\text{U}$ (0,7%). В отличие от ${}^{235}\text{U}$, делящегося как быстрыми, так и медленными нейтронами, ${}^{238}\text{U}$ делится только быстрыми нейтронами с энергией больше 1 МэВ.

⁴ См. в номере: Романов Ю. А. Отец советской водородной бомбы. С. 20—24.

⁵ См. в номере: Головин И. Н., Шафранов В. Д. У истоков термояда. С. 25—33.

⁶ См. в номере: Павловский А. И. Магнитная кумуляция. С. 39—49.

раньше всех и уходил позже всех, а ведь у него уже была семья — жена Клавдия Алексеевна и две маленькие дочери Таня и Люба, мы же все были на 5—8 лет моложе его и холосты.

До сих пор меня не покидает прямо-таки физическое ощущение напряженности работы А. Д. Однажды захожу в его кабинет⁷: он сидит за столом, обхватив голову руками и устремив взгляд на чертеж. Потом он поворачивает голову ко мне, и я вижу, как несколько его длинных черных волос падает на этот чертеж. Не мудрено, что «подавляющее большинство» увидело его совсем другим.

Помимо собственной работы и участия в многочисленных совещаниях, где приходилось принимать очень ответственные решения, А. Д. много времени уделял руководству работами сотрудников. Помню, мы с Ю. А. Романовым рассчитывали вероятность одного редкого процесса в макросистеме, при этом, естественно, существенно использовали теорию вероятностей. Написали черновой вариант отчета и отдали его А. Д. На третьей или четвертой странице он обнаруживает логическую ошибку, мы хватаемся за голову, исправляем это место и все последующее. А. Д. читает дальше — снова ошибка, опять сказывается наше недостаточное владение теорией вероятностей, опять исправляем конец. И что же? А. Д. находит еще одну ошибку, на этот раз последнюю. Ощущения позора не осталось лишь потому, что все это знали только мы трое, замечания А. Д. были мягкими и тактичными, а уровень его так сильно отличался от нашего! В данном случае мы были готовы к разговору и довольно быстро схватывали его замечания. Трудно было тогда, когда обсуждалась какая-то неясная проблема. Каждый высказывал свои соображения, но соображения А. Д., как правило, трудно было понять — он мыслил неортодоксально. Похоже было, что все мы ищем ответ, пользуясь выученными правилами, а он интуитивно чувствует его и обосновывает свой путь к нему в целом, а не отдельные шаги.

При такой напряженной работе А. Д. мы редко видели его отдыхающим, но все же вот несколько «нерабочих» эпизодов.

Как-то в самом начале пребывания на объекте Сахаров и Романов отправились за город прогуляться по лесу и набрали на колючую проволоку — границу «зоны». Их задержали солдаты, вызвали по телефону грузовик, усадили в кузов на пол с выпрямленными ногами и доставили в такой позе на КПП. За время поездки ноги затекли, колени болели. Оказывается, это типичный прием охраны для предотвращения побега заключенных. Не правда ли, многозначительное начало!

Недели через три после моего приезда А. Д. исполнялось 30 лет (21 мая 1951 г.). Вечером на празднование в его коттедж (А. Д. с семьей занимал половину небольшого деревянного двухэтажного дома — 3 комнаты плюс кухня) собралось около 20—25 человек. Клавдия Алексеевна испекла большущий пирог и украсила его 30 зажженными свечами. Хотя я и слышал о таком обычае, видел его впервые. Вечер мне очень понравился, было много веселого и остроумного. И вина тоже. Возможно, поэтому через некоторое время я почувствовал необходимость выйти на улицу подышать свежим воздухом. Была теплая, почти южная звездная ночь. Вдруг слышу сзади шаги, оглядываюсь, меня догоняет А. Д.: «Володя, как вы себя чувствуете?» Я был тронут его вниманием. Мы погуляли немного и вернулись.

В разгар нашей деятельности отделу (а точнее, Тамму и Сахарову) выделили автомашину «Победа» с шофером (женщиной), и хотя от нашего жилья до места работы было минут 20 ходу, мы часто этой машиной пользовались. Обычно сначала на работу приезжал А. Д. Вторым рейсом — ватага молодежи. Игорь Евгеньевич приезжал третьим рейсом, значительно позднее. Однажды я решил воспользоваться этой машиной, чтобы поехать по делам на «завод» (т. е. к экспериментаторам), согласовав с А. Д., что после приезда туда я машину отпускаю. Мы оба забыли об Игоре Евгеньевиче! Он был вынужден прийти пешком и дал взбучку А. Д. Тот все выслушал молча, обо мне не сказал ни слова. Для окружающей молодежи сцена была неприятной, но поучительной. Позднее я был свидетелем, как Игорь Евгеньевич извинялся перед А. Д. за свою горячность.

В зеленом уголке объекта (на территории «генеральской дачи» для важных гостей) были устроены волейбольная площадка и теннисный корт, которые, как ни странно, частенько пустовали. Однажды мы зата-

⁷ Кстати, он охранялся одним из двух телохранителей, симпатичных молодых людей, которые нам не мешали, но каково было А. Д. — ведь они дежурили около него круглосуточно.



С женой Клавдией Алексеевной (справа) и детьми (слева направо) Любой, Таней и Димой. Середина 60-х годов.

щили А. Д. поиграть в теннис. Пришла посмотреть и Клавдия Алексеевна. Вот соперник А. Д. подает мяч. А. Д. провожает его глазами, думая о чем-то своем, потом, встрепенувшись, как-то по-донкихотски взмахивает ракеткой, которая описывает «холостой» полукруг.

— Клава, ты видела, как я ударил? — спрашивает он жену.

— Адик, по-моему, ты промазал.

— Да, но если бы я попал, какой это был бы удар!

Как-то меня командировали в Москву в группу Л. Д. Ландау, которая занималась численным решением математических задач, составленных нашей группой. Срочно нужны были промежуточные результаты. Я впервые встретился и разговаривал с Львом Давидовичем, и он, проводив меня в помещение своей группы, сказал: «Сейчас я познакомлю Вас с нашими ребятами». Мне было тогда 25 лет, и я непринужденно разговаривал часа два с «ребятами», которые, правда, показались мне постарше меня (у одного была большая лысина, у другого оставался еще заметный пушок на голове). Помню, они очень интересовались А. Д., стараясь понять, какого ранга он физик, с кем его можно сравнить. Для меня тогда в СССР не существовало более талантливого физика, чем он.

Попутно я должен был выполнить некоторую деликатную миссию: дело в том, что

задание, результатами которого я интересовался, было составлено А. Д. и мною, точнее, он набросал эскиз, а я проконтролировал его и наполнил необходимыми подробностями. При этом оказалось, что А. Д. забыл написать один важный член дифференциального уравнения в частных производных, а я этой ошибкой не заметил. Когда позднее мы ее обнаружили, я сильно огорчился и хотел послать в Москву исправление, но А. Д. сказал, что там люди квалифицированные, с этим уравнением дело имели и ошибку исправят. Так оно и оказалось. Мои собеседники были явно польщены, когда я передал им слова А. Д. Перед моим уходом между ними возникла небольшая дискуссия — кому подписывать мой пропуск. Оказалось, что один из них был Е. М. Лифшиц, а другой — И. М. Халатников.

Вскоре после смерти Сталина на часто возникавший вопрос, что же теперь будет, А. Д. как-то заметил: «А ничего, все пойдет по-старому, сложная система подчиняется своим внутренним законам и сама себя поддерживает». И добавил, что отдельный человек, даже высокопоставленный, влияет лишь на ближайшее окружение. Вообще же в эти годы А. Д. был политически пассивен. У нас в отделе работал В. Н. Климов, сотрудник более молодой, чем А. Д., и, кажется, член партии (он трагически погиб в горах, не достигнув и 30 лет). Валя читал газеты «с карандашом», многое умел видеть «между строк» и открыто иронизировал над противоречиями и ложью, которые тогда распространялись в печати. Иногда даже «качал права». Его неоднократно вызывали в горком (у нас он назывался «политотдел»), пропра-

бывали и, слава Богу, отпускали. Все мы по-человечески его понимали, но смотрели на эту «деятельность» с некоторым удивлением, считая ее бесполезной и опасной. Мне кажется, что так же относился к ней и А. Д., хотя я никогда не слышал от него ни ее одобрения, ни осуждения. По существу, Валя был для многих из нас первым «инакомыслящим» или даже «правозащитником», а ведь время было бериевское.

После успешного испытания первого варианта советской водородной бомбы Тамм покинул объект и полностью сосредоточился на работе в теоротделе ФИАН, куда в 1955 г. перевел и меня. Поэтому, если не считать редких встреч, в моем общении с А. Д. появилась пауза вплоть до 1969 г., когда и он вернулся в теоротдел. В эти годы (1956—1969) А. Д. продолжал работать над совершенствованием термоядерного оружия, за что был удостоен еще двух звезд Героя Социалистического Труда, однако все больше внимания уделял он и работам по открытой тематике — мюонному катализу ядерных реакций (работа 1957 г.), барионной асимметрии Вселенной (1967), связи гравитации с физикой элементарных частиц (1967), обсуждению $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$ -переходов, которые теперь мы называли бы переходами с обменом двумя W -бозонами (1967).

В последние годы в связи с поисками распада протона его работа о барионной асимметрии Вселенной получила очень широкое признание, так как в ней впервые такой распад предсказывался⁸. А. Д. исходит из модели горячей расширяющейся Вселенной и показывает, что для возникновения наблюдаемой барионной асимметрии Вселенной необходимы три условия:

1) существование взаимодействий, в которых не сохраняется барионное число,
2) нарушение в этих взаимодействиях зарядовой (C) и комбинированной (CP) четностей,

3) нахождение Вселенной вдали от теплового равновесия.

Поскольку реакции с изменением барионного числа никогда не наблюдались, А. Д. предполагает, что взаимодействия между кварками и лептонами, не сохраняющие барионное число, осуществляются промежуточными дробнозаряженными бозонами крайне большой массы порядка планковской. Поэтому такие реакции могли бы протекать только при грандиозных энергиях

или когда Вселенная имела температуру порядка или выше пороговой температуры рождения промежуточных бозонов. Это означает также, что такие X -бозоны могут распадаться по каналам с разными барионными числами B_1 и B_2 и относительными вероятностями g и $1-g$. Тогда распад системы $X + \bar{X}$ из бозона и антибозона приводит к системе с ненулевым барионным числом

$$\Delta B = gB_1 + (1-g)B_2 - \bar{g}B_1 - (1-\bar{g})B_2 = \\ = (g-\bar{g})(B_1 - B_2),$$

если вероятности g и $\bar{g}$ парциальных зарядово-сопряженных каналов различаются. Это действительно может быть вследствие несохранения C- и CP-четностей.

Однако если Вселенная при таких температурах находится в тепловом равновесии, то количество барионов обязательно должно быть равно количеству антибарионов. Это следствие CPT-теоремы, согласно которой массы M и времена жизни частиц и античастиц должны быть одинаковыми, а их распределения пропорциональны $\exp(-M/kT)$. Так как Вселенная нестационарна и очень быстро выходит из теплового равновесия, то это делает предложенный А. Д. механизм нарушения ее барионной симметрии эффективным.

В 1967 г. А. Д. опубликовал очень интересную статью «Вакуумные квантовые флуктуации в искривленном пространстве и теория гравитации».

Чтобы понять ее суть, важно вспомнить, что, согласно Эйнштейну, гравитация есть искривление пространства, вызванное присутствием материи, т. е. реальных частиц и полей, обладающих плотностью энергии. Причем кривизна пространства пропорциональна плотности энергии, а коэффициентом пропорциональности служит гравитационная постоянная Ньютона G , деленная на скорость света в четвертой степени:

$$\text{кривизна} \sim \frac{G}{c^4} \times \text{плотность энергии}.$$

Это и есть знаменитое уравнение Эйнштейна.

В своей работе А. Д. утверждает, что это уравнение в действительности имеет динамический характер и кривизна, умноженная на c^4/G , есть не что иное, как изменение плотности энергии вакуума из-за искривления пространства, т. е. из-за введения в вакуум реальной материи с определенной плотностью энергии. Тем самым, по мнению А. Д., есть надежда на то, что квантовая

⁸ См. в номере: Линде А. Д. «Неположенные» вопросы — отгадка или безумие? С. 60—61.

теория поля позволит найти изменение энергии квантовых флуктуаций полей в вакууме как функцию кривизны пространства. В первом приближении эта функция должна быть линейной по кривизне с коэффициентом пропорциональности, целиком определяемым свойствами очень коротковолновой части спектра квантовых флуктуаций. С другой стороны, по Эйнштейну, этот коэффициент равен c^4/G . Таким образом, гравитационная постоянная определяется физикой элементарных частиц при очень больших импульсах⁹.

В эти годы, с 1956 по 1969 г., в личной жизни А. Д. произошли серьезные события, одно из них радостное — рождение сына, другое трагичное — смерть Клавдии Алексеевны. Они ознаменовались также существенной эволюцией общественно-политических взглядов А. Д.

Испытания термоядерного оружия становились все более частыми и более мощными, наносили ущерб природе, вынуждали проводить переселение тысяч людей, угрожали их здоровью и жизни. Участие А. Д. в их подготовке и осуществлении поставили перед ним ряд острых моральных проблем. Он стал активно выступать за прекращение испытаний ядерного оружия, что привело его к конфликту с Н. С. Хрущевым и другими высокопоставленными лицами. Несмотря на то, что ядерный паритет был достигнут, оружие, произведенное сверх всякой меры, стало превращаться в средство политического шантажа, распространения политического господства, в угрозу миру и жизни всего человечества. А. Д. приходит к выводу, что для устранения угрозы самоуничтожения человечества необходимо сближение нашей страны с демократическими государствами Запада, признание приоритета общечеловеческих ценностей над идеологическими. Эта концепция сформулирована им в статье «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе», опубликованной в 1968 г. за рубежом.

Власти отстраняют А. Д. от секретной работы. Он возвращается в ФИАН и становится во главе правозащитного движения в стране. Вместе с тем он регулярно участвует в работе семинара теоретдела, бывает на заседаниях его ученого совета, иногда рассказывает о своих работах. Мы получаем возможность обсудить с ним как физические, так и политические проблемы. Последние,



В Горьком после голодовки. 1985 г.

разумеется, в частном порядке. Именно в то время расцветает инакомыслие, в разговорах появляются и наполняются содержанием такие понятия, как гласность, плюрализм, альтернативные выборы, многопартийность, конвергенция.

Многие из нас разделяли убеждения А. Д., хотя и считали некоторые из них слишком далеко идущими. В нас же глубоко сидел страх за свою судьбу, да и за судьбу отдела. И хотя сотрудники отдела даже во время самых злобных кампаний не подписали ни одного письма, порочащего А. Д., реально мы ему не помогали. Про себя могу сказать, что в числе других я подписал составленное А. Д. письмо в защиту Ж. Медведея (это имя мне было известно) и был очень рад, когда узнал о его освобождении из психиатрической больницы. По-видимому, это один из немногих случаев, если не единственный, когда к голосу общественности прислушались. Но я не подписал письма в защиту участников так называемого «самолетного дела». С чувством глубокого неудобства перед А. Д. я высказал ему тогда три причины: нельзя подвергать опасности жизнь других людей ради своих личных целей; участники и подробности дела мне неизвестны; у меня нет надежного иммунитета против

⁹ См. в номере: Адлер С. Л. А. Д. Сахаров и индуцированная гравитация. С. 62—65.

репрессий властей. Эти вопросы, кроме последнего, возникали, конечно, и для самого А. Д., но, решив их для себя, он, видимо, считал, что здесь нужно положиться на него. Относительно же иммунитета он сказал, что для обладания таковым достаточно степени доктора наук. До сих пор мне кажется, что я поступил правильно, но почему на душе «кошки скребут»? Это был долгий, откровенный разговор в его старой квартире в Щукине, во время которого он сказал, что готов пойти на жертвы, имея в виду, в частности, ссылку.

Вообще, я не раз разговаривал с А. Д. о его правозащитной деятельности. Мне казалось, что ему нужно ограничиться и сосредоточиться на составлении программных статей и выступлений по глобальным вопросам, волнующим человечество и нашу страну, что он делал тщательно и глубоко продуманно. Его выступления в защиту отдельных лиц и по некоторым частным вопросам иногда, как мне казалось, были слишком уязвимы для ортодоксальной критики и должны были отнимать у него много времени, энергии и нервов (хотя бы для получения достоверной информации и написания многочисленных прошений). Как-то я поделился своим сомнением с Еленой Георгиевной. «Да я все время ему об этом говорю», — ответила она. Но круг дел, в которые вовлекался А. Д., все расширялся и расширялся.

На мой вопрос, почему так уязвимо составлена телеграмма Пиночету по поводу П. Неруды, он ответил, что текст уже был готов, когда ему предложили подписать его, что придаться всегда можно, было бы желание, важно, чтобы цель была достигнута. Тут я в который раз ощутил, что у него просто не было чувства страха: главное — достижение цели, об ущербе собственной персоне он не думал.

Другой раз я спрашивал его, почему он защищает такое-то дело, казавшееся мне безнадежным. «Если не я, то кто?» — спросил он. Да, у него были единомышленники, но только немногие из них сумели побороть в себе это чувство страха. Фактически он поступал так, как должен поступать нормальный человек, и своим примером учил нас этому.

Введение войск в Афганистан взволновало всю страну. С кем бы мне ни приходилось беседовать, все выражали возмущение этим актом. Но открыто выступил только А. Д. и очень немногие. Реакция последовала незамедлительно — ссылка в Горький, лишение всех правительственных наград.

Мой первый визит к А. Д. в Горький (вместе с сотрудником нашего отдела И. В. Андреевым) был в январе 1983 г. Дом, подъезд, квартиру без труда нашли по рассказам предыдущих посетителей и в радостном возбуждении, отряхивая снег перед дверью, лихо пожали руку постовому. На шум вышел улыбающийся А. Д., и мы оказались в квартире. Минут через 10 раздалось треньканье входного звонка, А. Д. открыл дверь, и мы услышали вежливую просьбу постового: «Андрей Дмитриевич, разрешите посмотреть паспорта Ваших гостей». По-видимому, он принял нас за начальство, а может, был просто порядочным человеком. Днем пришла начальник находившегося рядом почтового отделения, принесла письма для А. Д., в том числе из-за границы. Нам понравилось, что разговор ее с А. Д. был тоже очень уважительным. Писали знакомые люди, священники, все так или иначе связанные с гуманистическими организациями.

Мы рассказали А. Д. все, что сами знали, и немного о своих работах. Днем А. Д. устроил обед, заметную часть которого приготовила Елена Георгиевна, находившаяся в Москве и передавшая ее нам в специальной сумке, а другую часть — сам А. Д., доверяя нам лишь неквалифицированную работу — мытье посуды и пр. После обеда А. Д. объявил час отдыха, прилег сам и нас заставил. Я к этому не привык и вскоре стал бродить по квартире, невольно обращая внимание на места возможного подслушивания. Ничего подозрительного не обнаружил. Случайно увидел на письменном столе начало мемуара А. Д. об арабо-израильском конфликте. Позднее А. Д. показал мне книгу А. Пайса об Эйнштейне, где было упоминание о серьезной заинтересованности и участии Эйнштейна в небезызвестном деле Валленберга. А. Д. рассказал подробности. Странно, но, несмотря на гласность, недавно вышедший русский перевод этой книги (1989) имени Валленберга не содержит.

Во время моего второго визита (9 февраля 1984 г.) после обмена мнениями о научных новостях А. Д. продемонстрировал свое умение работать с небольшим компьютером, присланным ему из-за границы. Он, в частности, запрограммировал и решил задачу о движении Меркурия вокруг Солнца с учетом эффектов общей теории относительности и, таким образом, численно нашел скорость смещения перигелия Меркурия. Работа с «умным» компьютером доставляла ему истинное удовольствие. После обеда, протекавшего в том же духе, что и прошлый раз, и небольшого отдыха А. Д. рассказал



Во дворе дома на ул. Чкалова. Конец 80-х годов.

о том, что его мучило: на его письмо Ю. В. Андропову с просьбой разрешить Елене Георгиевне продолжить лечение за границей уже три месяца нет ответа. «Подожду еще неделю и объявлю голодовку», — сказал он. Я убеждал его не делать этого, просил хотя бы подождать, говоря, что в связи с длительным отсутствием Андропова ходят слухи о его серьезной болезни, возможны изменения «в верхах» и, следовательно, изменения по отношению к А. Д.

Надо же быть такому совпадению, именно в этот день Андропов умер, но его заменил К. У. Черненко. Новое письмо А. Д., на этот раз к Черненко, сначала долго оставалось без ответа, а потом сообщили, что ответ будет после майских праздников. Как известно (см. журнал «Знамя», 1990, № 2), 2 мая Елена Георгиевна на глазах у А. Д. была задержана и позднее осуждена. Объявленная А. Д. 2 мая 1984 г. голодовка, поме-

щение его в больницу и последовавшее затем варварское обращение с ним медиков и агентов КГБ изменили его неузнаваемо.

После этих событий я встретился с ним только в день возвращения в Москву, в декабре 1986 г. Хотя радостные волнения преобладали, тяжело было видеть изможденное лицо, ввалившиеся ласковые глаза, сутулые плечи, отощавшую фигуру. И если духовно он выстоял и победил, физическая травма оказалась неизлечимой.

Часто можно слышать вопрос: как мог такой великий гуманист, каким оказался А. Д., заниматься созданием термоядерного оружия; да еще для столь бесчеловечного, недемократического сталинско-бериевского режима? Задают и другой вопрос: что же побудило его перейти от столь успешной разработки все новых моделей ядерного оружия к проблемам мира и разоружения, к защите прав человека?

Мне кажется, что ответы на эти вопросы связаны с эволюцией творческого духа А. Д. Он был прежде всего талантливейшим физиком и изобретателем, и возникшие у него в свое время идеи по созданию термоядерной бомбы и термоядерного реактора рассматривались им исключительно как возможные решения грандиозных научно-технических проблем, а не решения задач военного и политического противостояния. Проверка правильности этих идей, их реализация были удовлетворением его творческого самолюбия. Вопреки пропаганде, мы не верили в реальную угрозу со стороны США, но дух соперничества (кто быстрее и лучше сделает), безусловно, был, как и вообще в любой научно-исследовательской работе, тем более, что вначале мы отставали. И когда в середине 50-х годов эти идеи осуществились и прояснили не только физическую картину, но и ее перспективы, интересы ведущих ученых стали перемещаться в другие области. Вместе с тем ими был завоеван громадный авторитет и осознана глубина своего творческого потенциала. В это же время А. Д. увидел, что его детище в руках узкой властолюбивой группы людей становится орудием распространения геополитического господства. По сути это был вызов автократии творцам научно-технического прогресса. И мы должны быть счастливы, что этот вызов был принят человеком с громадной интеллектуальной мощью, высочайшими гуманистическими принципами, человеком совести и долга. И он отдал все свои силы разработке путей выхода из создавшегося кризиса. Мог бы кто другой сделать это вместо него?

Отец советской водородной бомбы

Ю. А. Романов,

доктор физико-математических наук
Всесоюзный научно-исследовательский
институт экспериментальной физики

ШЕЛ 1948 год, когда в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР была создана небольшая группа теоретиков под руководством И. Е. Тамма, которой специальным постановлением правительства было поручено исследовать возможности создания термоядерного оружия. Всего три года назад закончилась самая кровопролитная в истории человечества война, но уже произнесена печально знаменитая фултонская речь Черчилля, в которой «старая доктрина равновесия сил» объявлена «несостоятельной» и тем самым положено начало «холодной войне». Измотанная страданиями и лишениями войны, наша страна для восстановления военного паритета срочно вела разработки атомного оружия и готовилась к испытанию первой атомной бомбы, страшную мощь которой продемонстрировали американцы в Хиросиме и Нагасаки. И уже было известно, что в США ведутся исследования по созданию водородной бомбы, основанной на реакции синтеза ядер тяжелых изотопов дейтерия (d) или дейтерия и трития (t). Особенность такой бомбы в том, что энергия ее взрыва в значительной степени определяется количеством заложеного термоядерного горючего и может составлять мегатонны, в то время как энергия взрыва атомной бомбы деления ограничена целым рядом причин, в том числе необходимостью использования большого количества дорогостоящего делящегося вещества. Дело в том, что разделение и получение дейтерия значительно проще и дешевле, чем разделение изотопов урана и выделение плутония.

Инициатива создания водородной бомбы в США принадлежит Э. Теллеру и относится к 1942 г. В СССР, насколько мне известно, этот вопрос был поставлен в 1946 г. в специальном докладе, представленном правительству И. И. Гуревичем, Я. Б. Зельдовичем, И. Я. Померанчуком и Ю. Б. Харитоном. Вскоре в Институте химической физики АН СССР небольшой груп-

пой сотрудников (А. С. Компанеев, С. П. Дьяков) под руководством Зельдовича были начаты исследования этой проблемы. Очевидно, что в силу исключительной секретности информация об уровне соответствующих работ в США отсутствовала. Однако, как теперь известно, на конец 40-х годов состояние этих исследований было примерно одинаковым.

Было ясно, что для поддержания термоядерной реакции нужна температура в несколько десятков миллионов градусов, и этого можно было достичь только при использовании атомной бомбы в качестве запала. Однако если ее просто окружить жидким дейтерием, это не приведет к заметному увеличению мощности взрыва. И вот почему. Из-за разлета вещества при высоком давлении и падения температуры из-за теплоотдачи скорость термоядерной реакции синтеза слишком мала, так что в такой конструкции успевает прореагировать только ничтожная часть ядер дейтерия. Положение существенно улучшилось бы при использовании трития, поскольку скорость dt-реакции при заданной температуре примерно в 100 раз больше, чем у dd-реакции. Однако трития в природе нет, его надо производить в ядерных реакторах, облучая литий нейтронами. Естественно поэтому, тритий дорог, кроме того, он радиоактивен с периодом полураспада 12,6 года, т. е. требует постоянного восполнения. Так что создание водородной бомбы было не только сложной технической и производственной задачей, но и требовало решения многих принципиальных чисто научных вопросов. Для этого и была создана группа во главе с Таммом — ученым с мировым именем, человеком большой души, исключительной честности и принципиальности.

Группа разместилась на третьем этаже дома на Миусской улице, в трех небольших комнатах, естественно, за закрытой дверью. Одна из комнат служила Игорю Евгеньевичу кабинетом. Большой письменный стол, ученическая доска, необходимая для дискуссий, над ней портрет Л. И. Ман-

дельштама — друга и учителя Тамма. Рядом была комната В. Л. Гинзбурга и С. З. Беленького, а третья комната предназначалась для недавно защитившего кандидатскую диссертацию ученика Игоря Ев. еньевича Андрея Сахарова. В этой комнате предоставили место для работы и мне, зачисленному в июне 1948 г. в аспирантуру ФИАН. Здесь я и познакомился с Андреем Дмитриевичем, под чьим непосредственным началом мне посчастливилось проработать вплоть до 1955 г.

Этот долговязый, скромно одетый человек в свои 27 лет уже пользовался авторитетом в научных кругах, отличался ясностью и четкостью мышления, лаконичностью изложения идей. Его кандидатская диссертация была посвящена теоретическим вопросам физики атомного ядра. За новые для него проблемы оборонного характера Андрей Дмитриевич взялся энергично, отдавая важному государственному делу все свои творческие силы.

Первые месяцы мы все знакомились с новой для нас областью технической физики, изучали литературу, ходили в Институт химической физики к Зельдовичу и его коллегам, знакомились с их работами, обсуждая возникающие вопросы у доски и постигая таким образом азы новой для нас науки.

Может показаться невероятным, но уже через пару месяцев, Андреем Дмитриевичем были высказаны основополагающие идеи, определившие дальнейшее развитие всей проблемы.

В качестве горючего для термоядерного устройства группой Зельдовича рассматривался до этого жидкий дейтерий (возможно, в смеси с тритием). Сахаров предложил свой вариант: гетерогенную конструкцию из чередующихся слоев легкого вещества (дейтерий, тритий и их химические соединения) и тяжелого (^{238}U), названную им «слоистой». Оказывается, близкие соображения высказывались в 1946 г. Теллером, однако американские разработки пошли сначала по другому пути, который оказался тупиковым.

В чем же преимущества такого «слоеного пирога»? Во-первых, он дает возможность реализовать принцип «деление — синтез — деление», необходимый для повышения энергии взрыва. Нейтроны от D-T реакции с энергией выше порога деления ^{238}U делят его, в результате чего выделяется дополнительная энергия. Но, что более важно, благодаря низкой теплопроводности урана сильно уменьшается теплоотток из вещества бомбы и, наконец, находясь в непосредственном соседстве с ураном, легкое вещество при нагреве до температур в десятки миллионов

градусов оказывается сжатым в несколько раз. Это явление в кругах разработчиков ядерного оружия получило название «сахаризация». Физическая причина сахаризации предельно проста: при сверхвысоких температурах, когда вещество практически полностью ионизовано, выравниванию давлений в тяжелом и легком веществе отвечает одинаковая плотность электронов в них¹. А это означает, что легкое вещество должно находиться в сильно сжатом состоянии, что, собственно, и нужно для увеличения скорости реакции синтеза. Если же в «слоистой» включить еще и литий, то под действием нейтронов он будет превращаться в тритий, очень эффективно, как уже говорилось, участвующий в термоядерной реакции.

Идея применения в «слоистой» изотопа ^6Li принадлежит В. Л. Гинзбургу. Дейтерид лития (LiD) ласково именовался им «лидочкой», хотя в отчетах, которые, как правило, писались от руки, вещества обозначались их условными наименованиями. И. В. Курчатов правильно оценил большие перспективы применения ^6Li , оперативно организовав его производство. В результате Советский Союз первым применил его в испытаниях водородного оружия.

Работы по «слоистой» становились все более приоритетными и требовали присутствия Андрея Дмитриевича на «объекте» — во Всесоюзном научно-исследовательском институте экспериментальной физики, где с 1946 г. были сосредоточены основные исследования по созданию ядерного оружия. 17 марта 1950 г. на транспортном самолете ЛИ-2 Сахаров отбыл в институт на постоянную работу. Этим же самолетом летел и я — нам предстояли 5 напряженных лет совместной работы.

Еще в 1949 г., приехав на объект в командировку, Андрей Дмитриевич был ознакомлен с результатами первого испытания атомной бомбы. После этого конструкция водородной бомбы стала приобретать реалистический облик. Общее руководство проблемой осуществлялось Курчатовым, а научным руководителем работ и главным конструктором был Харитон.

Разработка водородного оружия требовала участия специалистов самого разного профиля. Так, без моделирования процесса термоядерного горения нельзя было получить сколько-нибудь надежных результатов, а для этого следовало разработать методы расчета тепловых, газодинамических и дру-

¹ Подробнее см. в этом номере: Ритус В. И. «Если не я, то кто?», С. 10—19.

гих физических явлений в конструкции со сложной геометрией. Для решения задач математической физики, связанных с атомной проблемой, в конце 40-х годов был создан ряд научных групп, разрабатывавших численные методы. Руководителями этих научных коллективов были Н. Н. Мейман, К. А. Семендяев, А. Н. Тихонов. Однако с вычислительной техникой у нас дела обстояли значительно хуже, чем в США: самой быстродействующей машиной, имевшейся в нашем распоряжении, была клавишная машина фирмы «Мерседес», полученная из Германии по репарации. Конкретные расчеты проводились большим числом девушек-вычислителей, и календарные сроки каждого расчета были достаточно велики — от недель до полугода. В 1951 г. разрозненные группы математиков были объединены под началом М. В. Келдыша в специальный институт в Москве, названный Отделением прикладной математики. В институт были привлечены такие крупные ученые, как И. М. Гельфанд, К. И. Бабенко и др.

В 1953 г. заработала первая отечественная ЭВМ «Стрела», на которой под руководством Тихонова и Семендяева выполнялись расчеты по «слоейке». С их помощью отбраковывались те или иные схемы конструкций и существенно корректировались первоначальные оценки.

Интенсивно велись эксперименты по изучению кинетики нейтронных процессов в сложных сборках, имитирующих конструкцию «слойки». Над этим работали в нашем институте (Ю. А. Зысин, А. И. Павловский) и ФИАНе (И. М. Франк, И. Я. Барит), а также в Дубне (В. А. Давиденко, И. С. Погребов) — в институте, который тогда назывался Гидротехнической лабораторией (по-видимому, в силу близости канала Москва — Волга), хотя самым гидротехническим сооружением там была система охлаждения ускорителя протонов. Сейчас это Объединенный институт ядерных исследований. Велись натурные эксперименты (К. И. Щелкин, А. Д. Захаренков) с обычными тротильовыми зарядами для определения основных газодинамических параметров выбранной конструкции бомбы. На Семипалатинском полигоне широким фронтом велись работы по подготовке исследований действия такого взрыва на различные сооружения и военную технику.

В общем, шла интенсивная подготовка к первому испытанию в СССР водородной бомбы, намеченному на 1953 г. Такого мощного наземного испытания у нас еще не было.

Что же делалось в это время в США?

Сейчас мы имеем возможность узнать, как шли работы по термоядерному оружию в США² и сравнить ход их разработок с нашими.

Американский проект водородной бомбы вовсе не стал молниеносной программой, как его осенью 1949 г. рекламировал Э. Теллер. Первые расчеты на компьютере были выполнены только к концу 1949 г. Одна за другой отпадали оказавшиеся неудачными схемы, так что их авторы Теллер и С. Улам пребывали в глубоком пессимизме.

В январе 1950 г. президент Трумэн принял решение о форсировании работ по созданию водородной бомбы, и вызвано это было успешным испытанием советской атомной бомбы в декабре 1949 г.

В этот период в Лос-Аламосе, где велись разработки термоядерного оружия, было предложено использовать дейтерий-тритиевую смесь для термоядерного горения внутри «инициатора» — бомбы деления. Эта конструкция является по существу усиленной атомной бомбой, в которой увеличен ее тротильовый эквивалент. Идея получила подтверждение в испытаниях 1951 г., проведенных под кодовым названием «Гринхауз», во взрыве «Джордж».

1951 год был временем прозрения для создателей американского термоядерного оружия. В феврале Улам и Теллер высказали ряд фундаментальных идей, которые существенно ускорили процесс разработки термоядерного оружия³, через месяц предложили использовать для усиления энергетического эффекта схему «деление — синтез — деление». Испытания «Майк» (1952 г.) и «Браво» (1954 г.) подтвердили правильность выбранного подхода.

12 августа 1953 г. на Семипалатинском полигоне прошли испытания первой нашей водородной бомбы. В них подтвердились ожидаемые характеристики «изделия», а также определено воздействие взрыва на различную военную технику и сооружения. В конструкции бомбы реализованы основополагающие идеи Сахарова, за что его по праву называют «отцом водородной бомбы».

Анализируя впоследствии результаты нашего первого испытания, Х. Бете отмечал, что это была не настоящая водородная бомба, поскольку в ней еще не были достигнуты высокие показатели сгорания термоядерного горючего. Да, действительно,

² Rhodes R. The Making of the Atomic Bomb. L., 1986; Hansen Ch. Nuclear Weapons. The History. N. Y., 1988.

³ Суть этих идей изложена в кн.: Rhodes R. Op. cit.; Hansen Ch. Op. cit.

«настоящая» водородная бомба была взорвана у нас позже, в 1955 г. Однако наша бомба 1953 г., в отличие от бомбы «Майк», которая весила 65 т, была не «сооружением», а транспортным объектом и перевозилась на самолете. Именно тогда в КБ С. П. Королева были начаты работы по созданию ракеты-носителя для нее. В дальнейшем термоядерные устройства существенно полегчали, а разработанная у Королева ракета-носитель послужила основой для запуска первого человека в космос.

После бурных приветствий по поводу удачного испытания, избрания академиком, присвоения звания Героя Социалистического Труда и лауреата Государственной премии Андрей Дмитриевич вновь углубился в работу по термоядерной проблеме. Не все проекты конца 1953 — начала 1954 г. нашли свое воплощение. Ранней весной 1954 г. в обсуждениях с Зельдовичем родились идеи, к которым Улам и Теллер пришли в 1951 г. Возможно, не стоит удивляться, насколько одинаково мыслят ученые, даже полностью лишенные взаимной информации. Научные исследования имеют свою внутреннюю логику развития, и при такой концентрации усилий лучших умов в обеих странах ход разработок не мог не идти более или менее параллельно.

Помню, как Андрей Дмитриевич собрал молодых сотрудников в своей маленькой комнате (мой стаж работы в то время — почти 6 лет — был больше, чем у остальных присутствовавших) и стал рассказывать про удивительное качество материалов с высоким атомным номером — быть прекрасным отражателем короткоимпульсного излучения высокой интенсивности. Без численных расчетов, с помощью удивительно простой схемы явления, основываясь только на соображениях подобия, он мог выдать количественный результат, достаточно точно отражающий фактическую сторону дела. Рассказывал он очень лаконично, и мне, привыкшему к его стилю рассказа, часто приходилось пояснять присутствующим его идеи. Самые сложные вопросы от мог излагать на листочке бумаги. Где и когда он все это мог придумать, приходилось лишь догадываться. Плюс ко всему он стремился воплощать свои мысли в конкретную конструкцию, квалифицированно обсуждая технологические вопросы на заводе, постановку измерений у экспериментаторов, схемы расчета у математиков. Широта знаний сочеталась в нем с нестандартностью подхода. Такого универсального ученого я, пожалуй, никогда не встречал.

Подготовка «настоящей» водородной

бомбы к испытанию шла удивительно быстро. Все научные, технические и технологические задачи удалось решить за полтора года после рождения основополагающих идей, высказанных Зельдовичем и Сахаровым. И в этом заслуга не только лидеров исследований, но и сильного, подготовленного опытом предыдущих работ коллектива молодых, очень энергичных ученых и инженеров. Их роль в создании «ядерного щита» — тема подробного историко-научного анализа, необходимость в котором уже назрела. Второстепенных задач в этом деле не было. Помню, жарко обсуждался вопрос, как покрасить самолет, чтобы спускаемая на громадном парашюте бомба его не спалила. Такого типа вопросов было очень много, и решались они быстро и квалифицированно.

22 ноября 1955 г. успешным испытанием водородной бомбы, сброшенной с самолета, был завершен этап разработки основ термоядерного оружия. За выполнение этой работы многие ее участники получили высокие награды. Сахаров был удостоен второй звезды Героя Социалистического Труда и вместе с Курчатовым, Харитоновым и Зельдовичем — только что восстановленной Ленинской премии. На обороте их лауреатских значков — номера от одного до четырех. Третью звезду Героя Андрей Дмитриевич получил за испытание сверхмощной водородной бомбы в 1962 г. на полигоне «Новая Земля».

Таким образом, несколькими разными путями, после неудач и побед, США и СССР примерно одновременно (1954 и 1955 гг.) пришли к современному облику термоядерного оружия. Дальнейшее его развитие шло по пути совершенствования и специализации.

Рассказ об Андрее Дмитриевиче в период создания водородной бомбы будет неполным и неточным, если не упомянуть о двух фундаментальных предложениях, которые он сделал в начале 50-х годов. Первое (1950 г.) касается устройства для промышленного использования термоядерной энергии, которое в те годы именовалось магнитным термоядерным реактором, а сейчас известно под названием «токамак»⁴. Основопологающая роль Сахарова в становлении проблемы мирного термоядерного синтеза безусловна, однако в годы немилости его приоритет в этом вопросе упорно замалчивался.

Другое предложение (1952 г.) роди-

⁴ См. в номере: Головин И. Н., Шафранов В. Д. У истоков термояда. С. 25—33.

лось буквально у меня на глазах. Дело в том, что когда в 1951 г. работы по «слоijke» близились к завершению, я поделился с Андреем Дмитриевичем беспокойством относительно того, чем мне придется потом заниматься. Буквально на следующий день он рассказал мне о только что возникшей у него идее магнитной кумуляции, перспективной, в частности, для получения сверх-

сильных магнитных полей⁵. Опасения по поводу грозящей «безработицы» оказались напрасными. Да и проблема, для решения которой нас направили в институт якобы на 2—3 года, оказалась заметно шире и потребовала десятилетий.

⁵ См. в номере: Павловский А. И. Магнитная кумуляция. С. 39—49.

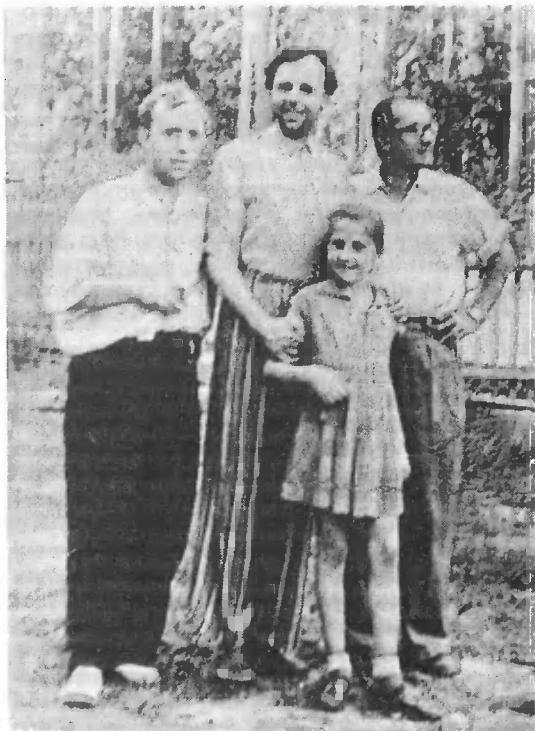
Из воспоминаний Ю. А. Романова

В 1955 г. я был переведен на работу в один вновь созданный институт, где возглавил небольшой коллектив теоретиков. Многие сотни километров, разделявшие нас с Андреем Дмитриевичем, не мешали дружеским отношениям, и мы всегда оставались друг с другом на «ты».

Я всегда любил бывать в его гостеприимной семье. И он сам, и его жена Клава вели очень скромный образ жизни, не считали необходимым красиво и богато одеваться, хотя с 1950 г. их денежные доходы были более чем достаточными. Неистраченные средства, исчисляемые сотнями тысяч рублей, перечислялись Сахаровым на общественные нужды. К любым проявлениям нечестности и непорядочности он был непоколебимо суров, хотя по натуре был человеком деликатным и мягким, не мог, как говорится, обидеть даже муху.

Вспоминаю такой эпизод. Семья Андрея Дмитриевича часто уезжала в Москву, и он оставался один в коттедже. Погруженный в свои научные проблемы, он мало заботился о порядке в доме. На кухне завелись мыши. Соседи предложили пригласить соответствующую службу для уничтожения грызунов. «Ни в коем случае», — ответил Андрей Дмитриевич и стал специально оставлять им кусочки хлеба и сыра.

Еще один комический случай произошел летом 1950 г. Андрей Дмитриевич, Валентин Николаевич Климов и я в воскресенье отправились в лес, который окружал город. Нечаянно мы слишком близко подошли к охраняемому солдатами ограждению. «Стой, стрелять буду!» — услышали голос. Остановились. «Вы кто, заключенные или освобожденные?» Дело в том, что в городе было много «зеков». Подъехала грузовая машина. «Садись!» Залезли в деревянный кузов. «Садись на пол», — услышали голос ефрейтора. Трое в то время достаточно худосочных парней в спортивной одежде не первой свежести тряслись в кузове едущей по кочкам грунтовой дороги машины, упиравшись ладонями о пол, чтобы было не так больно сидеть. Привезли к воинскому барaku. «Выходи и становись к стенке!» — прозвучал приказ. А потом ввели в большую комнату, где уже восседала срочно созданная по случаю чрезвычайного происшествия комиссия из сотрудников госбезопасности. Наверное, они всех нас знали, но, приняв серьезный вид, выяснили у каждого для порядка фамилию, имя, отчество, место рождения



С Ю. А. Романовым (слева), Ю. А. Зысним и дочерью Таней. Горький, середина 50-х годов.

и место работы, сказали, что не надо нарушать правила гуляния и отпустили.

Должен признаться, что в те годы органы госбезопасности очень заботились о научных сотрудниках. Из опасения за их здоровье и жизнь, а также отвечая за «сохранность» секретных мыслей, мало кого отпускали даже в отпуск на «большую землю», а неуехавшим платили компенсацию в размере месячного оклада. В трудные для страны послевоенные годы были созданы все условия для плодотворной работы ученых во имя обеспечения безопасности нашей Родины.

У истоков термояда

И. Н. Головин,

доктор физико-математических наук

В. Д. Шафранов,

член-корреспондент АН СССР

Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова
Москва

В области управляемых термоядерных реакций А. Д. Сахаровым не только была выдвинута основная идея метода, на основе которого можно надеяться осуществить такие реакции, но были проведены обширные теоретические исследования свойств высокотемпературной плазмы, ее устойчивости и т. д. Это обеспечило успех соответствующих экспериментальных и технических исследований, завоевавших всеобщее мировое признание.

И. Е. ТАММ

25 АПРЕЛЯ 1956 г. прибывший в Англию в составе советской правительственной делегации академик И. В. Курчатов выступил в английском атомном центре в Харуэлле с лекцией «О возможности создания термоядерных реакций в газовом разряде».

К этому времени уже были осуществлены термоядерные реакции синтеза в первых водородных бомбах (сначала в громоздком устройстве «Майк» американцами в конце 1952 г., а затем уже в транспортабельных «изделиях» — 12 августа 1953 г. в СССР и в марте 1954 г. в США). Поджиг термоядерного горючего в бомбах, т. е. его нагрев до сотни миллионов градусов, осуществлялся взрывом атомной бомбы. В лекции же Курчатова в Харуэлле речь шла о работах по созданию управляемой, т. е. относительно медленно протекающей, термоядерной реакции в очень небольшом количестве (доли грамма) «тяжелого» водорода — дейтерия.

Чтобы осуществить нагрев и термоядерное «горение» при непрерывной замене выгоревшего горючего свежим, необходимо удерживать от соударений со стенками ядра атомов водорода, движущиеся со скоростями тысячи километров в секунду. «Одна из идей, возникающая в связи с этим вопросом», — говорил Курчатов в своей лекции, — заключается в том, чтобы использовать для термоизоляции плазмы магнитное поле. Впервые на это в 1950 г. указали ака-

демик Сахаров и академик Тамм». Так широкая мировая общественность впервые услышала имя Андрея Дмитриевича Сахарова. Игорь Евгеньевич Тамм (в 1950 г. член-корреспондент АН СССР) уже был хорошо известен физикам по его трудам в области физики твердого тела, ядерных сил, элементарных частиц, по теории черенковского излучения и ставшему сейчас классическим вузовскому курсу «Теория электричества». Что же касается Сахарова, то его знали лишь в узком кругу физиков. Однако «наблюдательные читатели», обратившие внимание на то, что Сахаров был избран академиком, в конце октября 1953 г. в возрасте 32 лет, минуя звание члена-корреспондента, одновременно с Таммом, и сопоставившие это избрание с сообщением об испытании термоядерного оружия в СССР, могли догадаться, что речь идет о новом ярком таланте, одном из главных создателей термоядерного оружия, а теперь вот об авторе идеи магнитной термоизоляции плазмы.

После выступления Курчатова в Харуэлле прошло 34 года. Решение задачи управляемого термоядерного синтеза (УТС) оказалось не простым. За это время в области, которую относили к числу самых секретных, установилось широкое международное сотрудничество; развилось крупное направление в науке — физика плазмы и проблема управляемого термоядерного синтеза; испытаны многие варианты магнитной термоизоляции плазмы — пинчевые системы самосжатые разряды), о которых говорил Курчатов в Харуэлле, открытые магнитные ловушки с

магнитными пробками, стеллараторные системы американского происхождения и другие системы. И что же в итоге? Основным направлением исследований по проблеме УТС во всем мире стала система токамак, ключевые элементы которой — тороидальное магнитное поле и возбуждаемый в плазме тороидальный электрический ток — были предложены Сахаровым в 1950 г. Прорыв советских физиков на этом направлении (нагрев плазмы до температуры 1 кэВ, т. е. 10 млн град., и наблюдение нейтронов явно термоядерного происхождения) произошел на рубеже 60-х и 70-х годов, т. е. через 20 лет после рождения идеи. Проходит еще два десятилетия, и вот на крупнейшем токамаке JET (Joint European Torus) получена дейтериевая плазма с температурой 300 млн град. и качеством удержания таким, что если вместо дейтерия взять смесь его с тритием (пока опыты с тритием не ведутся из-за его радиоактивности), то мощность, выделяемая в реакциях синтеза, окажется больше той, что идет на нагрев плазмы. Близкие результаты получены и на американском токамаке TFTR. Таким образом, пройдена крупная веха на пути к реализации идеи Сахарова о магнитном термоядерном реакторе. Теперь объединенными силами ученых Западной Европы, СССР, США и Японии в Гархинге (ФРГ) на основе токамака идет разработка международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР (ITER). Такими в настоящее время масштабы и результаты той деятельности, которая была инициирована 40 лет назад 30-летним Андреем Дмитриевичем Сахаровым.

РОЖДЕНИЕ ПРОГРАММЫ УТС

С 1948 г. Сахаров — молодой сотрудник теоретического отдела Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, недавно защитивший кандидатскую диссертацию, вместе со своим руководителем Таммом участвует в работе по созданию термоядерного оружия. В глазах окружающих он уже зрелый ученый, отличающийся ясным умом, глубоким пониманием законов физики, незаурядной творческой активностью. Было известно, что, еще работая на военном заводе во время войны, он выполнил две небольшие теоретические работы (которые позже привели Тамма в восторг оригинальностью решения физических задач) и одновременно показал тогда же редкое сочетание теоретического и конкретного инженерного мышления, сделав ряд изобретений в области контроля продукции.

Еще нет никаких сведений, что термо-

ядерное оружие где-либо разрабатывается. Но в популярных американских журналах пугают возможностью создания «сверхбомбы», а Игорь Евгеньевич, много лет назад со своими учениками развивавший теорию внутриядерных сил, хорошо знает, что синтез ядер гелия из ядер изотопов водорода — дейтронов (d) и тритонов (t) — приводит к энергояделению, на единицу массы почти в 5 раз большему, чем при делении урана. Во много раз увеличить силу взрыва урановой бомбы, по-видимому, невозможно, но нельзя ли ее взрывом вызвать детонацию в смеси дейтерия с тритием? Для ответа на этот вопрос теоретику приходится вновь стать изобретателем. Молодой Сахаров отличается особым складом ума. С легкостью овладевая самыми сложными проблемами теоретической физики, он мыслит очень конкретно и вскоре на основе общих идей, высказанных в коллективе теоретиков, возглавляемом Таммом, дает настолько четкую модель водородной бомбы, что после всесторонних расчетов скорости реакции, интенсивности излучения и разлета ее частей можно будет предложить разрабатывать ее конструкторам. Модель Сахарова получает одобрение, и в 1949 г. его вместе с Таммом командируют в секретное конструкторское бюро, возглавляемое Ю. Б. Харитоновым. Находясь там, он с энтузиазмом молодости отдает все свои силы разработке оружия, убежденный в том, что военное превосходство США над Советским Союзом представляет угрозу миру на Земле.

В научные центры время от времени направляли на отзыв поступающие со всех концов страны изобретения, чаще всего чем более значительные по цели, тем более наивные. После появившихся в США публикаций о возможности создания водородной бомбы есть предложения и на эту тему. Одно из предложений, присланное летом 1950 г. в ЦК партии от проходившего на Сахалине военную службу 24-летнего О. А. Лаврентьева¹, естественно, попадает в отдел Тамма к Сахарову. Младший сержант с десятиклассным образованием предлагал создать условия для термоядерных реакций по аналогии с идущими на Солнце, заменив гравитационные силы, удерживающие от разлета солнечное вещество, электрическими. Положительный и отрицательный потенциалы, поданные на систему сеток, должны были за-

¹ Лаврентьев вскоре поступил в МГУ, а по его окончании работает в Физико-техническом институте АН УССР в области УТС.

держивать от разлета электроны и положительно заряженные ядра водорода.

Предложение отнюдь не наивное! Сахаров восхищает постановка вопроса не имеющим специального образования молодым человеком, но он видит, что его идея нереализуема — напряженность поля между сетками должна быть невероятно высокой (более 10^6 В/см), сетки неизбежно будут бомбардироваться частицами высокой энергии и разрушаться. Сахаров обдумывает вопрос, нельзя ли защитить проволоки, пропуская по ним электрический ток. Действительно, магнитное поле тока может защитить проволоки от «бомбежки» частицами плазмы, но оно неоднородно (нарастает по мере приближения к проводнику). Из-за этого заряженные частицы будут дрейфовать вдоль направления тока, высаживаясь на стенках вакуумной камеры в местах, где проволоки проходят сквозь них, и в результате отдавать стенкам свою энергию. Желанная термоизоляция не получается...

Но письмо Лаврентьева заставляет все больше и больше размышлять о других возможностях осуществления непрерывной термоядерной реакции. Ведь ее можно использовать не только для производства энергии — термоядерный реактор может быть полезен и для создания оружия. Действительно, при слиянии ядер дейтерия в реакторе будет образовываться тритий, а он необходим для термоядерной бомбы. Кроме того, облучая торий нейтронами от dd-реакции, можно будет получать ^{233}U , который, подобно ^{235}U , годится для атомной бомбы. Ядерных реакторов, где получают сейчас тритий и делящиеся материалы, было еще немного. А термоядерный реактор, в случае его успешной реализации, быстро бы решил проблему с зарядами как для атомных, так и термоядерных бомб. Неудивительно поэтому, что эти вопросы с волнением обсуждаются в коллективе И. Е. Тамма и выносятся на суд Я. Б. Зельдовича и Ю. Б. Харитона.

Сахаров понимает, что затея будет иметь практический смысл, только если термоядерную реакцию можно будет сделать самоподдерживающейся. Для этого необходима, прежде всего, хорошая термоизоляция плазмы (которая должна иметь чудовищно высокую температуру) от стенок. Нельзя ли использовать для изоляции магнитное поле? Действительно, в однородном магнитном поле заряженная частица будет двигаться по спирали, «навиваясь» на одну и ту же трубку магнитных силовых линий. Переход с одной трубки на другую может происходить лишь в результате столкновений

частиц и их рассеяния друг на друге. Создать необходимую высокотемпературную плазму можно было бы путем ионизации дейтериевого газа и последующего его нагрева высокочастотным излучением — непосредственно в этом магнитном поле — внутри камеры, которую окружают витки с током.

Андрей Дмитриевич обсуждает свои соображения с Таммом. Идея поражает простотой принципа ограничения движения зарядов в поперечном к магнитным силовым линиям направлении. В самом деле, кому из физиков не было известно о круговой орбите ускоряемого пучка частиц в циклотроне и других циклических ускорителях. Только теперь магнитное поле следует создать не вдоль единственной орбиты, а во всем объеме плазмы. Радиусы кривизны траекторий частиц должны быть минимальными (для ядер — доли сантиметра, а для электронов — десятые и сотые доли миллиметра), а значит, магнитное поле — максимально возможным. Для исключения потерь плазмы в продольном направлении естественным представляется сделать камеру (вместе с находящимся внутри магнитным полем) тороидальной.

Началась интенсивная теоретическая работа. Тамм решает кинетические уравнения для плазмы в магнитном поле, выводит необходимые для расчета магнитного термоядерного реактора выражения потоков тепла и частиц из высокотемпературной плазмы. Исследуется роль пограничной плазмы, в которой из-за рекомбинации заряженных частиц на стенке камеры появляются «холодные» нейтральные атомы. Осознана грозная опасность «тороидального дрейфа» заряженных частиц — их непрерывного смещения в направлении, перпендикулярном плоскости тора вследствие принципиальной неоднородности тороидального магнитного поля. Сахаров находит возможные способы компенсации этого дрейфа (в то время использовался термин «стабилизация дрейфа») — придание магнитным силовым линиям винтообразной формы с помощью подвешенного в торе кольца с током или индуцированием осевого (тороидального) тока в самой плазме. Именно этот второй способ лег в основу токамака. Через несколько лет Г. И. Будкер предложит иной способ исключения продольных потерь: не сворачивая камеру в тор, создать на ее концах усиленное магнитное поле (открытая ловушка с магнитными пробками — «пробкотрон»). Обе эти системы получат развитие. Но пока еще требуются оценки принципиальной осуществимости управ-

ляемого термоядерного реактора с магнитным удержанием плазмы.

Андрей Дмитриевич вместе с Таммом делает первые расчеты параметров «малой» и «большой» модели термоядерного реактора в пренебрежении эффектами кривизны тора и без осевого тока. В малой модели реакции могли идти только при непрерывной затрате энергии. «Большая» модель рассчитывалась уже на самоподдержание термоядерной реакции. Расчеты показали, что для термоядерной реакции с интенсивностью, представляющей практический интерес, температура плазмы должна быть выше 32 кэВ (350 млн град.), а ее плотность — 10^{14} см⁻³. Ниже 32 кэВ никакая термоизоляция не поможет, так как тормозное излучение электронов будет интенсивнее, чем энерговыделение за счет синтеза ядер. Если задать величину магнитного поля в 50 кГс (Сахаров оценил, что медные обмотки и их охлаждение технически осуществимы для получения такого поля), то самоподдержание, т. е. горение, наступит при достаточно большом радиусе камеры — не менее 2 м. Поток тепла на стенки камеры в этих условиях в 10^{14} (I) раз меньше, чем был бы в отсутствие магнитного поля. Возможно, что людей, занятых другим делом, эта цифра привела бы в смущение и парализовала бы дальнейший анализ. Но задача коллектива КБ, в котором работает Сахаров, — создание термоядерного оружия, в тысячи раз более мощного, чем атомная бомба, — тоже потрясает воображение. Поэтому Сахаров спокойно, как об обычной величине, говорит об этих 10^{14} раз и продолжает анализ.

Возвращаясь в Москву домой на короткие передышки, Тамм и Сахаров обсуждают вместе со своими товарищами по ФИАНу В. Л. Гинзбургом, С. З. Беленьким, Е. С. Фрадкиным возникающие вопросы.

Тамм делает оценки ухудшения теплоизоляции в тороидальном магнитном поле с протекающим по плазме током по сравнению со случаем цилиндрической модели реактора, для которой делался расчет. Возможное ухудшение не представляется катастрофичным. Через 17 лет соответствующие детальные расчеты А. А. Галеева и Р. З. Сагдеева приводят к новым представлениям в физической кинетике — «неоклассической» теории переносов в высокотемпературной плазме тороидальной формы.

Рассматриваются также проблемы потерь энергии из плазмы вначале «холодными» атомами, попадающими в нее со стенок, но превращающимися в результате перезарядки в атомы высокой энергии, беспрепят-

ственно покидающие плазму. Эти процессы в пристеночной плазме станут одной из основных проблем через десятки лет при проработке проекта реактора.

Все более и более беспокоит вопрос об устойчивости плазмы. Не будет ли горячая плазма выноситься конвективными потоками наружу, подобно подъему теплого воздуха в атмосфере Земли? Не возникнут ли в плазме волновые процессы, усиливающие теплоперенос?

Объем работ нарастает, как снежный ком, а решение основной задачи — скорейшего создания термоядерного оружия — с Сахарова и Тамма никто не снимает. Сталин торопит. Тогда начальник Первого Главного управления (ПГУ) при Совете Министров СССР Б. Л. Ванников предлагает вовлечь в решение проблемы управляемого синтеза сотрудников Курчатова в его институте (в то время называвшемся ЛИПАНом — Лабораторией измерительных приборов АН СССР), кончавших решение физических задач по электромагнитному разделению изотопов урана и лития.

Прежде чем обратиться в правительство с предложением о развитии новой проблемы, Курчатова решает провести ее апробацию среди авторитетных физиков, в связи с чем и проводит в конце января 1951 г. совещание с участием И. Е. Тамма, А. Д. Сахарова, Ю. Б. Харитона, Я. Б. Зельдовича, И. Н. Головина, Л. А. Арцимовича, Н. Н. Боголюбова, М. Г. Мещерякова. На нем идея магнитной термоизоляции получает всеобщее одобрение. В феврале Курчатова готовит проект постановления правительства и посылает его вместе с письмом Берии для подписания у Сталина. Проходит март, и неизвестно, сколько пришлось бы еще ждать его подписания, если бы не заявление президента Аргентины Х. Перона о том, что немецкий физик Р. Рихтер в лаборатории на о. Хьюзмель 16 февраля 1951 г. осуществил управляемую термоядерную реакцию. Впоследствии выяснилась ошибочность этого утверждения. Но в то время заявление Перона подстегнуло наше руководство к принятию решения (воистину «нет пророка в своем отечестве»). В середине апреля проект постановления обсуждается у Берии. Было решено назначить Л. А. Арцимовича руководителем экспериментальной программы МТР, а М. А. Леонтовича — руководителем теоретических исследований. 5 мая 1951 г. за подписью Сталина выходит постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР об организации работ по управляемому термоядерному синтезу. Так начались исследования по УТС в нашей стране.

Из записок И. Н. Головина

Организовать вовлечение ЛИПАНа в решение проблемы управляемых термоядерных реакций Б. Л. Ванников поручил начальнику главка ПГУ Н. И. Павлову, ведавшему работой того КБ, в котором работали Тамм и Сахаров. Сам Курчатов, занятый работой над водородной бомбой, проводил много времени в командировках, покидая Москву на недели, а порой и месяцы. Поэтому Павлов вызвал к себе меня, как первого в ту пору заместителя Курчатова.

— Игорь Николаевич! Приезжай ко мне, встретишься со своим дорогим учителем Игорем Евгеньевичем и с Андреем. Они тебе расскажут нечто замечательное.

— С Игорем Евгеньевичем я всегда встретиться рад. А кто такой Андрей?

— Андрея не знаешь? Это Сахаров. Тоже, как и ты, ученик Тамма. Замечательный молодой человек. Это свой парень. Светлая голова! — так охарактеризовал молодого Сахарова генерал КГБ.

Встреча состоялась 22 октября 1950 г. в кабинете Павлова на Ново-Рязанской улице в здании ПГУ.

Сахаров неторопливо рассказал о результатах своих с Таммом расчетов. Павлов отметил, что Тамм и Сахаров должны прежде всего решать свою основную задачу, а на эту тратить не более трети своего времени, и рекомендовал мне обсудить с «электромагнитчиками», т. е. создателями электромагнитных установок по разделению изотопов, постановку экспериментов в развитие изложенных идей. Я уехал, потрясенный смелостью предложения, в котором плазма была так непохожа на привычную диффузную плазму газовых разрядов.

Дней через десять вернулся Курчатов, и я рассказал ему эту волнующую новость. Игорь Евгеньевич немедленно пригласил Тамма и Сахарова к себе, подробно обсудил их предложение и, загоревшись, обещал всестороннюю поддержку. Тут же по предложению Тамма присвоили работе название «проблема МТР», т. е. магнитного термоядерного реактора. Считая ее тесно связанной с водородной бомбой, присвоили всем бумагам по МТР высший гриф секретности: «совершенно секретно», «особая папка».

Тут же Курчатов затребовал себе все, что было к тому времени написано по проблеме МТР. У Тамма уже был готов отчет, составивший в 1950 г. содержание первой статьи в четырехтомнике «Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций». Кроме этого были еще только два отчета В. Л. Гинзбурга, посвященные анализу закономерностей в плазме газового разряда в магнитном поле (открытая публикация в «Трудах ФИАН», 1962, т. 18).

В середине апреля 1951 г. в кабинет Курчатова ворвался возбужденный Д. В. Ефремов, в то время министр электротехнической промышленности, с журналом в руках, в котором сообщалась сенсационная новость: немецкий ученый Рихтер, эмигрировавший в Аргентину, получил в газовом разряде в дейтерии термоядерную реакцию с испусканием нейтронов!

Об этом Курчатов немедленно послал письмо Берии, указывая на задержку постановления. Тот откликнулся немедленно, и через несколько дней к Берии в кремлевский кабинет были вызваны на заседание Спецкомитета — верховного органа под председательством Берии, ведавшего проблемой ядерного и термоядерного оружия, — Сахаров, Тамм, я и Павлов. В кабинете уже находились члены Спецкомитета: Курчатов, Ванников, Завенягин, Первухин и другие. Сахаров коротко изложил суть своего предложения и отметил, что Тамм сделал основные расчеты по МТР. Тамм завоуловался и, попросив слово сразу после Сахарова, начал возбужденно объяснять, что основные идеи принадлежат Сахарову и основная заслуга Сахарова. Берия, нетерпеливо замахав рукой, перебил Тамма словами: «Сахарова никто не забудет» — и велел ему сесть. Когда выступивший Курчатов доложил, что он просит утвердить руководителями теоретических и экспериментальных работ соответственно Леонтовича и Арцимовича, сидевший по правую руку от Берии за его столом генерал Мешик, нагнувшись к Берии, сказал ему театральным шепотом, что Леонтович известен вольномыслием. Берия громко ответил: «Будет слезить, из смежат враздуть». Курчатов просил также утвердить создание Совета по МТР под его руководством и с Сахаровым в качестве заместителя.

5 мая 1951 г. постановление подписал Сталин. Проблема управляемого термоядерного синтеза получила статус одной из важнейших государственных программ.

В первое время Сахаров периодически приезжал в ЛИПАН, всякий раз с новой идеей в постановке опытов. Один раз это была идея использования медного кожуха для удержания тока в равновесии, другой — предложение ориентироваться в реакторе на смесь дейтерия с тритием, где реакцию возбудить гораздо легче, чем в дейтерии. Однажды он приехал с подробным докладом о работе, выполненной под его руководством Д. Н. Зубаревым и В. Н. Климовым, по взаимодействию термоядерной плазмы со стенками вакуумной камеры. С приближением сроков испытания водородной бомбы он стал появляться в ЛИПАНе все реже и реже.

Следует добавить, что в Англии и США в это же время в условиях полной секретности начались исследования пинчевых разрядов. Сообщение о мнимом успехе Рихтера стимулировало профессора астрофизики Принстонского университета Л. Спитцера к изобретению стелларатора — тороидальной магнитной системы с компенсацией тороидального дрейфа зарядов без возбуждения тока в плазме. Несколько позже в Ливерморской лаборатории Г. Йорк и Р. Пост предложили использовать для удержания плазмы открытые магнитные системы с «магнитными зеркалами» (аналог «пробкотрона» Будкера).

В результате многолетнего соревнования разных систем с магнитным удержанием (открытых для обсуждения с 1958 г.) на первое место вышел токамак — тороидальная система, основанная на идеях Сахарова. В первые годы его разработкой в ИАЭ им. И. В. Курчатова занималась группа И. Н. Головина и Н. А. Явлинского. Позднее исследованиями в этой области руководил Л. А. Арцимович.

ОТ МТР ДО ИТЭР

Основополагающие исследования Тамма и Сахарова по управляемому термоядерному синтезу под общим названием «Теория магнитного термоядерного реактора» были оформлены в 1951 г. в виде отчетов и опубликованы в 1958 г. Ими открывается четырехтомник «Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций» под редакцией академика М. А. Леонтовича, подготовленный ко II Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии, где впервые произошел широкий обмен информацией по программам управляемого синтеза СССР, США, Англии. Даже сейчас, по прошествии четырех десятилетий широчайших исследований в этой области,

которые проводит огромная армия физиков, вызывает восхищение высокий научный уровень первых теоретических работ. В них не только сформулированы основополагающие идеи, сделаны первые расчеты, но и обозначены те основные проблемы, над которыми предстояло работать многим и многие годы физикам-«термоядерщикам».

Тамму принадлежат I и III части «Теории МТР». Игорь Евгеньевич рассматривает в них, главным образом, принципиальные проблемы теории плазмы, удерживаемой магнитным полем, и оценивает (в I части) параметры малой модели МТР (с низкой плотностью плазмы).

О содержании II части «Теории МТР», написанной Сахаровым, можно получить представление из следующего краткого введения к ней:

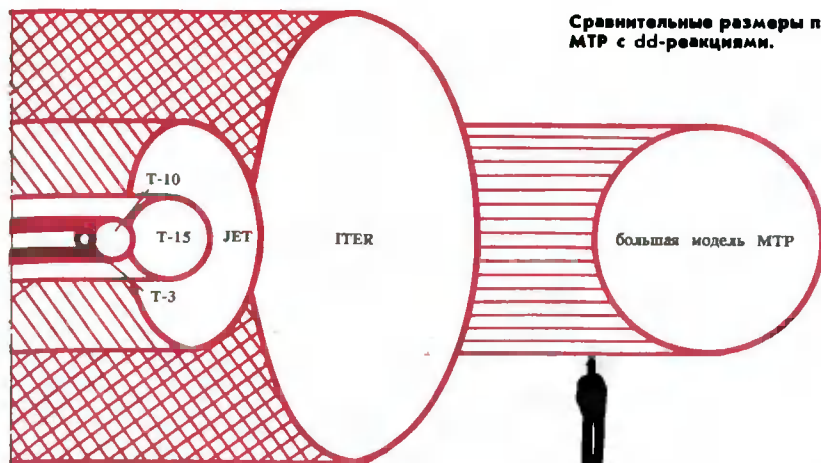
«В работе И. Е. Тамма [1] изложены свойства высокотемпературной плазмы в магнитном поле, дающие надежду на осуществимость МТР. Ниже излагаются другие вопросы теории МТР, а именно:

§ 1. Термоядерные реакции. Тормозное излучение. § 2. Расчет большой модели. Критический радиус. Краевые явления. § 3. Мощность подмагничивания. Оптимальная конструкция. Производительность по активным веществам. § 4. Дрейф в неоднородном магнитном поле. Подвешенный ток. Индукционная стабилизация. § 5. Проблема плазменной неустойчивости».

Отметим наиболее интересные с позиций нынешнего дня результаты этой работы. Производит впечатление параметры «большой модели» реактора. Большой радиус тора 12 м, радиус плазмы 2 м, напряженность магнитного поля 50 000 Гс. В дейтериевой плазме с температурой 100 кэВ (1,1 млрд град.) в сутки должно «выгорать» 150 г дейтерия, при этом, как пишет автор, «можно рассчитывать получить около 100 г трития в сутки или в 80 раз больше ^{233}U ». Последняя часть фразы относится к идее Сахарова о наработке ядерного горючего (в том числе для атомных станций) как первом этапе использования МТР. Впоследствии она будет прорабатываться в программах «гибридного реактора», которым, в частности, большое внимание уделяется сейчас в Китае и ряде других стран.

Серьезное внимание уделено явлениям вблизи стенки. Сахаров показывает, что поток тепла, выносимый из плазмы на стенку, допускает открытый Таммом «температурный скачок» у стенки (холодная стенка при горячей пристеночной плазме) в 100 тыс. град., не опасный для стенки.

В § 4 наряду с обсуждением метода



Сравнительные размеры плазмы в токамаках и модели МТР с dd-реакциями.

компенсации («стабилизации») дрейфов, возникающих из-за неоднородности тороидального магнитного поля, с помощью подвешенного кольца с током, Сахаров так формулирует идею, легшую в основу токамака:

«Другой способ антидрейфовой стабилизации, который технически несравненно более приемлем и который поэтому необходимо тщательно изучить,— это создание осевого тока непосредственно в плазме индукционным методом. В этом способе не ясно, разрушается ли высокотемпературная плазма в момент обращения индукционного тока в нуль».

Сахарову самому не пришлось заниматься разработкой своих идей в области управляемого термоядерного синтеза. Развитие исследований в СССР сначала пошло, в основном, по линии пинчей (поскольку в торе необходим осевой электрический ток, решили вообще отказаться от внешнего продольного магнитного поля, возложив всю роль удержания плазмы на магнитное поле этого тока). Возникали и подвергались экспериментальной проверке различные модификации магнитного удержания плазмы, включая открытые ловушки с пробками, ВЧ-удержание и др. Бичом всех исследований были неустойчивости плазмы, anomalно большие по сравнению с расчетными потери тепла и частиц. Такие же трудности сопровождали и опыты с возбуждением тока в плазме, находящейся в тороидальном магнитном поле. Постепенно, однако, после осознания важности специальной подготовки разрядной камеры и корректировки поперечного (к плоскости тора) магнитного поля, удерживающего плазменный тор с током от растягивания и касания стенок, была разработана оптимальная технология получения макроскопи-

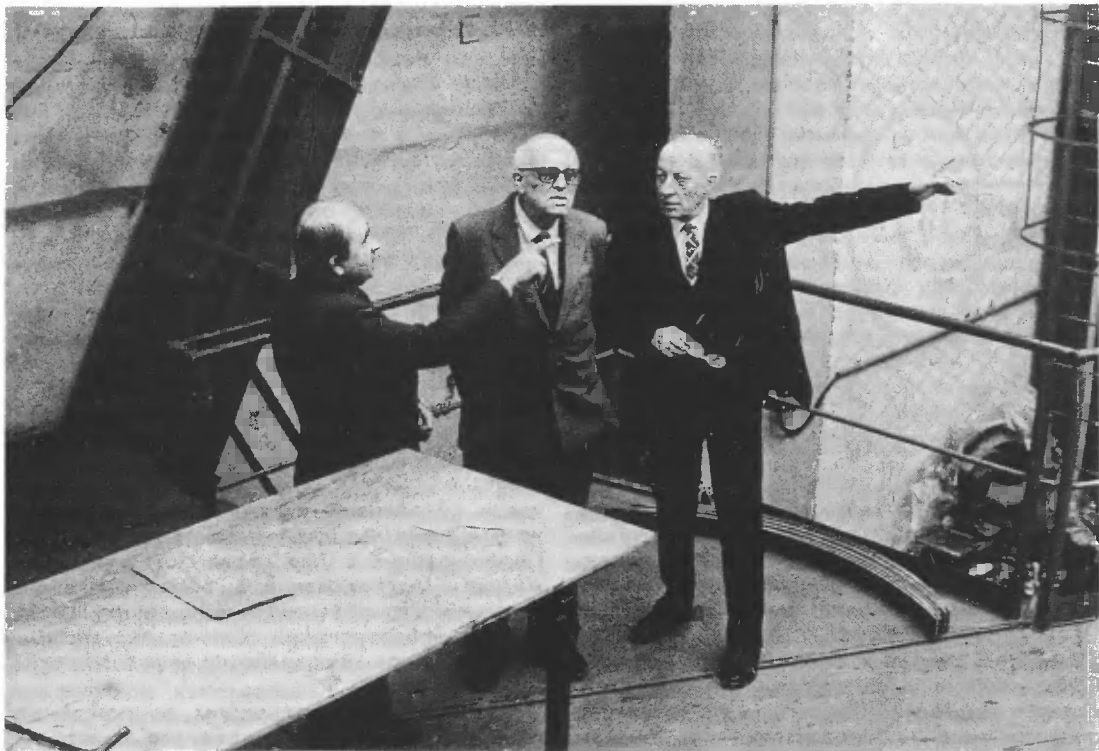
чески устойчивой плазмы с приемлемым уровнем аномальных потерь тепла и частиц. Переключение в 70-х годах большей части мировых исследований в области УТС на токамаки способствовало выведению их на уровень, позволяющий обоснованно вести в настоящее время разработку опытного реактора-токамака.

За 40 лет, прошедших от рождения идеи магнитного термоядерного реактора, представления об удержании плазмы магнитным полем и концепция термоядерного реактора претерпели ряд изменений.

Замыкание системы в тор с учетом ограничений, налагаемых критериями устойчивости плазмы, привело к уменьшению допустимого отношения давления плазмы к давлению внешнего магнитного поля. Если в модели Сахарова оно близко к единице, то в существующих токамаках — на порядок ниже.

В тороидальной плазме теоретические, а тем более реальные коэффициенты теплопроводности и диффузии плазмы оказались значительно выше, чем в модели Сахарова.

Изменились представления и о выводе потока тепла на стенки камеры. Утвердилась концепция выноса энергии на элементы камеры — не поперек, а вдоль магнитных силовых линий. С этой целью между основной плазмой и стенкой камеры создается область, из которой магнитные силовые линии (а вместе с ними и вышедший из центральной плазмы тепловой поток) попадают на специальные приемные пластины. Температура в этой области оказывается значительно выше, чем в пристеночной плазме модели Сахарова (из-за существенно более низкой, чем в классической модели Сахарова, плотности пристеночной плазмы, которая при



В Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Слева — Б. Б. Кадомцев, справа — С. Ю. Лукьянов. 1988 г.

заданном тепловом потоке однозначно определяет температуру пристеночной плазмы). Для снижения энергии частиц, бомбардирующих пластины, до безопасного значения создаются условия (с помощью «подушки» нейтрального газа) для сильного «рециклинга» частиц (заряженная частица, попадая на стенку, возвращается после рекомбинации в плазму в виде нейтральной частицы, там ионизируется; этот процесс повторяется многократно, в результате энергия «горячих» частиц передается на пластины малыми порциями).

Произошла полная переориентация с дейтерия как горючего для реактора на смесь его с равным количеством трития. Предполагается, что для запуска реактора будет использоваться тритий, нарабатываемый в реакторах деления, затем он будет нарабатываться в окружающем термоядерный реактор «бланкете», содержащем литий. Использование дейтерий-тритиевой (DT) смеси, имеющей на порядок более низкую температуру (зажигания) термоядерной реакции, снимает заодно проблему дополнитель-

ных потерь энергии на магнитотормозное излучение. Из-за более низкой температуры плазмы, несмотря на увеличение реального теплопереноса по сравнению с принятым в «большой модели», DT-реактор получается по габаритам близким к идеализированному DD-реактору (например, в проекте ИТЭР объем плазмы примерно такой же, как в большой модели Сахарова).

Нашла принципиальное решение беспокоившая Андрея Дмитриевича проблема неизбежного перехода индукционного тока через нуль, имеющего следствием потерю термоизоляции плазмы. В настоящее время уже есть опыт длительного поддержания тока в токамаке потоком ВЧ-излучения. Когда в 1988 г. Андрей Дмитриевич, приглашенный на семинар в ИАЭ, ознакомился с состоянием работ по УТС, он в характерной для него неторопливой манере сказал удовлетворенно: «А я и не знал об этом успехе в создании тока механическим воздействием ВЧ-волн на электроны».

Новое понимание обрела проблема радиационной безопасности термоядерного реактора. В 1950—1951 гг. выяснилось, что сами по себе термоядерные реакции дают ничтожную радиоактивность. Однако в 70-х годах было обращено внимание на неизбеж-

ность наведенной нейтронами радиоактивности в конструкционных материалах. Хотя биологическая опасность термоядерного реактора, по расчетам, на два порядка ниже, чем реактора деления, сейчас наряду с проработкой «богатого» нейтронами DT-реактора исследуется возможность «малорадиоактивного», практически полностью безопасного реактора, использующего в качестве топлива смесь дейтерия с ^3He . Тамм и Сахаров не рассматривали этой возможности из-за отсутствия запасов ^3He на Земле. Но благодаря развитию космических исследований уже не столь фантастичной кажется его добыча на Луне, где обнаружены большие запасы этого изотопа². Таким образом, в перспективе термоядерная энергетика имеет возможность стать энергетикой экологически чистой и практически полностью безопасной.

Принципиальное значение для решения проблемы УТС имели достижения науки и техники в области сверхпроводимости и вычислительной техники. Прогресс в области технической сверхпроводимости снял проблему затрат большой мощности на поддержание магнитного поля («мощность подмагничивания», по терминологии Сахарова, составлявшая для большой модели половину мощности, выделяемой в термоядерных реакциях). Уже апробированы четыре токамака со сверхпроводящими магнитами (в СССР, Франции, Японии). Проект ИТЭР ориентирован также на применение сверхпроводящих катушек для создания магнитного поля.

Развитие физики высокотемпературной плазмы — объекта многопараметрического, со многими степенями свободы — было бы невозможно без применения методов численного моделирования. Уже в первых работах Тамма и Сахарова решение дифференциальных уравнений, описывающих теплоперенос, в которых коэффициенты сами зависят от искомых распределений температуры, плотности плазмы и напряженности магнитного поля, требовало численных расчетов. В то время они производились лаборантами на арифмометрах. Современные компьютеры позволяют не только делать расчеты глобальных параметров системы, обслуживать эксперимент, но и моделировать чрезвычайно сложную внутреннюю динамику плазмы.

Так общая тенденция развития науки как бы специально согласовывается с потреб-

ностями проблемы УТС, помогает решению сложной и очень важной научно-технической задачи, инициированной идеями Сахарова. В этой согласованности можно видеть подтверждение и своевременности намеченного 40 лет назад пути, и осуществимости его конечной цели.

Исследования по УТС, даже когда они велись в обстановке строжайшей секретности, развивались параллельно и практически одновременно в ряде стран. Тем не менее пионерские работы Сахарова и Тамма сыграли большую роль для развития этой проблемы не только в СССР, но и во всем мире.

Высокий уровень этих работ во многом определил тот размах, который придали исследованиям по УТС Курчатов, поверивший в гений Сахарова. Что касается сегодняшних обещимировых достижений в области УТС, то и в них тоже можно увидеть заслугу Андрея Дмитриевича. Именно систематическая разработка в 50-е и 60-е годы в ИАЭ сахаровской системы, окрещенной в 1957 г. Головинным и Явлинским «токамаком», привела на рубеже 60—70-х годов к тому перелому в мировых исследованиях по УТС, итогом которого стало достижение параметров плазмы, делающих возможным разработку опытного термоядерного реактора на основе токамака. Независимо от того, какими путями пойдет дальнейшее развитие УТС, токамаки, несомненно, уже сыграли большую роль. Они продемонстрировали, что на Земле можно создать звездное вещество для осуществления управляемых термоядерных реакций, и вслили уверенность в том, что человечеству под силу термоядерная энергетика.

Андрей Дмитриевич снискал славу выдающегося ученого прежде всего работами по созданию термоядерного оружия. При мирном развитии человечества эта сторона его деятельности может в будущем оказаться всего лишь эпизодом, и тогда он останется в памяти благодарных потомков не как создатель оружия ужасающей силы, а как основоположник энергетики будущего, энергетике экологически чистой, адекватной тому новому, основанному на Разуме и Гуманизме человеческому обществу, за идеалы которого он самоотверженно боролся и отдал без остатка все свои силы.

² Подробнее см.: Кульчинский Дж., Шмитт Х. Термоядерное топливо... с Луны // Природа. 1990. № 1. С. 62—68.

Принципы оценки радиационной опасности

В. И. Корогодин,
доктор биологических наук
Объединенный институт ядерных исследований
Дубна

В ПОСЛЕДНИЕ годы своей жизни А. Д. Сахаров большое внимание уделял вопросам радиационной безопасности. Хорошо известны его яркие убедительные выступления против испытаний ядерного оружия, его отношение к Чернобыльской аварии. Но менее известно, что такую же гражданскую позицию он занимал еще 30 лет назад, когда не было в стране ядерной энергетики, не было и радиофобии. Уже тогда Сахаров ощущал свою ответственность перед человечеством, уже тогда он начал борьбу за прекращение испытаний ядерного оружия, обратившись к вопросам количественной оценки возможных жертв после испытательных взрывов.

Вопросы радиационной опасности стали предметом пристального изучения с конца 40-х — начала 50-х годов в связи с атомной бомбардировкой Хиросимы и Нагасаки, ростом числа и расширением географии испытаний ядерного оружия, а также развитием атомных технологий. Биологов и медиков эта проблема не застала врасплох: исследования по радиационной генетике и радиобиологии животных, проводившиеся уже несколько десятилетий, позволяли четко сформулировать основные аспекты радиационной безопасности и наметить пути ее научной разработки¹.

Еще в 1927 г. Г. Меллер (США) на V Международном генетическом конгрессе сообщил научной общественности, что ионизирующие излучения могут вызвать генетические изменения (мутации) у плодовой мушки — дрозофилы. Позже стало известно, что мутагенное действие ионизирующих излучений универсально — частота мутирования генов и хромосом увеличивается в результате облучения у всех живых существ, от микроорганизмов до человека. В 30-е годы выяснились основные закономерности

радиационного мутагенеза: было установлено, что частота новых мутаций возрастает прямо пропорционально дозе облучения. Это означает, что генетическое действие излучений не имеет порога: сколь угодно малые дозы, хотя и с очень низкой частотой, обязательно вызывают те или иные мутации, увеличивая «мутационный груз» популяции облученных организмов. В результате таких мутаций, как правило, повышается смертность потомков (вплоть до очень отдаленных) облученных организмов, получающих эти мутации «по наследству». Для дрозофилы и мышей, наиболее изученных в этом отношении, были определены «удваивающие дозы» — повышающие частоту мутирования вдвое по сравнению со «спонтанным фоном».

Согласно первым расчетам удваивающей дозы для человека, выполненным по результатам обследований в 50-е годы, эта величина колебалась в широких пределах (от 3 до 150 рад), но наиболее обоснованной, пожалуй, выглядела доза 15—30 рад². Удваивающая доза для человека означает, что если при спонтанном радиационном фоне ежегодно из 1 млн новорожденных на Земле около 70 тыс. имеют наследственные дефекты, обуславливающие самые разные заболевания, то при дополнительном облучении в дозе 15—30 рад число «наследственно отягощенных» потомков возрастет до 120—140 тыс./млн, т. е. «прирост» на рад составит от 2 до 4 тыс./млн. Итак, для радиационного мутагенеза характерна его «беспороговость», т. е. частота возникновения мутаций на единицу дозы не зависит ни от дозы, ни от распределения облучения во времени. Другая особенность состоит в том, что генетические дефекты, возникающие в половых клетках облученных людей, обязательно проявятся в той или иной форме даже у самых отдаленных потомков, вплоть до нескольких десятков поколений, так что последствия хотя бы однократного облучения будут растянуты на сотни и тысячи лет.

© Корогодин В. И. Принципы оценки радиационной опасности.

¹ Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 8—20 августа 1955 г. // Биологическое действие излучений. Т. 11. М., 1958.

² Опасности ионизирующего излучения для человека. М., 1958.

К середине 50-х годов стало ясно, что некоторые «беспороговые» эффекты облучения отмечают не только у потомков, но и у самих облученных организмов. В экспериментах на лабораторных животных, а также у людей, облучавшихся в силу специфики работы или в лечебных целях, наблюдается возникновение злокачественных опухолей, связанное с мутациями в соматических клетках. Беспороговость канцерогенного действия излучений обусловлена тем, что в его основе лежит мутагенный эффект. Но возникают опухоли часто лишь спустя много лет (до 10 и более) после перенесенного облучения. Это обстоятельство, а также большие индивидуальные различия в чувствительности организмов к такому действию излучений и относительно низкая частота «лучевой индукции» опухолей (примерно несколько случаев на 100 человек при дозе 100—200 рад) не позволяют достаточно надежно определить связь частоты возникновения рака с дозой облучения, и все оценки здесь до сих пор носят приближенный характер.

К «беспороговым» эффектам, точнее, проявляющимся даже при малых дозах (10 рад), можно, пожалуй, отнести и повышение чувствительности к стрессовым воздействиям и различного рода заболеваниям, связанное с нарушениями иммунной системы. Такие эффекты малых доз менее всего изучены, в основном, по двум причинам. Во-первых, опыты на животных трудоемки и их результаты плохо экстраполируются на человека. Во-вторых, наблюдения за людьми, получившими небольшую дозу, требуют больших выборок и хорошо сформированных «контрольных групп». В каждом отдельном случае невозможно решить, обусловлено ли понижение устойчивости к болезням перенесенным ранее облучением или другими причинами, поэтому оценки здесь наименее надежны.

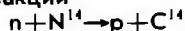
Таков, в общих чертах, был «научный фон», когда А. Д. Сахаров опубликовал свою работу «Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непороговые биологические эффекты»³. И хотя автор был далек от радиобиологии, принципы, сформулированные им в этой работе, были точны и сохраняли актуальность до настоящего времени. Каковы же эти принципы и каково их значение сегодня?

«При взрыве всех видов ядерного оружия, включая и так называемую «чистую» (безосколочную) водородную бомбу, в атмосферу попадает огромное количество



Фотография с документа. Начало 60-х годов.

нейтронов, которые захватываются азотом воздуха по реакции



с образованием долгоживущего радиоактивного изотопа углерода C^{14} . Попадая в водные бассейны и ткани живых организмов, в том числе в организм человека, радиоактивный изотоп углерода при своем распаде «вызывает радиационное поражение, измеряемое дозой $7,5 \cdot 10^{-4}$ р[ад] на мегатонну мощности взрыва». Средняя продолжительность жизни изотопа — 5570 лет, а действие его может растянуться примерно на 8 тыс. лет.

Оценивая возможные последствия такого дополнительного (по сравнению с естественным фоном) облучения человека, Сахаров использует представление о «непороговых биологических эффектах радиации», т. е. частоте мутации, обуславливающих различные аномалии у потомства; различных злокачественных новообразований, включая лейкемию; а также нарушениях иммунологических реакций, в результате чего повышается опасность самых разных заболеваний и ускоряется старение. По расчетам Сахарова, возможная гибель людей за счет этих эффектов составляет 5×10^{-4} на 1 рад, а испытание бомбы мощностью 1 Мт чревато

³ Сахаров А. Д. // Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия. М., 1959. С. 36—45.

дополнительной смертью 6600 человек в течение 8 тыс. лет. Это, как подчеркивает Сахаров, заниженная оценка — в действительности число жертв может быть значительно большим.

Не обсуждая точность таких оценок (для чего мы и сегодня, спустя 30 лет, еще не располагаем надежными данными), остановимся на особенностях подхода Сахарова к проблеме радиационной опасности.

Первая особенность — оценка радиационной опасности по непороговым эффектам. Другими словами, это оценка негативных последствий малых доз, т. е. таких доз облучения, после которых не возникает симптомов собственно лучевой болезни, проявляющейся в различных нарушениях кроветворных органов и функций тонкого кишечника.

К сожалению, биологическое действие малых доз на млекопитающих и человека до сих пор систематически не изучалось. Классическая радиобиология, а вслед за ней и радиационная медицина основное внимание уделяли выяснению механизмов действия на организм излучений при относительно высоких дозах (сотни и тысячи рад). При таких дозах облученные клетки или животные погибают в течение нескольких часов, недель или месяцев. Здесь успехи очень велики: мы сегодня многое знаем о закономерностях проявления «острых последствий» облучения и о лежащих в их основе молекулярных и клеточных механизмах. Еще одна особенность классического подхода — требование высокой однородности используемых в экспериментах объектов и выборки. В ходе таких исследований и сложилась концепция «пороговости» действия излучений, согласно которой для проявления «острых эффектов» необходимо, чтобы доза облучения превысила некоторый «порог» (например, несколько десятков рад). С прагматической точки зрения, «пороговая концепция» сыграла свою положительную роль, особенно на ранних этапах развития ядерных технологий, когда персонал соответствующих предприятий неизбежно облучался. Пороговая концепция позволяла установить ту предельно допустимую дозу облучения для лиц «категории А» (5 бэр в год)⁴, которая не угрожает непосредственно их здоровью. Что же касается непороговых эффектов облучения людей «категории А», то в виду относительно небольших выборок надежно выявить их очень

трудно, и поэтому ими практически пренебрегали.

Однако за рамками классической радиобиологии и радиационной медицины оставались как особенности действия на животных и человека малых доз облучения, так и проблема различий в индивидуальной радиочувствительности. Изучение этих вопросов требовало специальных методических подходов: использования в экспериментах очень большого числа объектов, длительных наблюдений, регистрация ряда показателей, не относящихся непосредственно к лучевой болезни, и т. п. Для этого нужны были большие средства и время, что не всегда казалось целесообразным. Тем не менее хорошее знание «классических эффектов» облучения позволяло выявлять и такие его последствия, которые не укладываются в классическую схему и могут быть названы «неклассическими». В ходе исследований, посвященных неклассическим эффектам, выяснилось, что биологическое действие малых доз чревато рядом ранее неизвестных и почти не изученных особенностей.

Так, в последние десятилетия установлено, что даже однократное облучение клеток малыми дозами повышает частоту появления нежизнеспособных потомков. Это наблюдается у всех видов изученных клеток на протяжении сотен клеточных делений и сопровождается повышением чувствительности таких клеток к самым разным неблагоприятным воздействиям. Было обнаружено также, что у многих выживающих после облучения клеток генетические нарушения могут вновь возникать с очень высокой частотой на протяжении сотен клеточных делений. У высших растений однократное облучение семян также ведет к длительно развивающимся генетическим аномалиям, нередко наблюдаемым «без зазатухания» как минимум у трех поколений⁵. Известно также, что частота хромосомных мутаций в лимфоцитах человека, а также частота онкогенной трансформации клеток при действии низких доз излучений значительно больше, чем следовало бы ожидать при прямолинейной экстраполяции от высоких доз, а облученные животные и их потомки более чувствительны к химическим онкогенам, чем необлученные⁶. Как

⁴ Нормы радиационной безопасности и основные санитарные правила. М., 1981. С. 11.

⁵ Бычкова И. Б. Проблема отдаленной радиационной гибели клеток. М., 1986; Корогодина В. И. и др. // Радиобиология. 1977. Т. 17. Вып. 4. С. 492—499; Олимпиев Г. С. и др. // С.-х. биология. Сер. «Биология растений». 1989. № 3. С. 136—138.

⁶ Luchnik N. V., Sevankiev A. V. // Mut. Res. 1976. Vol. 36. N 3. P. 363—378; Hill C. K., Han A., Elkind M. M. // Int. J. Rad. Biol. 1984. Vol. 46. N 1. P. 11—15; Vorobitsova J. E. // Perinatal and Multigeneration Cancerogenesis. IARC. 1989. P. 389—401.

свидетельствует печальный опыт Чернобыля, люди, получившие небольшую дозу, значительно чаще болеют, что прямо указывает на вызываемую облучением депрессию иммунной системы. Все это заставляет думать, что и при беспороговой концепции можно недооценивать риск малых доз облучения в 10 раз⁷. Хотя результаты таких исследований еще не систематизированы, но даже то, что уже известно, позволяет утверждать, что концепция непороговых биологических эффектов радиации, на которую опирался Сахаров,— единственно верный подход к оценкам возможной опасности облучения малыми дозами.

В этом отношении поучительно сравнить непороговую концепцию с общепринятой сейчас концепцией «предельных доз». Так, согласно официальным нормам радиационной безопасности, предельная доза для «категории Б» (т. е. не работающих непосредственно с источниками излучений) составляет 0,5 бэр/год. Считается, что облучение в такой дозе не грозит лучевой болезнью и поэтому безопасно. Если применить подход, развитый Сахаровым, оказывается, что у лиц, получивших небольшую дозу, вероятность проявления различных непороговых эффектов может достигать 0,1, т. е. до 10 % облученных людей или их потомков могут испытать различного рода аномалии. С этим, по-видимому, и приходится сталкиваться человечеству не только при испытаниях ядерного оружия, но и в результате аварий ядерных реакторов, утечки радиоактивных отходов и т. п.

Проблема «предельных доз облучения» еще более усложняется в связи со следующими двумя обстоятельствами. Во-первых, при ядерных авариях типа Чернобыльской в окружающую среду, а затем и в организм человека попадают радиоактивные изотопы самых разных элементов, в том числе источники α -излучения и «горячие частицы» (микроскопические сплавы различных изотопов), действие которых на здоровье людей почти не изучено. Во-вторых, мы еще очень мало знаем об индивидуальной чувствительности людей к воздействиям малых доз, особенно изотопов разной природы. Известно, однако, что у животных, например мышей, при внешнем облучении радиочувствительность представителей гетерогенной популяции может различаться в 10 раз (некоторые животные после облучения в дозе 50 рад чувствуют себя так же плохо, как

другие после дозы 500 рад). Особенно чувствительны к облучению эмбрионы в период закладки формирования разных тканей и органов. Так, анализ данных по Хиросиме и Нагасаки показывает, что облучение женщин на 8—15 неделях беременности уже в дозах 1—2 бэр удваивает частоту случаев рождения детей с тяжелой умственной отсталостью⁸. Если у человека индивидуальные различия в радиочувствительности столь же велики, то пагубные последствия облучения для отдельных групп населения могут быть значительно выше, чем «в среднем» для большой популяции. Очевидно, что при решении вопроса о предельных дозах следует ориентироваться на наиболее радиочувствительных представителей населения.

И еще один важный момент. Столкнувшись с Чернобыльской катастрофой, мы оказались несведущими в таком существенном вопросе, как влияние облучения всей биоты на обширной территории на биоценозы в целом. Даже такие дозы облучения, которые некоторые авторы называют «стимулирующими» и легкомысленно относят к «безвредным», могут приводить к тяжелым последствиям, вызывая деформацию видового состава ценозов и тем самым уменьшая их устойчивость к различным дополнительным воздействиям. Так что подходы к оценке опасности радиоактивных загрязнений для людей и биоценозов к настоящему времени приобрели еще большую злободневность.

Вторая особенность представлений, выдвинутых Сахаровым,— оценка опасности радиационных воздействий на человека не по увеличению процента ожидаемых аномалий (например, заболеваний раком), а по абсолютной величине подобных эффектов. Это очень важное обстоятельство. В процентном отношении, особенно ко всему населению большого региона, республики, страны или земного шара, последствия атомных испытаний или радиоактивных загрязнений могут составить небольшую величину, как иногда говорят, «в пределах погрешностей измерений». «Но этот аргумент не отменяет того факта, что к уже имеющимся в мире страданиям и гибели людей дополнительно добавятся страдания и гибель сотен тысяч жертв, в том числе в нейтральных странах, а также в будущих поколениях. Две мировые войны тоже добавили менее 10 % к

⁸ Miller R. W. // *Health Phys.* 1988. Vol. 55. N 2. P. 295—298.

⁹ Кузнецов А. М. Особенности механизма действия атомной радиации на биоту в малых, благоприятных для нее дозах. Пушино, 1989.

⁷ Baliga B. B. // *Sci. and Cult.* 1981. Vol. 47. N 1. P. 30—34.

смертности в XX в., но это не делает войны нормальным явлением» (с. 45).

Моральный аспект проблемы испытаний ядерного оружия особенно волновал Сахарова. Как он отмечает, весьма распространенный в литературе аргумент «... сводится к тому, что прогресс цивилизации и развитие новой техники и во многих других случаях приводят к человеческим жертвам. Часто приводят пример с жертвами автомобилизма. Но аналогия здесь не точна и не правомерна. Автотранспорт улучшает условия жизни людей, а к несчастьям приводит лишь в отдельных случаях в результате небрежности конкретных людей, несущих за это уголовную ответственность. Несчастья же, вызываемые испытаниями, есть неизбежное следствие каждого взрыва». По мнению автора, единственная специфика в моральном аспекте данной проблемы — «это полная безнаказанность преступления, поскольку в каждом конкретном случае гибели человека нельзя доказать, что причина лежит в радиации, а также в полной беззащитности потомков по отношению к нашим действиям» (с. 43—44).

Этот этический принцип целиком приложим и к тем последствиям крупномасштабных аварий, которые произошли в 1957 г. в Челябинской области и в 1986 г. в Чернобыле, в результате чего сотни тысяч людей оказались участниками «экспериментов», проведенных без их ведома и согласия. Это следовало бы ясно сознавать и тем, кто до сих пор санкционирует испытания ядерного оружия, и тем, кто поддерживает строительство «удешевленных» атомных электростанций, и тем, кто призван обеспечивать радиационную безопасность населения нашей страны, кто ответствен за ликвидацию последствий аварий такого рода, а также за рекомендации типа «деактивации» загрязненных радиоактивными изотопами продуктов сельского хозяйства путем добавления их к «чистым» продуктам и рассредоточения по различным регионам страны¹⁰, а также за волюнтаристское повышение значений предельных доз облучения людей. Так, в недавно опубликованном «Заявлении группы

ученых, работающих в области радиационной безопасности и радиационной медицины, в связи с ситуацией, обусловленной аварией на Чернобыльской атомной электростанции», приводится «обоснование» новой предельной дозы (или «концепции допустимой пожизненной дозы») для «категории Б» — 35 бэр, предложенной Национальной комиссией по радиационной защите при Министерстве здравоохранения СССР¹¹. Эта величина получена умножением «старой» предельной дозы 0,5 бэр в год на 70 лет — принятый авторами «концепции» срок жизни человека. При этом не указывается, за какой период эта доза может быть набрана — в результате однократного облучения или равномерного облучения на протяжении всей жизни, в том числе на старости лет. Не учитываются также два следующих обстоятельства: во-первых, 35 бэр при однократном (или за 2—3 года) облучении — это гораздо больше предельной допустимой дозы для «категории А» — 5 бэр/год, что чревато различными патологиями у облученных, особенно у детей; во-вторых, доза 35 бэр близка к дозам, удваивающим частоту мутаций у человека, что чревато двукратным увеличением генетических аномалий у потомков, родители которых получили такую дозу, особенно в больших группах населения.

Подходы к оценкам последствий испытаний атомного оружия, развитые Сахаровым делают понятным его бескомпромиссную позицию по отношению к разработкам и испытаниям такого оружия: «Прекращение испытаний непосредственно сохранит жизнь сотням тысяч людей и будет иметь еще большее косвенное значение, способствуя ослаблению международной напряженности, способствуя уменьшению опасности ядерной войны — основной опасности нашей эпохи» (с. 44). Кроме того, эта работа содержит ряд принципиальных положений, имеющих важнейшее методологическое значение для всей проблемы оценки радиационной опасности, связанной с использованием ядерных технологий даже в сугубо мирных целях.

¹⁰ Известия. 1989. 3 сентября; Соц. индустрия. 1989. 25 ноября.

¹¹ Мед. радиология. 1990. № 1. С. 7—9.

Магнитная кумуляция

А. И. Павловский,

член-корреспондент АН СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт
экспериментальной физики

ВТОРАЯ половина 40-х — конец 60-х годов были плодотворным периодом научной деятельности А. Д. Сахарова, когда особенно ярко проявились его уникальное творческое дарование и изобретательность. Помимо того, что в эти годы он внес решающий вклад в создание и развитие отечественного термоядерного оружия, в центре его интересов были различные аспекты проблемы термоядерной энергетики. В 1950 г. И. Е. Тамм и А. Д. Сахаров высказали идею о магнитной термоизоляции высокотемпературной плазмы, положившую начало исследованиям по управляемому термоядерному синтезу в нашей стране. В 1951 г. Сахаров разработал теорию магнитного стационарного термоядерного реактора и теоретически исследовал свойства плазмы. (Сегодня во многих лабораториях мира изучаются токамаки, близкие по идее к рассмотренному им реактору, как одно из решений проблемы энергетики будущего.) Примерно в 1960—1961 гг. он, по-видимому впервые, рассмотрел возможность лазерного термоядерного синтеза с использованием сжатия сферической мишени.

Идея магнитной кумуляции была выдвинута Сахаровым как один из возможных путей осуществления импульсной управляемой термоядерной реакции.

РОЖДЕНИЕ ИДЕИ

«В 1952 г. по моей инициативе начаты экспериментальные работы по созданию взрывомагнитных генераторов (устройств, в которых энергия взрыва химической или ядерной реакции переходит в энергию магнитного поля)» (А. Д. Сахаров. Автобиография).

Сахаров предложил два типа таких устройств. В первом из них аксиальный магнитный поток сжимается проводящей цилиндрической оболочкой, сходящейся к центру под действием взрыва. Такие устройства по-

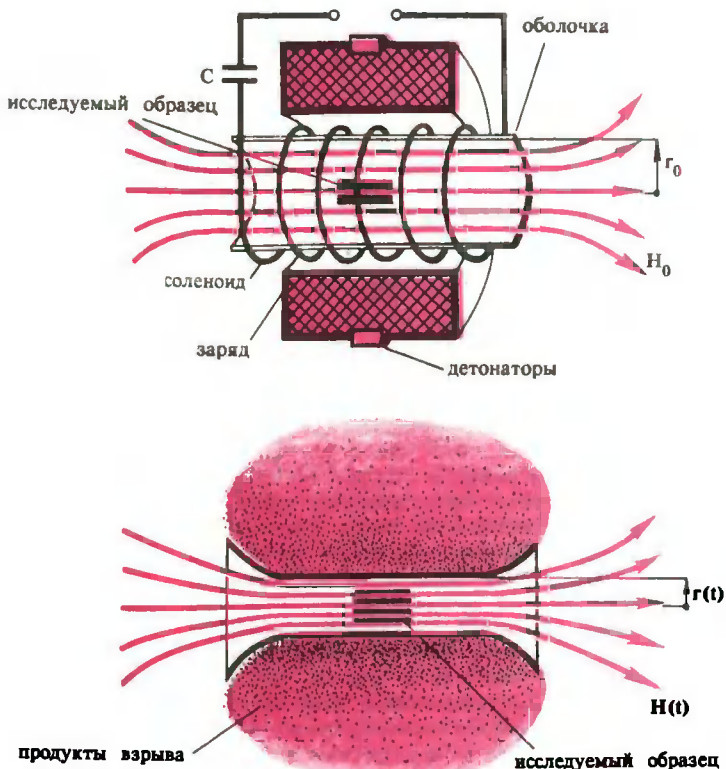
лучили название магнитокумулятивных генераторов сверхсильных магнитных полей — МК-1. «Представьте себе полый металлический цилиндр, помещенный в катушку с током. Цилиндр как бы охватывает пучок магнитных силовых линий созданного катушкой «начального» поля. Снаружи цилиндра располагается заряд взрывчатого вещества. В некоторый момент времени его подрывают по всей внешней поверхности. Полый цилиндр сжимается давлением продуктов взрыва и в свою очередь, как гигантский «кулак» сжимает пучок магнитных силовых линий, увеличивая напряженность и энергию магнитного поля». Преобразование кинетической энергии цилиндра в энергию магнитного поля происходит при торможении оболочки магнитным давлением. В результате магнитной кумуляции энергия взрывчатого вещества (химического или ядерного), первоначально распределенная по значительному объему, сосредоточивается в небольшой области пространства в виде энергии магнитного поля. Высокая плотность магнитной энергии обеспечивает принципиальную возможность нагрева смеси дейтерия и трития до температуры 10^8K (10 кэВ), необходимой для поджига термоядерной реакции. Сахаров предложил схему нагрева плазмы мощным газовым разрядом, который индуцируется быстропеременным полем. И хотя последующий более детальный анализ, выполненный им же, выявил трудности в реализации этой одной из первых схем инерционного термоядерного синтеза, сама идея оказалась плодотворной. Магнитная кумуляция энергии такого мощного источника, как взрыв, позволила получать самые сильные магнитные поля в земных масштабах.

В конце 1952 г. Сахаров рассмотрел возможность использования магнитного давления для сжатия делящегося тяжелого вещества с целью перевода малых масс такого вещества ($\sim 100\text{ г}$) в надкритическое состояние и осуществления ядерных взрывов малой

¹ Сахаров А. Д. Рекорды магнитных полей // Известия. 1966. 29 апреля. С. 3.

Принципиальная схема генератора сверхсильных магнитных полей МК-1. При разряде конденсаторной батареи С на соленоид за счет диффузии поля сквозь оболочку радиусом r_0 внутри нее возникает магнитный поток Φ . Подрыв заряда взрывчатого вещества синхронизован так, что под действием продуктов взрыва оболочка приходит в движение, когда начальное магнитное поле H_0 достигает максимума. Оболочка при сжатии к центру сжимает магнитный поток, и поскольку он сохраняется приблизительно постоянным, напряженность $H(t)$ и энергия $W(t)$ магнитного поля увеличиваются:

$$H(t) = H_0 r_0^2 / r^2(t); \quad W(t) = W_0 r_0^2 / r^2(t).$$



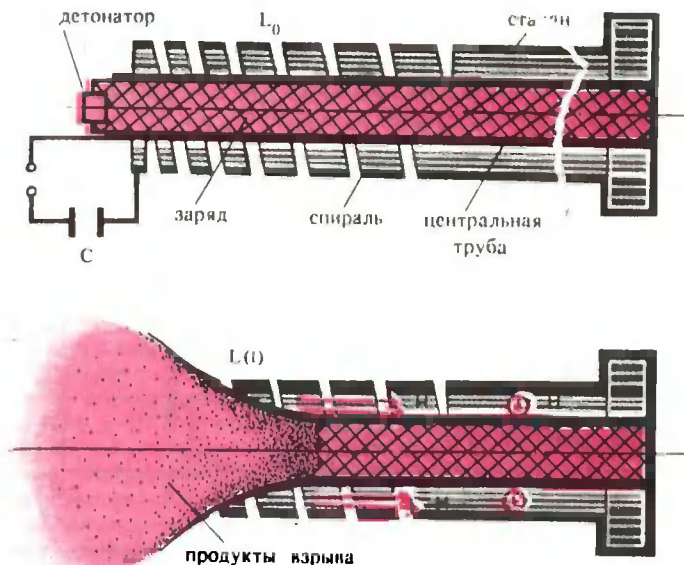
мощности. Поскольку критическая масса зависит от плотности делящегося вещества, в принципе, можно перевести в надкритическое состояние даже малые массы, но для этого их нужно сжать до высокой плотности, а значит, сконцентрировать в малом объеме значительную энергию. Магнитная кумуляция оказывается выгоднее, чем газодинамический способ концентрации энергии, реализуемый при непосредственном использовании энергии взрыва. В этой связи Сахаров предложил схему другого типа устройств, названных магнитокумулятивными генераторами энергии — МК-2. В них электромагнитные импульсы генерируются при прямом преобразовании энергии взрыва в энергию поля в процессе сжатия и вытеснения магнитного потока в нагрузку. Генераторы МК-2 стали компактными и мощными импульсными источниками электромагнитной энергии с характеристиками, которые соответствуют предельным возможностям современной техники.

Сахаров указывал и множество других возможных применений магнитной кумуляции. «Изучение электрических, магнитных, оптических, упругих свойств различных веществ в таких полях, которые раньше были недоступны исследователям, представляет

большой научный интерес. Эти исследования могут оказаться важными для физики полупроводников, металлов, полимеров»². Ему представлялось перспективным применение компактных мощных импульсных источников энергии для связи в радио- и оптическом диапазоне на дальних расстояниях, исследований по физике плазмы, моделирования астрофизических явлений, достижения сверхвысоких давлений. Одним из фундаментальных научных применений Сахаров считал использование магнитокумулятивных генераторов в качестве источника энергии для сверхмощных ускорителей заряженных частиц. Энергия частицы в циклическом ускорителе определяется радиусом ее орбиты и напряженностью управляющего магнитного поля. Применение сверхсильных магнитных полей открывает возможность создания компактных ускорителей на высокие энергии.

В 1952 г. Я. Б. Зельдович и А. Д. Сахаров отметили возможность создания ускорителя протонов на энергию 10 ГэВ на основе магнитокумулятивных генераторов с использованием химического взрыва. Несколькоми годами позже Сахаров рассмотрел проект ускорителя, рассчитанного на ускорение 10^{18}

² Там же.



протонов за импульс до энергии 10^3 ГэВ с использованием термоядерного взрыва с энерговыделением около 10^6 т тротилового эквивалента³. В таком ускорителе магнитное поле изменяется в пространстве и времени и частица будет ускоряться на орбите с уменьшающимся радиусом. Чтобы получить на конечной орбите радиусом 30 см магнитное поле напряженностью 10^8 Э, необходимо сжимать магнитный поток оболочкой весом около тонны со скоростью более 10^7 см/с. Энергия пучка составила около 10^{11} Дж. Другая «почти фантастическая» (как ее оценивал Сахаров) возможность связана с использованием импульсных магнитных линз (которые можно создать при взрывах с энергией в сотни килотонн тротилового эквивалента) для фокусировки пучка с интенсивностью 10^{23} протон/с на площади 1 мм^2 . При этом, по его мнению, во встречных пучках от двух ускорителей возможна надежная регистрация процессов взаимодействия с сечением порядка 10^{-30} см^2 .

Идея магнитной кумуляции, вне зависимости от описанных сверхгигантских проектов, оказалась весьма плодотворной.

ПРИНЦИП МАГНИТНОЙ КУМУЛЯЦИИ

Магнитная кумуляция основана на законе электромагнитной индукции и принципиально не отличается от обычного способа получения электрической энергии с по-

Принципиальная схема генератора энергии МК-2. Деформируемый токовый контур с начальной индуктивностью L_0 состоит из спирали, переходящей в стакан, и центральной трубы. Под давлением продуктов взрыва стенки трубы растягиваются в виде конуса и подлетают к началу спирали в момент максимального начального тока I_0 . При распространении фронта детонации конус как бы продвигается в спираль и, подобно поршню, вытесняет магнитный поток Φ в стакан. Индуктивность токового контура $L(t)$ уменьшается, а ток $I(t)$ и энергия $W(t)$ электромагнитного поля возрастают: $\Phi = L(t)I(t) \approx L_0 I_0$;

$$I(t) = \Phi / L(t); W(t) = \Phi^2 / 2L(t).$$

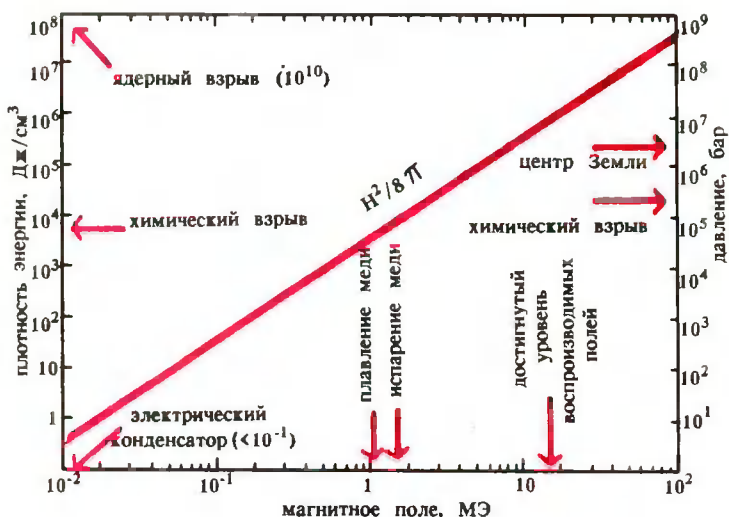
мощью динамомашины. При изменении площади токового контура в нем индуцируется ток, поддерживающий магнитный поток внутри контура постоянным. Рассмотрим идеальную магнитную кумуляцию — сжатие аксиального магнитного потока цилиндрической оболочкой из сверхпроводящего несжимаемого вещества, плотность которого остается постоянной. В этом случае магнитный поток $\Phi = \int_S \vec{H} d\vec{S}$ сохраняет-

ся при любой скорости сжатия. С уменьшением поперечного сечения оболочки S напряженность H , давление $P \sim H^2$ и энергия магнитного поля $W \sim SH^2$ возрастают как $H(t) \sim S^{-1}(t)$, $P(t) \sim S^{-2}(t)$ и $W(t) \sim S^{-1}(t)$. При сжатии оболочки к центру растет и скорость ее внутренней границы $u(t) \sim r^{-1}(t)$, т. е. кинетическая энергия оболочки W_k концентрируется на ее внутренней границе. Напряженность, энергия и давление магнитного поля достигают максимальных значений в момент, когда давление магнитного поля останавливает оболочку и ее кинетическая энергия полностью преобразуется в энергию магнитного поля.

В случае токового контура из реального проводника, сопротивление которого не равно нулю, а плотность при сжатии может увеличиваться, сохранение магнитного потока зависит от скорости деформации контура. Магнитный поток теряется вследствие диффузии поля в стенки проводника. При полях выше $4 \cdot 10^5$ Э начинается интенсивный нагрев проводника и рост его сопротивления, а при $H > 3 \cdot 10^6$ Э происходит испарение поверхностного слоя на границе «вещество —

³ Сахаров А. Д. Взрывомангнитные генераторы // Успехи физ. наук. 1966. Т. 88. Вып. 4. С. 725—734.

Эффекты, вызываемые сильными магнитными полями. При $H > 8 \times 10^5$ Э начинается плавление поверхностного слоя проводника; при $H > 1,5 \cdot 10^6$ Э — испарение вещества, плотность энергии достигает плотности химической энергии взрыва. Напряженность $H = 1,6 \times 10^7$ Э соответствует достигнутому уровню воспроизводимых магнитных полей, при этом плотность энергии (10^5 Дж/см³) превышает энергию связи большинства твердых тел, а давление поля более чем вдвое превосходит давление в центре Земли.



поле» и зона потери проводимости быстро распространяется в глубину материала. В таких условиях магнитный поток будет сохраняться, если скорость его сжатия более далеких проводящими слоями вещества больше скорости фронта потери проводимости. В то же время на граничной поверхности возможно образование плазменного слоя, который при полях больше $2 \cdot 10^7$ Э может иметь достаточно высокую проводимость и участвовать в сжатии магнитного потока.

Сжимаемый магнитный поток, проводник и сам подвергается сжатию. При возрастании магнитного давления на границе «вещество — поле» возникает волна сжатия, переходящая затем в ударную волну, которая увеличивает плотность вещества оболочки и его внутреннюю энергию (упругую, тепловую, ионизацию, электромагнитного излучения). При сжатии оболочки из сжимаемого вещества $u(t)$ изменяется как $\gamma^{-n}(t)$, где $0 < n < 1$, т. е. и в этом случае происходит концентрация кинетической энергии оболочки на ее внутренней границе. Таким образом, при высокой плотности энергии определяющими являются гидродинамические процессы в слое вещества на границе с магнитным полем. Из качественных соображений можно вывести критерий эффективной магнитной кумуляции — $q^2 > H^2/8\pi$ (q — плотность вещества оболочки). Из него следует, что с учетом конечной проводимости и сжимаемости реальных проводников величина получаемого магнитного поля определяется ограничениями на плотность кинетической энергии оболочки, ускоряемой взрывом. В 1952 г. А. Д. Сахаров и М. П. Шумаев для случая постоянной проводимости о нашли

аналитическое решение и показали, что магнитный поток сохраняется, если $\eta = (4\pi\sigma u/c^2)^{1/2} > 1$. В общем же случае приходится решать численными методами систему уравнений магнитной гидродинамики, дополненную уравнением состояния вещества проводника и законом изменения его проводимости.

Магнитную кумуляцию может серьезно ограничить неустойчивость схождения цилиндрической оболочки (нарушение симметрии) из-за неограниченного роста малых начальных возмущений. Поэтому очень важно обеспечить хорошую начальную цилиндрическую симметрию сжатия, т. е. высокое качество формирования детонационной волны, точное изготовление и сборку заряда и оболочки.

ПЕРВЫЕ ОПЫТЫ

Начало работ по магнитной кумуляции энергии в СССР положил эксперимент с генератором МК-1, проведенный в первой половине 1952 г. по инициативе Сахарова⁴. В опыте было зарегистрировано усиление магнитного поля в 25 раз (максимальное значение около 10^6 Э). К сожалению, в то время этот результат, как и идея Сахарова, не были опубликованы. Это удалось лишь в 1965 г.⁵ Первая публикация — краткая заметка, посвященная взрывному способу получения сверхсильных

⁴ Эксперимент осуществили Р. З. Людаев, Е. А. Феоктистова, Г. А. Цырклов и А. А. Чилиева.

⁵ Сахаров А. Д., Людаев Р. З., Смирнов Е. Н., Плещев Ю. И., Павловский А. И. и др. // Докл. АН СССР. 1965. Т. 196. № 1. С. 65—68.

магнитных полей, опубликована в 1957 г. и принадлежит Я. П. Терлецкому. Как стало известно позже из обстоятельной статьи американских исследователей, примерно в то же время, что и в СССР, по предложению Ф. Виллинга и Э. Теллера работы по магнитной кумуляции независимо были начаты в Лос-Аламосской лаборатории.

С 1952 г. до середины 60-х годов работы в СССР велись весьма интенсивно. В 1955—1956 гг. была проведена серия сложных экспериментов с комбинацией генераторов МК-1 и МК-2 (генератор МК-2 использовался как источник энергии для создания начального магнитного поля). В опытах устойчиво регистрировались поля напряженностью около $5 \cdot 10^6$ Э в полости диаметром 10 мм. Цикл исследований, направленных на улучшение симметрии сжатия магнитного потока и повышение плотности кинетической энергии оболочки, завершился в 1964 г. опытом, в котором в полости диаметром 4 мм было зарегистрировано рекордное значение магнитного поля — $2,5 \cdot 10^7$ Э. Использовалась оболочка из нержавеющей стали, изготовленная с высокой точностью и покрытая изнутри тонким (20 мкм) слоем меди. Скорость сжатия магнитного потока на первой трети начального диаметра составляла около 10^6 см/с. Магнитное поле регистрировалось индукционными датчиками с массивной диэлектрической защитой, а наведенные сигналы контролировались фоновыми датчиками. Полученное в опыте значение коэффициента сохранения магнитного потока ($\Phi/\Phi_0 = 0,3$) соответствовало ожидаемому. Попытка в нескольких очень сложных опытах воспроизвести рекордный результат успеха не имела. Отмечалась нестабильная работа катушки начального поля (пробой изоляции). Однако основной причиной плохой воспроизводимости опытов, как показали дальнейшие исследования, является неустойчивость магнитной кумуляции, что не исключает возможности получения очень больших полей в единичных экспериментах.

Публикация 1960 г., в которой сообщалось о получении в Лос-Аламосской лаборатории полей напряженностью около $1,5 \cdot 10^7$ Э; вызвала интенсивное развитие работ в лабораториях США, Италии, Франции и других стран. Итоги начального периода работ подвела первая международная конференция, состоявшаяся в 1965 г. во Фраскати (Италия). Отмечалось, что хотя американским и советским исследователям в единичных опытах удалось получить рекордные поля, результаты большинства работ указывали, что уровень воспроизводимых полей не превышает $5 \cdot 10^6$ Э. Этот факт не нашел

объяснения. Стало ясно, что задача стабильного получения сверхсильных магнитных полей намного труднее, чем представлялось вначале, а уровни воспроизводимых полей ниже ожидавшихся. По этой или иным причинам вскоре после конференции работы по генерации сверхсильных магнитных полей взрывным способом в большинстве лабораторий были прекращены.

КРИТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ КУМУЛЯЦИИ

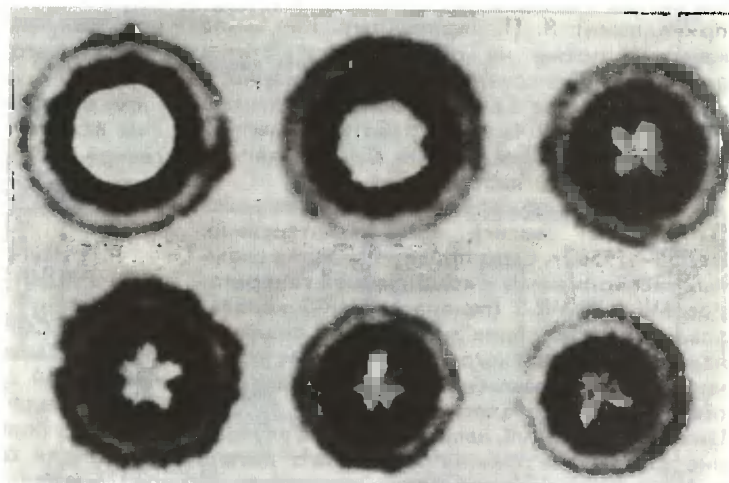
В СССР работы по кумуляции сверхсильных магнитных полей продолжались небольшой группой исследователей, поставивших задачу повысить уровень воспроизводимых полей⁶. Воспроизводимость крайне важна для одноразовых взрывных опытов: без уверенности в том, что объявленное значение магнитного поля можно с большой вероятностью воспроизвести в любом эксперименте, исследования в таких полях теряют смысл.

К тому времени были изучены практически все возможные способы повышения величины устойчиво генерируемых магнитных полей. Оставалась единственная возможность — увеличить начальное магнитное поле, чтобы максимально ограничить изменение радиуса оболочки и таким образом попытаться избежать нарушения устойчивости ее схождения из-за развития начальных возмущений. Для этого требовалось разработать взрывное устройство, обеспечивающее воспроизводимость начальных условий опытов, расширить диагностику, развить методы математического моделирования процессов в реальной конструкции генератора.

Очень сложно оказалось создать начальное магнитное поле напряженностью до $2 \cdot 10^5$ Э внутри хорошо проводящей оболочки с полостью объемом $5 \cdot 10^3$ см³, не внося заметных возмущений в систему сжатия магнитного потока. Длительные поиски привели к принципиально новому решению — объединению функций соленоида, создающего начальное магнитное поле, и оболочки, сжимающей магнитный поток, в едином устройстве — соленоиде-оболочке. В начальный момент такое устройство представляет собой цилиндрический соленоид со специальной намоткой из тонких (0,25 мм) медных, изолированных друг от друга проволок. Соленоид размещается внутри цилиндрического заряда взрывчатого веще-

⁶ Pavlovskii A. I., Kolokolchikov N. P., Tashenko P. M. et al. // *Megagauss Physics and Technology*. N. Y. 1980. P. 627—639.

Уменьшенные рентгеноснимки оболочки, сжимающей магнитный поток, которые получены при съемке вдоль ее оси в последовательные моменты схождения. Когда напряженность магнитного поля превышает $3,5 \cdot 10^5$ Э, начинается интенсивное неограниченное развитие возмущений внутренней поверхности оболочки, которое приводит к катастрофическим последствиям — прекращению кумуляции энергии при $H \sim 6 \cdot 10^5$ Э. В этот момент оболочка тормозится и имеет форму, далекую от исходной, а внутри нее происходит перемешивание испаренного вещества с полем.



ства. После подрыва заряда ударная волна с давлением на фронте $1,5 \cdot 10^6$ бар, проходя по веществу соленоида, нарушает изоляцию. Проводники свариваются друг с другом, и соленоид превращается в сплошную оболочку с изотропной проводимостью, которая эффективно захватывает и сжимает магнитный поток.

Получение достоверной информации в условиях взрыва и магнитных полей, существующих доли микросекунды, с помощью датчиков, которые подвергаются магнитному давлению, сравнимому с давлением в центре Земли, воздействию высокой температуры, интенсивных потоков испаренного вещества, плазмы и электромагнитных излучений, — далеко не простая задача. Наибольшее развитие получили оптические методы с использованием лазерного излучения для измерения магнитного поля на основе эффекта Фарадея (вращения плоскости поляризации излучения) и зондирования внутренней полости, а также методы импульсной рентгенографии. Аппаратура размещается в защитном сооружении и, за исключением датчика поля, может использоваться многократно. Экспериментальные данные в сочетании с численными расчетами дали достаточно полное представление об изучаемых процессах.

Результаты первых экспериментов оказались удручающими. Максимальное зарегистрированное магнитное поле не превышало $3 \cdot 10^5$ Э, а регистрация поля прекращалась раньше момента наибольшего сжатия. Когда же датчик поля окружили массивной диэлектрической защитой, занимающей весь объем полости в момент предельного сжатия, удалось продлить время регистрации поля и зафиксировать напряженность до $(5-6) \cdot 10^6$ Э. Исследования состояния полости

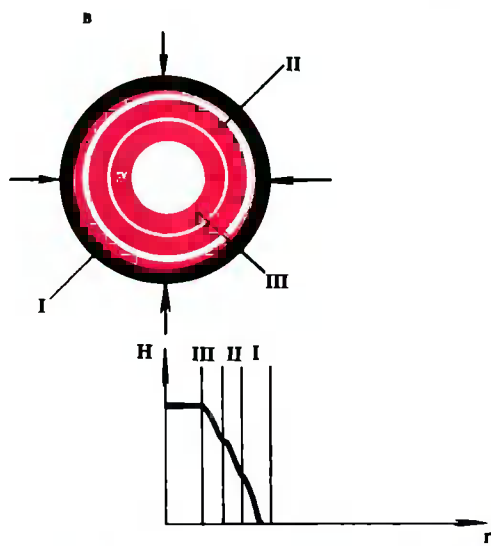
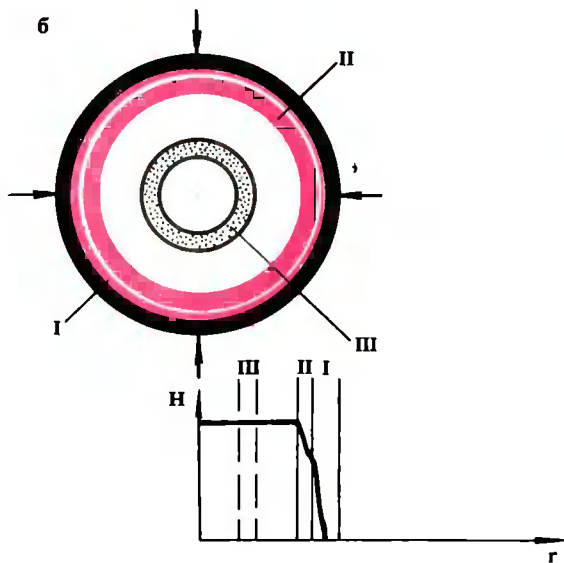
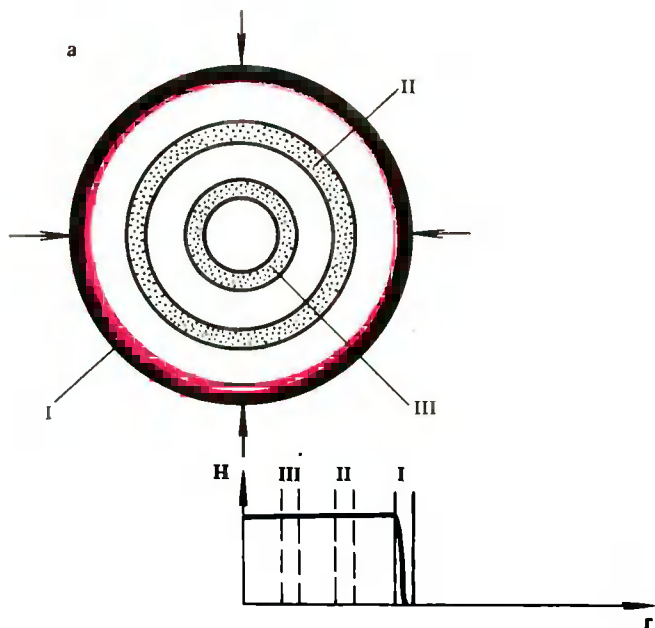
методом импульсной рентгенографии позволили установить причину нарушения устойчивости магнитной кумуляции — развитие возмущений на границе «вещество — поле». Уже при магнитном поле $3 \cdot 10^5$ Э симметрия схождения внутренней границы оболочки заметно искажается, вещество интенсивно испаряется, образуются струи. Температура вещества достигает 10^4 К, а давление магнитного поля — $3,6 \cdot 10^6$ бар. В таких условиях наиболее быстро развиваются неустойчивости типа Рэлея—Тейлора, характерные для границы тяжелого (вещество) и легкого (поле) слоев при ускорении, направленном в сторону тяжелого слоя (иными словами, при торможении оболочки давлением магнитного поля). К концу сжатия ($H \sim 5 \cdot 10^6$ Э) искажения формы внутренней поверхности оболочки столь велики, что трудно говорить о ее границах. Появляется более быстрый канал потери кинетической энергии оболочки, чем сжатие магнитного потока, — прямое ее преобразование в тепловую. Процесс кумуляции магнитной энергии прекращается.

Таким образом, попытка увеличить значения воспроизводимых магнитных полей за счет повышения начального поля окончилась неудачей. Более того, обнаружено фундаментальное ограничение кумуляции, в свете которого перспективы выглядели не слишком обнадеживающими. Для исследователей магнитной кумуляции сложилась достаточно драматическая ситуация.

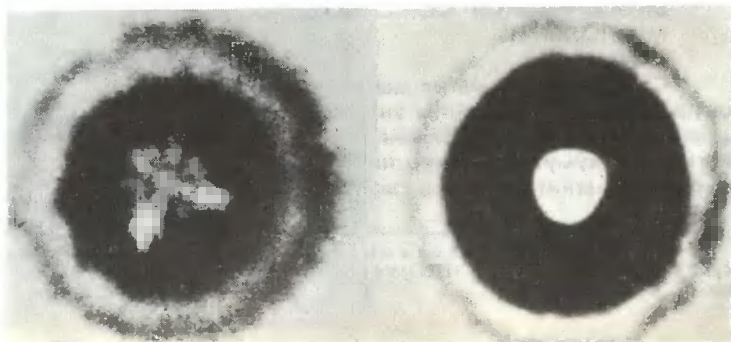
СЖАТИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА СИСТЕМОЙ ОБОЛОЧЕК

Выход из ситуации был найден на пути стабилизации процесса магнитной кумуля-

Схема сжатия магнитного потока системой коаксиальных оболочек. а — сжатие магнитного потока осуществляется I оболочкой, II и III оболочки неподвижны и прозрачны для магнитного поля, т. е. не влияют на процесс сжатия; б — генерация магнитного поля осуществляется II оболочкой, поскольку при столкновении с ней I оболочки внутренняя граница скин-слоя [показан цветом] переходит на внутреннюю поверхность II оболочки; в — генерация магнитного поля осуществляется III оболочкой. При каждом соударении оболочек и передаче функции генерации поля от одной к другой часть магнитного потока теряется в веществе подключаемой оболочки. Однако стабилизация границы «вещество — поле», которая реализуется при такой схеме сжатия, позволяет достичь более высоких магнитных полей.



Уменьшенные рентгено снимки, полученные при сжатии магнитного потока одной оболочкой (слева) и тремя коаксиальными оболочками (справа). В первом случае зафиксировано прекращение магнитной кумуляции при $H=6 \cdot 10^5 \text{ Э}$; во втором зафиксирован момент, когда напряженность поля достигла 10^5 Э , процесс кумуляции продолжается.



ции⁷. Он оказался удивительно простым и заключается в том, что сжатие магнитного потока производится не одной оболочкой, а системой коаксиальных оболочек. Каждый раз, когда возникает угроза потери устойчивости внутренней границы оболочки, оболочка эта заменяется новой, которой и передается функция дальнейшего сжатия потока. Таким образом, используя систему коаксиальных оболочек, удается осуществить устойчивое сжатие магнитного потока при большом изменении радиуса области существования поля и, соответственно, увеличить напряженность конечного поля. Часть кинетической энергии и функция сжатия магнитного потока передаются от одной оболочки к другой при столкновении движущейся оболочки с неподвижной. При этом внутренняя граница скин-слоя переходит на внутреннюю поверхность подключаемой оболочки, а его внешняя граница остается в веществе предыдущей оболочки. На границе «вещество — поле» каждый раз происходит замена разогретого вещества новым, холодным. При таком способе сжатия существенно снижаются нагрузки на внутренний слой каждой оболочки, что замедляет развитие неустойчивостей. Критерий эффективной кумуляции удовлетворяется при меньших скоростях, что создает хорошую перспективу магнитной кумуляции.

Для сжатия магнитного потока системой оболочек необходимо, чтобы каждая из них свободно пропускала внутрь себя магнитный поток, пока она неподвижна, и захватывала его, когда начинает двигаться. Оболочки с такими свойствами были созданы на том же принципе, что и соленоид-оболочка. Превращение проницаемой для аксиального магнитного потока неподвижной оболочки из изолированных медных проводников в сплошную медную, захватывающую и сжимающую поток, происходит под действием ударной волны сжатия, возникающей в результате столкновения движущейся оболочки с неподвижной.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ СО СВЕРХСИЛЬНЫМИ ПОЛЯМИ

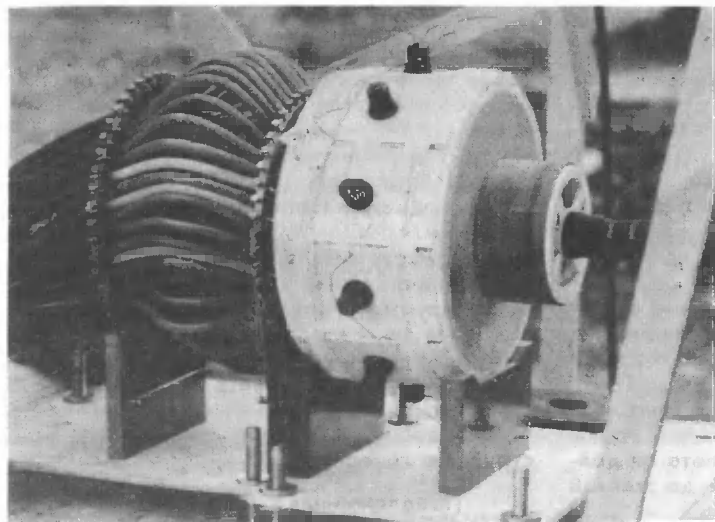
Стабилизация сжатия магнитного потока при высоких плотностях энергии сделала целесообразным продолжение работ по магнитной кумуляции энергии. Устройства, в которых магнитный поток сжимается систе-

мой коаксиальных оболочек, получили название каскадных генераторов сверхсильных магнитных полей. Реализованы две модификации таких генераторов с трехкаскадной системой сжатия потока (соленоид-оболочка считается первым каскадом), различающиеся количеством используемого взрывчатого вещества. Каскадный генератор с зарядом, имеющим наружный диаметр 300 мм, позволяет уверенно получать магнитные поля до $1,3 \cdot 10^7$ Э в объеме примерно 4 см^3 . Это достаточно простое и компактное устройство с экстремальными выходными параметрами, впервые в мировой практике доведенное до серийного физического прибора, в котором величину конечного поля и его объем можно изменять без дополнительной проверки его работоспособности. Стабильность работы и высокая воспроизводимость генерируемых полей подтверждены сотнями экспериментов. С помощью второй модификации каскадного генератора (наружный диаметр заряда 650 мм) в объеме 5 см^3 устойчиво воспроизводятся поля до $1,6 \cdot 10^7$ Э. Следует сказать, что возможности этой модификации каскадного генератора раскрыты еще не полностью. Получаемые в каскадных генераторах поля являются сегодня рекордными. Стабилизация магнитной кумуляции позволила достичь плотности энергии магнитного поля 10^6 Дж/см^3 , что в 100 раз превышает плотность химической энергии взрывчатых веществ. При этом давление магнитного поля составляет 10^7 бар. А каковы перспективы?

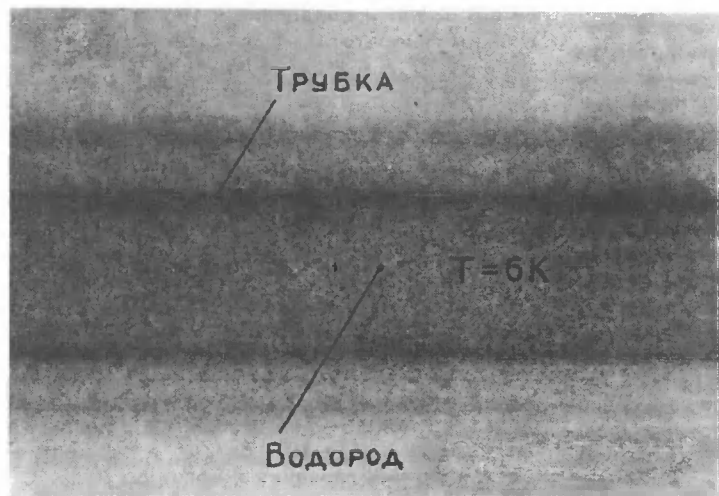
Если вести речь о надежно воспроизводимых сверхсильных магнитных полях, которые только и представляют интерес для исследователей, сегодня нет альтернативы взрывному способу их генерации. Представляется, что в ближайшие годы с использованием энергии химического взрыва будут получены поля напряженностью $3 \cdot 10^7$ Э в объеме $1\text{—}5 \text{ см}^3$. Сегодня не видно принципиальных ограничений на величину магнитного поля, которое можно получить взрывным способом. Поля $10^8\text{—}10^9$ Э могут быть созданы за счет использования энергии ядерного взрыва. В этом случае начальное магнитное поле должно составлять по крайней мере несколько мегаэрстед, что нетрудно обеспечить с помощью химического взрыва. Оценки показывают, что магнитные поля до 10^9 Э можно создать при относительно небольшом ядерном взрыве с энерговыделением не выше 100 т тротилового эквивалента. По-видимому, и такие поля не являются предельными в земных условиях.

Стабильное получение магнитных по-

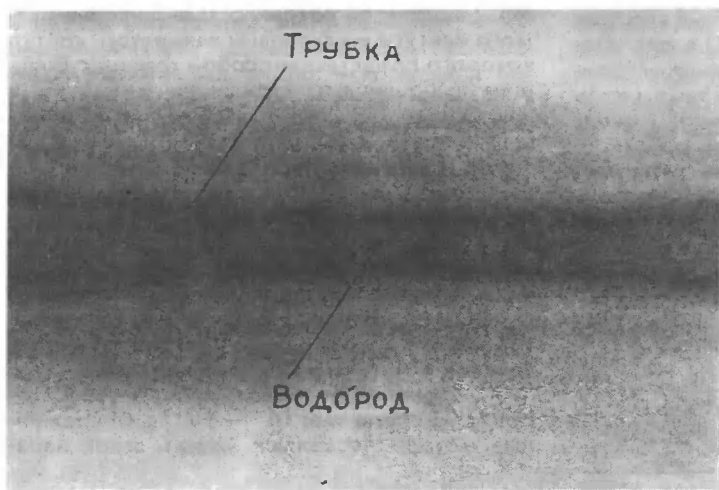
⁷ Павловский А. И., Долотенко М. И., Колокольчиков Н. П. и др. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 8. Вып. 9. С. 437—479.



Каскадный генератор воспроизводимых магнитных полей напряженностью до $1,3 \cdot 10^9$ Э, подготовленный ко взрывному эксперименту. Слева к генератору подходит пучок коаксиальных кабелей, по которым из защитного сооружения от конденсаторной батареи подводится энергия для создания начального поля.



Рентгеноснимки, полученные при съемке перпендикулярно оси генератора МК-1, на которых зафиксировано начальное (вверху) и конечное (внизу) состояния образца — трубки с твердым водородом. Начальный внутренний диаметр трубки — 16,4 мм, конечный — 4,53 мм, плотность водорода возрастает от 0,069 до 1,16 г/см³.



лей десятимегаэрстедного диапазона открыло перед физиками широкие возможности. Выполнены экспериментальные исследования оптических и магнитооптических свойств многих веществ в магнитных полях до $1,1 \cdot 10^7$ Э, в том числе при низких температурах. Анализируя данные экспериментов, в которых измерялись показатели поглощения и эффект Фарадея, можно делать выводы о влиянии внешнего поля на энергетический спектр, зонную структуру и другие квантовые характеристики твердого тела. В сильных магнитных полях отмечено смещение частот парамагнитного и циклотронного резонансов в оптический диапазон. Впервые наблюдался любопытный эффект в полупроводнике GaAs: в полях выше $4,3 \cdot 10^6$ Э образец становится прозрачным для излучения с длиной волны $\lambda = 0,633$ мкм, а в отраженном свете он должен менять окраску от красной до желтой в поле 10^7 Э.

В полях около $3 \cdot 10^6$ Э при $T = 4$ К ведутся эксперименты с объемными и пленочными сверхпроводящими керамиками типа Y—Ba—Cu—O по прямому измерению H_{K2} — магнитного поля, при котором сверхпроводимость полностью исчезает.

Интересная область исследований связана с применением импульсных магнитных полей для получения высоких давлений. Если металлическую трубку, заполненную некоторым веществом, поместить в усиливающееся магнитное поле, то на стенки трубки будет действовать плавно нарастающее магнитное давление $H^2/8\pi$, а давление в веществе будет определяться его сжимаемостью. Такой режим сжатия обеспечивает минимальный нагрев вещества при достижении высоких давлений. Таким образом были исследованы уравнения состояния ряда веществ при давлениях до $5 \cdot 10^6$ бар, изучены спектр и смещение R-линии люминесценции сжатого рубина. В течение ряда лет изучается сжатие твердых водорода и дейтерия ($T \sim 4-6$ К) в диапазоне давлений $(3-5) \cdot 10^6$ бар. Важная особенность таких экспериментов — возможность прямого измерения проводимости сжатых веществ. По существу, все эти работы — первые шаги в освоении области сверхсильных магнитных полей. Достигнутый уровень магнитных полей, а также ближайшие перспективы их повышения дают основания вернуться к идее Сахарова — осуществлению импульсной термоядерной реакции в генераторах МК-1.

ГЕНЕРАТОРЫ МК-2

Другое направление работ⁸ связано с реализацией идеи магнитокумулятивных генераторов энергии МК-2. В них эффективное преобразование энергии взрыва при торможении ускоренного проводника происходит в умеренных полях — $(0,25-1) \cdot 10^6$ Э. При деформации токового контура со скоростью $2 \cdot 10^5$ см/с потери магнитного потока, связанные с диффузией поля в проводник и его сжимаемостью, малы. В основном потери определяются нарушениями регулярности вывода индуктивности деформируемого контура, «отсечками» магнитного потока в диэлектриках и при электрических пробоях внутри генератора. Снижения всех этих потерь можно добиться, выбрав оптимальную конструкцию генератора.

Предложенная Сахаровым принципиальная схема генератора МК-2 была достаточно полно исследована к 1956 г. В опытах с таким генератором были зарегистрированы токи до 10^8 А и энергия порядка 10^7-10^8 Дж в нагрузке с индуктивностью до 10 нГн. В дальнейшем получили развитие генераторы типа МК-2 с разнообразной геометрией деформируемых токовых контуров. Роста мощности генераторов добиваются, увеличивая площадь одновременно деформируемой токовой поверхности с помощью многоточечной системы иницирования заряда взрывчатого вещества. Согласование законов выделения энергии взрыва и генерации магнитной энергии позволяет повысить эффективность преобразования энергии. Современные генераторы МК-2 характеризуются удельной энергией $(6-7) \cdot 10^2$ Дж/см³, удельной мощностью (10^7-10^8) Вт/см³ и эффективностью преобразования энергии до 20 %.

Одна из разновидностей генераторов МК-2 с развитой поверхностью деформируемого контура — дисковый генератор, контур которого представляет собой тороид с большим отношением наружного диаметра к внутреннему. В 1967 г. при его испытаниях был получен рекордный ток — свыше $3 \cdot 10^8$ А — и энергия около 10^8 Дж в нагрузке с индуктивностью 3 нГн. Эффективность преобразования составила 20 %.

Генераторы типа МК-2 эффективно работают на небольшую индуктивность, включенную в выходную цепь. С нагрузками, имеющими большую индуктивность, генератор согласуют с помощью устройств, увеличивающих магнитный поток в нагрузке.

Характерное время работы генераторов МК-2 составляет $10^{-4}-10^{-5}$ с. Современные методы позволяют менять закон нара-

⁸ Павловский А. И., Людаев Р. З. Магнитная кумуляция // Вопросы современной экспериментальной и теоретической физики. Л., 1984. С. 206—270.



Каскадный генератор МК-2, выпускаемый Ленинградским научно-производственным объединением «Электрофизика». Устройство состоит из трех генераторов с трансформаторной связью между собой; каждый предыдущий генератор служит источником энергии для последующего. Таким образом достигается высокий коэффициент усиления энергии (10^4) и эффективное преобразование энергии взрыва (до 10 %). Выходная энергия генератора — $1,5 \cdot 10^7$ Дж.

станции токового импульса и формировать в нагрузке импульсы длительностью от 10^{-7} до 10^{-2} с. Энергия от генератора может быть передана в защитное сооружение, обеспечивающее сохранность экспериментальной установки. Такая возможность была реализована: энергия $3 \cdot 10^7$ Дж (мощность 10^{12} Вт) передавалась от генератора МК-2 на расстояние 30 м к экспериментальному устройству. Несколько генераторов МК-2 можно объединить в батарею с характеристиками, значительно превышающими характеристики единичного генератора.

Сегодня МК-2 достаточно хорошо изучены, расчетные методы позволяют с удовлетворительной точностью прогнозировать их характеристики. Освоено промышленное производство каскадного генератора МК-2, обеспечивающего энергию $1,5 \cdot 10^7$ Дж при работе с широким спектром нагрузок.

Генераторы МК-2 — наиболее мощные импульсные источники электромагнитной энергии. Они широко применяются в исследованиях для питания импульсных ускорителей заряженных частиц, ускорителей тел до высоких скоростей, газовых лазеров и СВЧ-генераторов, а также генерации высоковольтных импульсов.

Многолетний цикл работ по изучению магнитной кумуляции и созданию магнитокумулятивных генераторов выполнен коллективом исследователей в институте, научным руководителем которого является академик Ю. Б. Харитон. Его активная поддержка была чрезвычайно существенна для развития этого направления работ.

Сорок лет прошло со времени, когда А. Д. Сахаровым была высказана идея магнитной кумуляции. Исследователи в СССР, решившие проблему устойчивой генерации рекордных магнитных полей, внесли определяющий вклад в ее успешное осуществление. Ставшие уже регулярными международные конференции по генерации мегаэрстедных магнитных полей и родственным экспериментам позволяют говорить о развитии нового перспективного направления физики высоких плотностей энергии — мегаэрстедной физики, одним из создателей которой был Сахаров.

Грандиозные проекты сверхмощных ускорителей элементарных частиц, рассмотренные им 25 лет назад, и сегодня остаются «почти фантастическими». Идея Сахарова о постановке экстремальных экспериментов в земных условиях ждет своего воплощения. Одна из таких возможностей, представляющая большой научный интерес, — магнитная кумуляция энергии ядерного взрыва. Подобные эксперименты могут проводиться при не наносящих экологического ущерба подземных ядерных взрывах с относительно небольшим энерговыделением. Их обязательным условием Сахаров считал международное сотрудничество.

Судьба неопубликованного отчета

С. С. Герштейн,
член-корреспондент АН СССР
Институт физики высоких энергий
Протвино

Л. И. Пономарев,
доктор физико-математических наук
Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова
Москва

ИЗВЕСТНО, что половина опубликованных научных работ в дальнейшем вообще не цитируется. Из остальной половины через 10 лет цитируется только 20 %, через 15 — уже около 5 % работ. Однако существуют публикации, на которые стабильно ссылаются и через 20, и через 30 лет после их выхода в свет — именно по этому признаку отличают классические работы в любой области знания.

Андрею Дмитриевичу Сахарову удалось сделать даже больше: его отчет 1948 г. «Пассивные мезоны» никогда не был опубликован, и тем не менее на него широко ссылаются до сих пор во всей мировой литературе по мюонному катализу. В какой-то мере он повлиял и на выбор жизненного пути авторов этой заметки.

По совершенно непонятной современному читателю логике (но в полном соответствии с обычаями того времени) этот отчет был немедленно засекречен. Упоминание о нем впервые появилось в 1957 г. в совместной работе Я. Б. Зельдовича и А. Д. Сахарова «О реакциях, вызываемых μ -мезонами в водороде», а затем в 1960 г. — в обзоре Я. Б. Зельдовича и С. С. Герштейна «Ядерные реакции синтеза в холодном водороде»¹. Однако о конкретном содержании этой работы мало кто знал вплоть до последнего года — о нем говорили, ссылаясь на вторичные и даже более далекие источники².

Весной 1989 г. мы обсуждали с Андреем Дмитриевичем желательность публикации знаменитого отчета. Он свое согласие дал, сказав, правда, что ему неизвестно местонахождение этой работы. После скоропостижной смерти Андрея Дмитриевича отчет все-таки нашли в архивах ФИАН, с него удалось снять гриф секретности и взять наконец в руки пожелтевшие страницы рукописи, в какой-то мере предвосхитившей развитие очень интересной области физики на десятилетия вперед³.

Современному читателю трудно представить себе условия, в которых пришлось заниматься наукой многим из поколения А. Д.: постоянный контроль, телохранители, тетради с пронумерованными страницами, в которых только и позволялось делать любые вычисления, даже самые безобидные, и многое другое, по тем временам естественное. Но даже сквозь эти барьеры прорывалась неподконтрольная мысль: сохранились две тетради Я. Б. Зельдовича, в которых он в 1957 г., будучи «на объекте», делал оценки различных процессов мюонного катализа (в них, в частности, содержится и краткий конспект секретного отчета Сахарова, или АДС, как писал в своих тетрадях Зельдович).

По этим записям видно, какое влияние оказывал на него Сахаров, как высоко ценил Яков Борисович его редкостную интуицию физика. На многих страницах можно встретить замечания такого рода: «АДС: перезарядка на одинаковых частицах», «АДС: 3 частицы», «Глубочайшая идея АДС» и т. п. В одной из тетрадей есть также рукописный текст совместной статьи Зельдовича и Сахарова, опубликованной в 1957 г., после открытия мюонного катализа. Об этой статье речь еще впереди, а пока вернемся к отчету 1948 г.

© Герштейн С. С., Пономарев Л. И. Судьба неопубликованного отчета.

¹ Зельдович Я. Б., Сахаров А. Д. // ЖЭТФ. 1957. Т. 32. С. 947—949; Зельдович Я. Б., Герштейн С. С. // Успехи физ. наук. 1960. Т. 71. С. 581—630.

² Например, Дж. Д. Джексон, первым рассмотревший цикл мезонного катализа в смеси дейтерия и трития, в 1984 г. говорил на одной из конференций, что об отчете Сахарова ему известно от западного физика, посетившего СССР, который слышал о нем от советского коллеги, а тот — от своего учителя, которому, в свою очередь, об отчете рассказал его учитель, видевший отчет (цепочка расшифровывается так: Дж. Фиорентини — Л. И. Пономарев — С. С. Герштейн — Я. Б. Зельдович).

³ Авторам приятно отметить участие В. Я. Файнберга, который с готовностью откликнулся на нашу просьбу и нашел отчет в архивах ФИАН, и Л. В. Келдыша, который содействовал быстрому его рассекречиванию.

В нем Сахаров впервые всерьез проанализировал, что произойдет, если отрицательно заряженный мюон (μ^-) остановится в дейтерии, и пришел к следующему выводу. Мюон с двумя ядрами дейтерия (d) может образовать мезомолекулу $dd\mu$, т. е. молекулу, в которой электрон заменен на мюон и ядра вследствие этого сближены на такое малое расстояние ($\sim 5 \cdot 10^{-11}$ см), что они практически мгновенно, за время 10^{-9} с, вступают в реакцию синтеза $d+d \rightarrow {}^3\text{He} + n$ (или $t+p$) с выделением довольно большой энергии (соответственно 3,3 и 4 МэВ). Освободившийся мюон в дальнейшем может образовать другую мезомолекулу, в которой вновь произойдет реакция синтеза, и т. д. Такой процесс может идти до тех пор, пока мюон, выступающий своеобразным катализатором реакций синтеза, по тем или иным причинам не будет «выведен из игры».

Чтобы оценить смелость идеи А. Д. и быстроту его реакции на новые научные открытия, следует напомнить, на каком «научном фоне» была выполнена работа. Это позволит понять и название отчета.

Дело в том, что, согласно гипотезе Х. Юкавы, высказанной в 1935 г., короткодействующий характер ядерных сил связан с тем, что взаимодействие между нуклонами осуществляется путем обмена частицей с массой 200—300 электронных масс, названной им мезоном. Частица приблизительно такой массы была обнаружена в 1936—1938 гг. в космических лучах на уровне моря. Однако дальнейшие исследования показали, что обнаруженная частица (сейчас мы ее называем μ -мезоном или мюоном) не может претендовать на роль частицы Юкавы, поскольку очень слабо взаимодействует с ядрами вещества. Об этом свидетельствовало, в частности, и то, что она свободно проходила сквозь всю толщу атмосферы, преодолевая расстояние, приблизительно в 10 раз превышающее длину, на которой частица со свойствами, предсказанными Юкавой, должна бы рассеяться или поглотиться атомными ядрами. С другой стороны, оказалось, что на больших высотах в составе космических лучей наряду с так называемой жесткой компонентой, проникающей сквозь атмосферу, существует и мягкая компонента, сильно взаимодействующая с ядрами вещества и поглощаемая ими. Удивительно было то, что массы частиц мягкой и жесткой компонент были приблизительно равны. Поскольку точность измерения этой важной характеристики частиц в то время была невысокой, считалось, что в мягкой и жесткой компонентах наблюдается одна и та же частица. При этом возникло, казалось

Академия Наук Союза ССР
Физический Ин-т им. П. Н. Лебедева

А. Д. Сахаров

Пассивные мезоны

1948 г. Врем

Москва

Титульный лист отчета, написанный, скорее всего, рукой А. Д. Сахарова.

бы, неразрешимый парадокс: почему одна и та же частица ведет себя по-разному на больших высотах и на уровне моря? Он был разрешен только в 1947 г., когда С. Пауэлл, Ч. Латтес и Дж. Оккалини зарегистрировали в фотоэмульсии событие, в котором из точки остановки некой заряженной частицы выходил новый трек, отвечающий заряженной частице с кинетической энергией около 5,5 МэВ и массой, примерно равной массе остановившейся частицы. Авторы правильно истолковали это событие как распад частицы, предсказанной Юкавой (π -мезона, или пиона, в нынешней терминологии) на мюон и еще что-то. Пионы рождаются при взаимодействии частиц космических лучей с ядрами элементов, входящих в состав атмосферы, и распадаются на более легкую заряженную частицу и какую-то нейтральную, не оставляющую следа в фотоэмульсии.

В современных обозначениях, это — распады заряженных пионов на мюон и мюонное нейтрино: $\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu_{\mu}$.

Предположив, что мюон, в отличие от пиона, не взаимодействует сильно с ядрами (является пассивным), можно было понять различие между жесткой и мягкой компонентами космических лучей. Но что более важно, обнаружение «незапланированной» частицы — мюона — стало исходным пунктом целой цепи открытий, которая привела к пониманию универсальности слабых взаимодействий и в конечном счете к созданию единой теории электрослабых взаимодействий⁴. Но тогда, в 1947 г., до всего этого было еще далеко и надо было убедиться в том, что действительно открыта новая частица, действительно проанализировав и другие возможности объяснения наблюдаемого явления.

Английский физик Ч. Франк сделал такую попытку интерпретировать событие, обнаруженное Пауэллом, Латтесом и Оккилини, без введения новой частицы. Среди обсуждавшихся вариантов был и такой: отрицательно заряженный мезон, остановившийся в эмульсии, может связать входящие в ее состав протон и дейтон в мезомолекулу размерами около 10^{-11} см. В такой мезомолекуле кулоновский барьер отталкивания между ядрами много меньше, чем в обычной («электронной»). Поэтому реакция ядерного синтеза протона и дейтона в ядро ${}^3\text{He}$, в которой выделяется энергия 5,5 МэВ, должна проходить довольно быстро. Если эта энергия будет передана мезону, связывающему ядра в молекулу, то из точки остановки влетевшего в фотоэмульсию мезона будет исходить новый трек, принадлежащий мезону с энергией 5,5 МэВ. Эта ситуация действительно очень близка к наблюдавшейся в эксперименте. Надо сказать, что сам Франк эту возможность отверг, считая, что примесь дейтерия в естественном водороде крайне мала, чтобы обеспечить заметный выход такой реакции. Общий же вывод его был таков: он не видит других объяснений обнаруженному событию, кроме интерпретации Пауэлла и др.

Любопытно, что причина, по которой Франк отверг рассмотренную возможность ядерной реакции синтеза в мезомолекуле $p\bar{d}$, неправильна. Именно такую реакцию и наблюдал впоследствии в камере с жид-

ким водородом Л. Альварес, открывший, таким образом, мюонный катализ. В фотоэмульсии эта реакция невозможна, поскольку отрицательно заряженный мюон в подавляющем большинстве случаев перехватывается ядрами более тяжелых элементов. Кроме того, сейчас можно с уверенностью утверждать, что событие, наблюдавшееся Пауэллом и др., было распадом не отрицательно, а положительно заряженного пиона, так как останавливающийся в веществе отрицательный пион практически мгновенно поглощается ядрами, не успевая распасться.

Несмотря на эти оговорки, уже сама гипотеза Франка сыграла значительную роль в дальнейшем развитии мюонного катализа и была сродни знаменитому «яйцу Колумба». В самом деле, к этому времени мюон был известен уже 10 лет, давно предсказаны мезоатомы, но никому не пришло в голову рассмотреть возможность образования мезомолекул и рассчитывать в них скорость ядерной реакции синтеза.

Работа Франка привлекла внимание А. Д., который, размышляя о практической реализации реакций синтеза тяжелого водорода, направил свою мысль совсем в другом направлении. Приняв весьма вероятной (как пишет он в своем отчете) возможность существования двух сортов мезонов — «активных» и «пассивных», он рассмотрел поведение пассивных мезонов, останавливающихся в чистом дейтерии, и пришел к выводам, упомянутым в начале нашего рассказа. Вот как они сформулированы им самим⁵: «Содержание этой заметки примыкает к одной статье в [пропуск]⁶, содержащей обсуждение опытов Пауэлла и др. [пропуск]. Предположим, что в газ тяжелого водорода, заключенный, например, в бомбе высокого давления, попадает пассивный отрицательный мезон с массой [пропуск] 200. Через некоторое время [пропуск] он садится на К-орбиту около одного из дейтронов, образуя «мезоатом» $D - M$ размером $0,25 \cdot 10^{-10}$ см. Мезоатом, диффундируя между ядрами D , наподобие нейтрона, в конце концов садится на другой дейтон, образуя мезоний⁷ $D - M - D$ (через время, равное [пропуск]). На-

⁵ В экземпляре отчета, обнаруженном в ФИАНе, имеются пропуски формул и некоторых оценок.

⁶ Несомненно, пропуск соответствует ссылке на статью Ч. Франка в «Nature» (1947. Т. 160. С. 525—527).

⁷ Так Сахаров называет мезомолекулу $dd\bar{d}$. Скорее всего, здесь допущена опечатка, и надо читать мезоний (вместо мезонон), что по смыслу ближе к рассматриваемому объекту, чем принятый сейчас термин «мезомолекула». Символ $D - M - D$ подчеркивает тот факт, что мезон (M) связывает два ядра дейтерия (D).

⁴ История с незапланированным открытием мюона при поиске частиц Юкавы — пиона — повторилась: в середине 70-х годов, когда при поиске мезонов, содержащих очарованный s -кварк, неожиданно открыли t -лептон — представитель третьего поколения лептонов (к первому относится электрон, ко второму — мюон).

16

Ты бога́йшая идея АДС

когда я нахожусь около δ -клет
барьера.

1 - мезон 2 - протон
 $\delta - \infty$ максим.

$$\frac{1}{m_1} \Delta_1 \psi + \frac{1}{m_2} \Delta_2 \psi + \left(-\frac{e^2}{r_1} + \frac{e^2}{r_2} - \frac{e^2}{r_{12}} \right) \psi = E \psi$$

Е конечное. $\psi \neq \psi(r_1) \psi(r_2)$

Но не сводится ли к $\psi(0)$ или к-м от к-н

Фрагмент из тетради Я. Б. Зельдовича с расчетами по мюонному катализу.

конец, мезонон является образованием не-
стабильным, так как в процессе нулевых
колебаний в мезононе дейтоны могут прео-
долеть разделяющий их потенциальный
барьер, и произойдет реакция (через время
[пропуск]).

[пропуск]

Мезон освобождается, и игра начина-
ется сначала.

С помощью метода Ванцеля — Кра-
мерса — Бриллюэна легко вычислить время
[пропуск] (использовав экспериментальную
вероятность реакции ДД при надбарьерных
энергиях⁸).

В результате проведенных оценок А. Д.
приходит к выводу, что время ядерной ре-
акции в мезомолекуле $dd\mu$ составляет ве-
личину порядка 10^{-9} с (современные рас-
четы дают именно это значение). Далее он

совершенно правильно отмечает, что «наибо-
лее опасным» для возможности протекания
процесса является время образования «ме-
зонона» из мезоатома. Оценивая его, А. Д.
принимает в качестве механизма образова-
ния «мезонона» радиационный переход ме-
зона в поле двух дейтонов, не заметив, что
намного вероятнее конверсионный переход
с передачей энергии связи мезомолекулы
атомному электрону⁹. На этом основании
он заключает, что «с обычными мезонами
200 мезонно-каталитическая реакция невоз-
можна». Этим можно объяснить тот факт,
что вплоть до экспериментального откры-
тия мюонного катализа в 1956 г. А. Д. больше
не занимался этим вопросом.

Эта работа А. Д., как уже отмечалось,
была выполнена по свежим следам откры-
тия $\pi \rightarrow \mu$ -распада. Тогда еще не была уста-
новлена природа мюона и нейтральной ча-
стицы, образующейся вместе с ним, тем
более не было концепции универсальности
слабого взаимодействия. А. Д. использовал
лишь гипотезу о ядерной «пассивности» мюо-
на. В связи с этим в первой части работы
он высказывает мысль о том, что нейтраль-

⁸ Слова «надбарьерные энергии» неточны. В действи-
тельности, как следует из дальнейшего, А. Д. правильно
использует экспериментальные данные подбарьерной
 dd -реакции при энергиях порядка 10 кэВ. Точнее было
бы сказать — для ускоренных ядер дейтерия.

⁹ Этот вывод сделан Я. Б. Зельдовичем в 1954 г. (Докл.
АН СССР. 1954. Т. 95. С. 493—496).



Я. Б. Зельдович и А. Д. Сахаров на Международной конференции по квантовой гравитации. Москва, 1987 г.

ная частица, образующаяся вместе с мюоном, обладает массой и является ядерно-активной. Из текста видно, что по существу речь идет о π -мезоне, распадающемся на два γ -кванта. А. Д. совершенно справедливо подчеркивает важную роль таких частиц в объяснении характеристик наблюдаемых в космических лучах ливней Оже, «которые раньше считались классическим каскадным явлением». Сейчас трудно понять, какую массу предполагал он приписать нейтральному пиону, исходя из наблюдаемой энергии «пассивного» мюона в $\pi \rightarrow \mu$ -распаде. Важно, однако, другое. Обсуждая генерацию «пассивных» мезонов, А. Д. предполагает, что они могут возникать в результате распада «активных» мезонов либо рождаться парами в электромагнитных взаимо-

действиях. Отметив, что в космических лучах вторая возможность будет играть ничтожную роль по сравнению с ядерными и распадными процессами (как и на ускорителях тяжелых частиц), он пишет: «Необходимо подчеркнуть поэтому принципиальную ценность опытов с электронными ускорителями, которые дают нам возможность решить вопрос о существовании и свойствах пассивных мезонов (заряженных, которые могут таким образом рождаться парами)»¹⁰.

Слова А. Д. звучат поистине пророчески, если вспомнить, что почти 30 лет спустя на встречных электрон-позитронных пучках (о возможности которых в 1948 г. он, конечно, не мог и подозревать) были обнаружены t -лептоны — тяжелые частицы, которые, по терминологии А. Д., тоже являются пассивными. Замечание А. Д. о перспективности электронных ускорителей — лишь один из примеров столь характерного для всего его научного творчества стремления увязать свои теоретические результаты с экспериментальными исследованиями. Дело в том, что именно в это время в ФИАНе сооружался электронный синхротрон. О непосредственном интересе к его созданию свидетельствует обнаруженный в архивах ФИАНа другой неизвестный отчет А. Д. «Влияние рассеяния на интенсивность пучка в синхротроне», датированный июнем 1948 г.

Но вернемся к мюонному катализу. В условиях секретности работа Сахарова по этой проблеме оставалась неизвестной даже многим работавшим рядом с ним. Не знал о ней и Зельдович, опубликовавший в 1954 г. работу о возможности мюонного катализа ядерных реакций в дейтерии. Сам же А. Д., как уже говорилось, вернулся к этой проблеме после обнаружения в 1956 г. реакции pd -синтеза, вызываемой мюоном (т. е. именно той реакции, которую обсуждал Франк). Это открытие повлекло за собой целый ряд вопросов, которые решили в совместной работе 1957 г. Зельдович и Сахаров.

Собственно говоря, мюонный катализ был открыт «случайно». Альварес со своей группой изучал с помощью камеры, наполненной жидким водородом, взаимодействия отрицательных K^- -мезонов. В этих исследованиях были обнаружены, в частности, резонансы, сыгравшие важную роль в построении систематики адронов (впоследствии эта работа была удостоена Нобелевской пре-

¹⁰ По-видимому, А. Д. придавал этому утверждению особое значение, потому что в отчете фраза подчеркнута.

мии). Пузырьковая камера облучалась К-мезонами от ускорителя, а отрицательные мезоны, влетающие в нее, были лишь нежелательным фоном. Тем не менее экспериментаторы обратили внимание, что некоторые случаи остановки мюонов выглядят весьма необычно, а именно: в нескольких миллиметрах от точки остановки мюона начинался новый мюонный трек, длина которого свидетельствовала об энергии мюона около 5,5 МэВ. Получалось так, как будто мюон тормозился в камере, останавливался и затем откуда-то вновь раздобывал энергию. Возникла идея, что мюон получает ее в результате реакции pd -синтеза (для которой характерно именно такое выделение энергии), идущей в мезомолекуле pd . По воспоминаниям Альвареса, эту интерпретацию почти сразу же предложил Э. Теллер. Он же дал объяснение наличию «щели» между точкой остановки мюона и началом нового трека. Остановившийся мюон образует с протоном мезоатом pd , который свободно диффундирует в веществе, пока не встретится с ядром дейтерия. В результате такой встречи мюон переходит к ядру дейтерия, образуя мезоатом $d\mu$, который при этом приобретает дополнительную энергию и преодолевает определенное расстояние, не оставляя в силу своей нейтральности следов в камере. После торможения мезоатом $d\mu$ образует с ядром водорода мезомолекулу $pd\mu$, в которой и происходит ядерный синтез. Дальнейшие эксперименты при повышенной концентрации дейтерия подтвердили эту гипотезу.

Однако было неясно, какова же вероятность «перехвата» дейтоном мюона у протона, раз процесс наблюдаем и при столь низкой концентрации дейтерия, как в природном водороде, и чем объясняется большая вероятность передачи энергии, выделившейся в реакции $p+d \rightarrow {}^3\text{He}$, мюону в мезомолекуле $pd\mu$. Оценки, приведенные в совместной работе Зельдовича и Сахарова¹¹, дают ответ на оба эти вопроса. Надо отметить, что эти оценки сделаны исключительно изящно и просто, по существу,

только из соображений размерности. Но они оказались значительно точнее приближенных расчетов, выполненных независимо другими авторами.

В последующем А. Д. проявлял неизменный интерес к проблеме мюонного катализа. В 1958 г. он передал сотрудникам Объединенного института ядерных исследований (Дубна) В. Б. Беляеву и Б. Н. Захарьеву толстую кипу листов с расчетами потенциалов взаимодействия ядер в мезомолекуле, знание которых необходимо при вычислении различных характеристик мезомолекул. Этот пример свидетельствует о том, что в своей научной деятельности А. Д. не избегал и «черного» труда.

В 1963 г., узнав от Зельдовича о новых аспектах мезомолекулярных процессов и их связи с экспериментальным изучением процессов слабого взаимодействия мюонов, А. Д. выразил согласие быть официальным оппонентом на защите докторской диссертации одного из авторов (С. С. Герштейн). При этом с редко встречающейся сейчас, но характерной для А. Д. обязательностью он тщательно изучил соответствующий труд и более чем за полтора месяца до защиты передал свой отзыв. Сделанные им замечания позже сыграли важную роль при уточнении расчетов мезомолекулярных уровней, приведших, в частности, к открытию в мезомолекуле $d\mu$ высоковозбужденного уровня¹².

Андрей Дмитриевич успел дожить до того времени, когда из его небольшого (всего 5 страниц) закрытого отчета развилась целая область физики, которой занимаются сегодня в 50 лабораториях 14 стран мира, по тематике которой собираются международные конференции и издается специальный журнал. Поистине «рукописи не горят».

¹¹ Зельдович Я. Б., Сахаров А. Д. Указ. соч.; Зельдович Я. Б., Герштейн С. С. Указ. соч.

¹² Мы намеренно не останавливаемся на последующем развитии мюонного катализа и его возможных практических приложениях, поскольку в «Природе» эта тема уже подробно освещена. См.: Пономарев Л. И. Мюонный катализ ядерных реакций синтеза // Природа. 1979. № 9. С. 8—20; Петров Ю. В. Гибридные ядерные реакторы и мюонный катализ // Природа. 1982. № 4. С. 62—72. См. также: «Холодный синтез», или третий путь получения ядерной энергии // Будущее науки. Вып. 21. М., 1988. С. 33—58.

А. Д. Сахаров Симметрия Вселенной *

Началось с того, что в 1966 г. в журнале «Успехи физических наук» появилась небольшая статья А. Д. Сахарова «Взрывомангнитные генераторы» (о получении сверхсильных магнитных полей с помощью взрыва)¹. Заручившись согласием шефа (ответственного редактора ежегодника «Будущее науки», в котором я тогда работал, Е. Б. Этингофа), я через знакомых физиков достал домашний телефон А. Д. и, позвонив ему, попросил написать для нас статью, развивающую эту тему. А. Д. сказал, что для него она уже исчерпана, интереса не представляет, а вот статью на космологическую тему он написать готов.

Что через некоторое время и сделал. Скажу прямо, статья оказалась очень тяжелой. Мне пришлось несколько раз побывать у А. Д. дома (на старой квартире, рядом с «Курчатником»), где я пытался с его помощью сделать текст несколько популярнее. Вряд ли мне это удалось: больше половины того, что объяснял А. Д., я не «схватывал», хотя и покорно кивал головой в знак того, что теперь-то уж мне все понятно.

В один из дней, когда я пришел в редакцию несколько позже обычного, мне сообщили, что шеф Сахарова привез окончательный вариант статьи. Из описания «шорфера» я понял, что это был сам А. Д., — мои коллеги не так представляли себе отца советской водородной бомбы.

Те, у кого сохранился этот выпуск «Будущего науки», ставший ныне раритетом, наверно, заметили, что из 24 помещенных в нем статей 22 предваряются фотографиями и краткими персоналиями авторов. «Не повезло» А. Д. и И. В. Бестужеву-Ладе — известному сегодня футурологу. А произошло вот что. Когда я попросил у А. Д. фотографию, он сказал, что на это, видимо, надо получить разрешение второго отдела в «системе Славского», да и фотографий у него нет, кроме, кажется, снимка, сделанного на Общем собрании АН СССР.

Но как найти телюфон второго отдела Министерства среднего машиностроения СССР, адрес и телефоны которого не значатся ни в одном справочнике! В розыски включился шеф, телефон был найден, однако ему ответили коротко: не рекомендуем. Е. Б. Этингоф так реконструирует этот разговор: «Позвольте, но ведь статью вы не запрещаете! И что же получается — двадцать три портрета есть, а двадцать четвертого не будет!» « Дело ваше, — был ответ, — а мы не рекомендуем. Чтобы как-то выйти из положения, было решено «обезличить» еще какого-нибудь автора. Им и оказался И. В. Бестужев-Лада.

© И. Г. Вирко

* Будущее науки. М.: Знание, 1968. С. 74—96. Мы предлагаем вниманию читателей главу из этой статьи под названием «Симметрия и законы сохранения». — Прим. ред.

¹ Успехи физ. наук. 1966. Т. 88. Вып. 4. С. 725—734.

СОВРЕМЕННАЯ физика обосновала ряд «законов сохранения» числа частиц, относящихся к барионам (собирательное название для протонов, нейтронов и их «возбужденных» состояний), лептонам (электроны, позитроны и нейтрины от β -распада) и к мю-лептонам (мю-мезоны и мю-нейтрино). При всех превращениях элементарных частиц сохраняется сумма барионов минус сумма антибарионов — так называемый барионный заряд n_b . Аналогично определяется лептонный заряд n_l и мю-лептонный заряд n_μ . Все эти «заряды» по своей «арифметической» природе аналогичны электрическому заряду n , (сумма положительно заряженных частиц минус сумма отрицательно заряженных частиц).

Вселенная в целом безусловно нейтральна в отношении электрического заряда. А как в отношении барионного и лептонных? Если барионный заряд Вселенной равен нулю, то это означает, что половина галактик состоит из антивещества — антипротонов, антинейтронов и позитронов. В настоящее время нет никаких наблюдательных данных, которые подтверждали бы или опровергали

эту точку зрения. Антивещество вполне тождественно веществу и по своим гравитационным свойствам (его энергия положительна) и по характеру электромагнитного излучения. Вопрос могут решить нейтрино, излучающиеся в результате внутризвездных термоядерных реакций, или... непосредственный контакт (аннигиляция 0,3 г антивещества с 0,3 г вещества дает эффект взрыва атомной бомбы¹).

В горячей модели существующее сейчас общее число «тяжелых» частиц — барионов в 10^8 раз меньше числа фотонов. При сверхвысоких температурах в начальный момент, как мы уже говорили, все сорта частиц были представлены в равном количестве. Может быть, существовали какие-то процессы пространственного разделения вещества от антивещества, в результате кото-

¹ Приняв радиосигналы от обитателей другой галактики, мы сможем узнать знак ее барионного заряда, если они догадываются сообщить о тех реакциях распада, которые различны для частицы и античастицы (например, распад K^0 -мезона отличается от распада античастицы $\bar{K}^0$). Это различие — проявление нарушения СР-инвариантности.

рых одна стомиллионная доля всех тяжелых частиц избежала аннигиляции при падении температуры? Шведские ученые Альвен и Клейн предполагают, что такие процессы разделения возможны при наличии очень мощных гравитационных и магнитных полей на начальной стадии развития Вселенной. По их мнению, частицы и античастицы разделяются, двигаясь без столкновений, в неоднородных магнитных и гравитационных полях. Эта гипотеза с трудом увязывается с гигантскими плотностями вещества, предполагаемыми в прошлом по теории расширяющейся Вселенной. Действительно, движение без столкновения возможно только при достаточной разреженности вещества.

По нашему мнению, нет оснований предполагать существование антигалактик или других макроскопических масс, состоящих из антивещества, то есть мы считаем, что p_6 не равно нулю. Объяснение же такой «барионной асимметрии» следует искать на путях более глубокого анализа внутренних свойств симметрии элементарных частиц и законов сохранения.

Отправной точкой рассуждений автора явилась уже упомянутая гипотеза кварков и нарушение некоторых свойств симметрии при превращениях элементарных частиц.

Согласно Гелл-Манну и Цвейгу, барионы состоят из трех кварков, а антибарионы — из трех антикварков. Автор данной статьи приписывает кваркам μ -плюс-мезону (μ^+) и μ -антинейтрино ($\bar{\nu}_\mu$) введенный им «комбинированный» барионно-мюонный заряд $p_k = +1$, а антикваркам, μ -минус-мезону (μ^-) и μ -нейтрино (ν_μ) — заряд $p_k = -1$. При этом предполагается, что строго сохраняющейся величиной является лишь p_k , а не p_6 и p_μ порознь, то есть кварки могут превращаться в антимюоны (μ^+ и $\bar{\nu}_\mu$) или, что то же самое, один барион — в три антимюона. Пусть, например, кварк q превратился в μ -антинейтрино $q \rightarrow \bar{\nu}_\mu$. Комбинированный заряд в этой реакции сохраняется — справа и слева стоит единица. Барионный же заряд равен для кварка (слева) $1/3$, а для μ -антинейтрино (справа) нулю. Легко проверить, что также не сохраняется μ -лептонный (мюонный) заряд.

В соответствии с гипотезой о связи законов сохранения с силовыми полями Вселенная нейтральна по строго сохраняющемуся заряду p_k , а образование небольшого избытка вещества над антивеществом есть просто результат несимметричного распределения этого заряда между барионами (кварками) и μ -лептонами. В первичной горячей «каше» частицы и античастицы образуются из нейтрального вещества M (фото-

ны, нейтральные пары и т. п.) в обратимых реакциях:

$$3\bar{q} + \mu^+ + 2\bar{\nu}_\mu \rightleftharpoons M \rightleftharpoons 3q + \mu^- + 2\nu_\mu.$$

Здесь $3q$ — три кварка, образующие впоследствии протон, $3\bar{q}$ — три антикварка, образующие антипротон. Мы предполагаем, что выход этих реакций смещен вправо, в пользу вещества. При расширении Вселенной происходит аннигиляция пар барионов-антибарионов, оставляющая малый избыток барионов. Несимметрия в барионах приводит к подобной же несимметрии в лептонах, конечно, с сохранением полного лептонного заряда.

Итак, полный средний комбинированный заряд p_k , лептонный заряд p_μ и электрический заряд p , каждый равны нулю, но распределение этих зарядов по «типам» частиц различно для частиц и античастиц. В одном кубическом сантиметре Вселенной имеется в среднем (числа условные): барионов 10^{-5} (из них протонов 80 %), антибарионов — 0, μ -нейтрино $125 + 3 \cdot 10^{-5}$, μ -антинейтрино — 125, электронов — $0,8 \cdot 10^{-5}$, позитронов — 0, нейтрино — 75, антинейтрино — $75 + 0,8 \cdot 10^{-5}$, фотонов — 500, μ -мезонов μ^+ и μ^- — 0. Таким образом, положительный электрический заряд сосредоточен в протонах, а равный ему по абсолютной величине отрицательный — в электронах ($p_e = 0$, как и должно быть), положительный комбинированный заряд сосредоточен в барионах, а равный ему отрицательный — в избытке μ -нейтрино ($p_k = 0$), положительный лептонный заряд — в электронах, отрицательный — в избытке антинейтрино ($p_\mu = 0$)².

Нарушение симметрии распределения зарядов между частицами и античастицами, по нашей гипотезе, является гигантским проявлением открытого в 1956—1964 гг. нарушения некоторых типов симметрии при превращениях элементарных частиц. Теория элементарных частиц до 1956 г. знала три рода симметрии: 1) Р-симметрия, выражающая тождественность процессов, наблюдаемых в природе и в зеркале; 2) С-симметрия, выражающая тождественность процессов, происходящих с частицами и античастицами, и 3) Т-симметрия, выражающая возможность обращения механических процессов (то есть, если возможен процесс $\hat{A} \rightarrow \hat{B}$, то с такой же вероятностью может происходить процесс

² По иронии судьбы, в настоящее время мы лучше знаем количество нейтрино и μ -нейтрино, основываясь на только что открытом тепловом излучении, чем количество «обыкновенных» протонов и нейтронов. Если основная масса Вселенной заключена в μ -нейтрино, то общее число барионов в десятки раз меньше.

$\bar{B} \rightarrow A$ — такое обращение часто называют обращением времени; стрелки показывают, что направление движения каждой частицы — ее скорость и импульс — изменено на обратное). Теоретические открытия Ли, Янга, Ландау и других теоретиков (1956 г.), подтвержденные рядом блестящих экспериментальных работ, показали, что в некоторых процессах (например, при β -распаде) не соблюдаются Р- и С-симметрии по отдельности: соблюдается так называемая РС-симметрия, то есть процесс, наблюдаемый в зеркале, может происходить только с античастицами (но не частицами).

Так, в опыте Гарвина, Ледермана и Вайнриха остановившийся μ^+ -мезон, распадаясь на позитроны, испускает их преимущественно в одном направлении в соответствии с направлением своего «внутреннего» вращения. Но при зеркальном отражении (физики обычно имеют в виду отражение в трех взаимно перпендикулярных зеркалах) направление вращения остается неизменным, а направление испускания позитронов меняет свой знак на обратный, то есть становится таким же, как направление испускания электронов при распаде μ -мезона с тем же направлением внутреннего вращения. Аналогичная ситуация обнаружена и в опыте американской исследовательницы Ву по распаду ядер кобальта, поляризованных в магнитном поле.

Эти открытия не поколебали Т-симметрию. Удар ей нанесло удивительное открытие американских физиков Кристенсона, Кронина, Фитча и Тёрли, которые наблюдали распад долгоживущего нейтрального K_2 -мезона на два π -мезона (1964 г.). Вероятность этого процесса очень мала, в 250 тыс. раз меньше, чем вероятность аналогичного процесса для короткоживущего K_1 -мезона, и его долго не удавалось наблюдать. Почему же из этого малозаметного эффекта следуют такие важные следствия?

Как известно, в оптике интенсивность света определяется квадратом амплитуды световой волны, причем в ряде интерференционных эффектов имеет место сложение именно амплитуд, а не их квадратов. Квантовая механика распространила принцип интерференции на механические явления. Ярким примером принципа интерференции явилась созданная Гелл-Манном и Пайсом теория нейтральных К-мезонов. Наблюдаемые состояния К-мезонов рассматриваются как интерференция K^0 -мезона и его античастицы. Если справедлива Т-симметрия, то фазы этой интерференции могут или совпадать, или быть противоположными. Наглядный пример — два велосипедиста на круго-

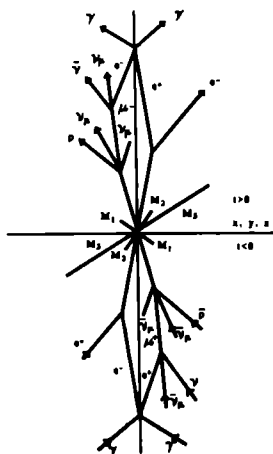
вом треке двигаются с равной скоростью; ни один из них не обгоняет другого, имеется Т-симметрия, если они находятся в одной точке трека или в противоположных.

Интерференция распространяется, по Гелл-Манну и Пайсу, на все типы распада К-мезонов. Если в одном из типов К-мезонов (K_2 -мезон) фазы этой интерференции точно совпадают, а в другом (K_1 -мезон) точно противоположны, то в первом случае оказывается полностью запрещенным распад на два π -мезона, во втором случае этот распад полностью разрешен (вычитание и сложение амплитуд).

Найденный на опыте распад K_2 -мезона на два π -мезона показал, что точного вычитания амплитуд не происходит, то есть фазы точно не совпадают. Это означает, что состояния частицы и античастицы как бы сдвинуты относительно друг друга во времени, то есть происходит нарушение Т-симметрии и С-симметрии, сохраняется лишь комбинированная ТС-симметрия. (Один из двух велосипедистов обгоняет другого. Если мы изменим направление движения, то относительное расположение велосипедистов сохранится только в том случае, если их одновременно поменять местами — ТС-симметрия.) Объединяя этот факт с нарушением С- и Р-симметрии, физики считают, что универсальная симметрия, относящаяся ко всем физическим процессам, есть «сверхкомбинированная» СРТ-симметрия.

Теория расширяющейся Вселенной дает естественную реализацию этой сверхкомбинированной симметрии — мы можем предположить, что состояния Вселенной до момента бесконечной плотности точно копируют состояние после этого момента с заменой частиц на античастицы и с заменой всех пространственных конфигураций частиц на зеркально отраженные в «начале» координат. Такая картина дает непротиворечивый ответ на первый вопрос нашей статьи — о состоянии Вселенной до момента максимальной плотности. Состояние при $t=0$ следует предполагать нейтральным. Это и есть наша основная гипотеза о космической СРТ-симметрии Вселенной.

На рисунке схематически изображена картина превращений элементарных частиц. Буквой М изображены гипотетические нейтральные частицы (введенные в рассмотрение советским ученым Марковым), обладающие массой порядка «гравитационной единицы массы» $m_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ г. Марков назвал такие частицы «максимонами». На рисунке показано, как античастицы, существовавшие до момента бесконечной плотности, при сжатии Вселенной сливаются в нейтральные макси-



моны (например, антипротон сливается с тремя антимюонами: $\bar{p} + \bar{\mu}^+ + \bar{\nu}_\mu + \bar{\nu}_\mu \rightarrow M$), а после момента максимальной плотности максимоны распадаются на протоны и мюоны: $M \rightarrow p + \mu^- + \nu_\mu + \nu_\mu$. То, что происходит в момент бесконечной плотности, на рисунке изображается лишь условно. Да, сказать по правде и по существу, мы мало что понимаем в подобных процессах. Следуя английскому ученому Милну, будем считать, что в этот момент максимоны каким-то образом проходят друг через друга, не взаимодействуя (подобно марсианину и землянину в фантастическом рассказе Рэя Бредбери).

Милн не считал, что рассматриваемое им отражение меняет частицы на античастицы, но после экспериментов, показавших отсутствие сохранения симметрии при простом отражении, такая замена (C-отражение) обязательна. Пространственное расположение частиц, как видно на рисунке, испытывает зеркальное отражение — P-отражение. В «отраженном» мире при $t < 0$, все процессы идут в «обратном порядке», по сравнению с $t > 0$ — это T-отражение. В целом получается сверхкомбинированное CPT-отражение. Подразумевается, что это обращение течения физических процессов носит точный, абсолютный характер и распространяется на все процессы: распаду частиц соответствует обратный процесс слияния, или синтеза, тепло переходит от более холодного тела к бо-

лее горячему, старики становятся моложе и т. д. Но обитатели «отраженного» мира (состоящие, к слову сказать, из антивещества и имеющие сердце с правой стороны) принципиально не могут заметить всех этих беспорядков. Фактически ОНИ — это МЫ (или МЫ — это ОНИ), так как с точностью до условного определения знака времени, условного отличия правого от левого и условного отличия вещества от антивещества отраженный мир не отличается от нашего.

«Удвоение» физической реальности, которое при этом имеет место, должно пугать нас не больше, чем «удвоение» числа людей в комнате, когда в нее вносится зеркало.

Как же возникает различное распределение частиц и античастиц по сортам при расширении мира? Точного конкретного ответа на этот вопрос автор не может указать, но он считает, что дело в нарушении T-симметрии и CP-симметрии (просто комбинированной, а не сверхкомбинированной) при превращениях частиц большой массы. По существующим представлениям, нарушение T- и CP-симметрии в распадах и реакциях элементарных частиц приводит к различным вероятностям образования частиц и античастиц при нейтральности исходного материала. Но одно это еще не привело бы к несимметрии в числе барионов и антибарионов, если не ввести в виде мюонов другого «хранилища» барионного заряда (в нашей терминологии — комбинированного заряда) и, тем самым, ввести возможность нарушения закона сохранения барионного заряда. Таким образом, наша гипотеза заключается в следующем. Предположено, что все влияния и тела до момента максимальной плотности являются точной зеркальной копией явлений и тел после этого момента, с заменой частиц на античастицы и с заменой направления течения процессов («CPT-симметрия Вселенной»). При этом в момент максимальной плотности все частицы точно нейтральны, а возникновение барионной асимметрии Вселенной связано с тем, что процессы распада частиц и античастиц несколько различны (нарушение CP-инвариантности). Кроме того, барионный заряд по гипотезе автора не есть точно сохраняющаяся величина (один барион может превращаться в три мюона).

Мы назвали эту статью «Симметрия Вселенной» в силу естественной слабости автора к своей гипотезе. Но даже если конкретно данная гипотеза и не верна, это заглавие должно привлечь внимание читателя к важности раскрытия явных и тайных законов симметрии окружающего нас мира.

"Неположенные" вопросы - отвага или безумие?

А. Д. Линде,

доктор физико-математических наук
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР
Москва

В КАЖДОЙ КУЛЬТУРЕ, науке, стране есть вопросы, само обсуждение которых в определенные эпохи представляется неуместным: существование Бога, правильность линии партии, четырехмерность пространства-времени и т. д. Одной из основных особенностей А. Д. Сахарова, проявившейся одинаково ярко как в его политической деятельности, так и в научной работе, было отсутствие страха поставить вопрос, обсуждать который по какой-то причине «не полагалось».

В конце 60-х годов основное здание космологии казалось уже почти построенным. Теория горячей Вселенной торжествовала. Все верили, что Вселенная, как огненный шар, возникла из сингулярности примерно 10—15 млрд лет назад и затем расширялась, постепенно остывая. Всего несколько вопросов слегка омрачали спокойствие космологов: что было до возникновения Вселенной? Почему в ней нет антивещества? Почему она такая однородная в больших масштабах? Как могло получиться, что ее разные части начали расширяться одновременно, если не было никакой физической возможности синхронизировать этот процесс? Однако всё эти вопросы выглядели метафизическими, и на них были заранее заготовлены ответы, которые, как анальгин, не лечили, но снимали боль. Говорилось, что решения уравнения Эйнштейна нельзя продолжить за сингулярность и поэтому пытаться понять, что происходило до возникновения Вселенной, бессмысленно. Обсуждать остальные вопросы считалось столь же неуместным, так как они относились к начальным условиям во Вселенной. Например, для объяснения существующего избытка вещества над антивеществом (барионов над антибарионами) было достаточно, чтобы при температурах, превышающих массу протона (~1 ГэВ), т. е. на самых ранних стадиях эволюции Вселенной, относительный избыток

составлял всего 10^{-9} . При охлаждении Вселенной барионы и антибарионы аннигилировали, а начальная незначительная асимметрия между ними и послужила источником всего вещества во Вселенной, оставшегося после аннигиляции.

Что, казалось бы, плохого в такой идее? Конечно, представлялось несколько странным, что исходная асимметрия равнялась не 0,5 или, скажем, 0,1, а 10^{-9} , но, успокаивали себя космологи, уж так сложилось с самого начала, Вселенная одна, и бессмысленно обсуждать, почему этот избыток был столь малым. Просто Вселенная так устроена. Нет смысла выяснять также, почему она однородна и изотропна, почему параллельные линии не пересекаются, почему полная энтропия Вселенной превышает 10^{87} ...

Первую брешь в хладнокровии физиков по отношению к подобным «метафизическим» вопросам пробила работа Сахарова 1967 г.¹ В ней было показано, что асимметрию вещества и антивещества можно объяснить, если допустить, что на ранних стадиях эволюции Вселенной происходили неравновесные процессы с нарушением СР-инвариантности (и С-инвариантности), а также закона сохранения барионного заряда.

В 1967 г. идея о том, что барионный заряд может не сохраняться, казалась неправдоподобной, и выдвигать подобные идеи, чтобы избавиться от «маленького несовершенства» мира, представлялось нецелесообразным. В течение многих лет единственным продолжением идеи Сахарова оставалась интересная работа В. А. Кузьмина, написанная три года спустя². Только в 1976 г., когда были предложены единые теории слабых, сильных и электромагнитных взаимодействий³, стало ясно, что барионный заряд действительно может не сохраняться, а наша прежняя уверенность в стабильности протона не имела под собой достаточных оснований.

¹ Сахаров А. Д. // Письма в ЖЭТФ. 1967. Т. 5. С. 32.
² Кузьмин В. А. // Письма в ЖЭТФ. 1970. Т. 12. С. 335.

В том году Андрей Дмитриевич сделал доклад на семинаре теоретдела ФИАН о работе Й. С. Пати и А. Салама, в которой формулировался первый вариант единой теории слабых, сильных и электромагнитных взаимодействий. Во время доклада он говорил и о том, что в рамках подобных теорий вполне можно реализовать сценарий генерации барионов, предложенный в его работе 1967 г. Все это показалось, пожалуй, любопытным, но никто не бросил свои дела и не стал работать в этом направлении.

Перелом в настроении физиков наступил в 1978—1979 гг., когда появились десятки работ на эту тему. Большинство авторов не знало о статье Сахарова, и, как в дальнейшем выяснилось, многие из этих работ оказались неправильными: их авторы не учли, что, как установил Сахаров, в процессах с несохранением барионного заряда одновременно должна нарушаться СР-инвариантность и они должны быть неравновесными.

К концу 1979 г., после важной работы С. Вайнберга³, черты механизма возникновения барионной асимметрии Вселенной прояснились и многие поняли, что открытие этого механизма — самое важное достижение теории за предшествовавшие 15 лет.

Однако конкретные модели генерации барионной асимметрии оказались довольно сложными, и первоначальный энтузиазм стал слабеть под грузом сомнений: так ли уж это необходимо? Подлинное значение открытия механизма бариосинтеза осознали лишь несколько лет спустя, когда оказалось, что без него, скорее всего, невозможно построить последовательную теорию эволюции Вселенной.

В 1978—1979 гг. выяснилось, что в стандартной теории горячей Вселенной возникают трудности при попытках совместить ее с современной теорией элементарных частиц (проблемы монополей, доменных стенок, гравитино и т. п.). В начале 80-х годов была предложена так называемая теория инфляционной (раздувающейся) Вселенной, позволившая не только избавиться от упомянутых трудностей, но и решить ряд других проблем. Удалось понять, почему Вселенная в больших масштабах однородна и изотропна, а ее разные области начали расширение почти одновременно, почему ее пространственная геометрия близка к евклидовой, а полная энтропия столь велика и т. д. Основным элементом инфляционной теории — чрезвычайно быстрое (во многих моделях — экспоненциальное) расширение Вселенной на самых ранних этапах ее эволюции. Однако на стадии инфляции плотность барионов во

Вселенной уменьшается до ничтожной величины — на десятки порядков меньше ее современного значения. Единственная возможность получить достаточное количество барионов в рамках «инфляционной» космологии — использовать механизм генерации барионов после стадии инфляции.

Сегодня кажется очень трудным, а скорее всего, и просто невозможным построить последовательную космологическую теорию, не включающую в себя что-либо подобное инфляции. Если это так, механизм образования барионной асимметрии Вселенной из интересной теоретической возможности становится совершенно необходимой составной частью современной космологии.

Итак, понадобилось 11 лет (с 1967 по 1978 г.), чтобы оценить важность идеи Сахарова о генерации барионной асимметрии Вселенной и возможности несохранения барионного заряда, и еще почти столько же прошло, пока было осознано истинное ее значение для развития космологической теории. Сходная судьба и у многих других идей Андрея Дмитриевича.

Значительная часть его последующих работ по космологии связана с проблемой сингулярности и «стрелой времени». Мы знаем сейчас, что время «течет» только вперед, энтропия растет и Вселенная расширяется. Не связаны ли эти факты друг с другом? Не может ли время повернуть вспять либо при максимальном расширении Вселенной, либо (что вероятнее) в сингулярности, где пространство-время исчезает и обычные законы физики перестают работать? Почему мы думаем, что наше пространство-время имеет три пространственных измерения (или даже больше, если часть из них «скрыта», как предсказывается в многомерных теориях) и только одно временное. А что будет во Вселенной без временных направлений или там, где есть два или три направления «времени»? Возможно, мы живем как раз в такой Вселенной, но не знаем этого, ибо некоторые временные направления тоже скрыты и мы не можем двигаться вдоль них? Что если наша Вселенная состоит из многих областей, отличающихся друг от друга направлением времени, способом «компактификации» пространства-времени и числом временных координат?

Отвага или безумие — задавать подобные вопросы и надеяться ответить на них? Для Андрея Дмитриевича это не было ни тем, ни другим. Он просто понимал, что такие проблемы существуют, не мог не исследовать их, не пытаться найти им решение. Таким он был и в своей научной работе, и во всех других жизненных проявлениях.

³ Weinberg S. // Phys. Rev. Lett. 1979. Vol. 42. P. 850.

А. Д. Сахаров и индуцированная гравитация*

С. Л. Адлер

Институт высших исследований
Принстон, США

ВСЕ ЧЕТЫРЕ ТИПА фундаментальных физических взаимодействий — электромагнитное, сильное, слабое и гравитационное — описываются так называемыми «калибровочными полями», и их измеримые напряженности (аналоги напряженностей электрического и магнитного полей) не связаны с потенциалами однозначно: потенциалы в различных областях пространства и времени можно изменить, сделав калибровочное преобразование, не меняющее напряженностей полей. Кроме того, для всех четырех сил уравнения движения получаются при варьировании действия, которое строится из калибровочных потенциалов¹.

В случаях электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий в действие входят только безразмерные константы, связывающие различные материальные поля и калибровочные потенциалы. Когда такие теории с безразмерными константами связи квантуются, с тем чтобы учесть и квантово-механические эффекты, получаются перенормируемые теории, т. е. теории, в которых бесконечности, возникающие при вычислениях по теории возмущений, устраняются за счет перенормировки конечного числа масс и зарядов.

Между тем общая теория относительности (ОТО) Эйнштейна выводится из действия, в котором фундаментальная константа связи имеет размерность квадрата массы. Такие теории (с размерными константами) неперенормируемы: при их квантовании и построении ряда теории возмущений по степеням константы связи в высших порядках мы сталкиваемся со все возрастающим чис-

лом различных бесконечных величин, для устранения которых требуется перенормировка бесконечного числа параметров. Эта трудность была известна с 30-х годов и инициировала огромное количество исследований, в которых делались попытки решить проблему последовательного квантования ОТО.

Однако стандартная формулировка «квантования гравитации» предполагает, что гравитационное действие Эйнштейна — Гильберта (пропорциональное кривизне R пространства-времени) является фундаментальным квантовым действием для гравитации. Но так как все гравитационные эксперименты относятся к макроскопическим масштабам, экспериментальных оснований для этого предположения нет. Таким образом, прежде чем переходить к квантованию гравитации, нужно ответить на вопрос: является ли эйнштейновская теория фундаментальной или она всего лишь некая эффективная теория поля, описывающая длинноволновый предел (т. е. область низких энергий) более общей теории, выглядящей совершенно иначе в малых масштабах?

Известный пример длинноволновой эффективной теории поля — теория слабых взаимодействий Ферми в современной формулировке. При энергиях, значительно меньших 80 ГэВ (т. е. на расстояниях много больше 10^{-16} см), слабые взаимодействия описываются так называемым четырехфермионным эффективным действием, предложенным первоначально Э. Ферми, в которое входит размерная константа связи, называемая константой Ферми.

Как и должно быть для теории с размерной константой связи, теория Ферми неперенормируема, и многочисленные попытки проквантовать слабые взаимодействия, исходя из действия Ферми, рассматриваемого как фундаментальное, оказались безуспешными. Теперь хорошо известно, что эта теория — всего лишь длинноволновая эффективная теория, а фундаментальной квантовой теорией слабых взаимодействий является перенормируемая калибровочная теория Глэшоу, Салама и Вайнберга; согласно ей слабые взаимодействия обусловлены обменом массивными промежуточными век-

© Адлер С. Л. А. Д. Сахаров и индуцированная гравитация

* А. Д. Сахаров использовал термин «теория нулевого лагранжиана гравитационного поля», что означало отсутствие изначально в теории гравитационного поля. Гравитация индуцируется изменением свойства вакуума в искривленном пространстве-времени. Отсюда возникший позже термин «индуцированная гравитация». — Прим. перев.

¹ В понятии «действия» содержится вся информация об уравнениях теории и явно прослеживаются все свойства инвариантности, которыми обладает данная теория. Читатель, не знакомый с этим понятием, может почти всюду в тексте под «действием» подразумевать уравнения теории. — Прим. перев.

торными бозонами, которые приобретают массы (~ 80 ГэВ) в результате нарушения симметрии за счет механизма, включающего скалярные хиггсовские бозоны. Фундаментальное взаимодействие в этой теории характеризуется безразмерными константами связи промежуточных бозонов и фермионных пар и приводит к перенормируемой квантовой теории. При низких энергиях или в больших масштабах, где промежуточные бозоны непосредственно ненаблюдаемы, единственно значимые физические процессы — те, в которых промежуточный бозон испускается одной фермионной парой и затем поглощается другой. Это эффективное взаимодействие пар фермионов и есть четырехфермионное взаимодействие, предложенное Ферми.

Вернемся к проблеме квантования гравитации. В интересной статье, опубликованной в 1967 г. (до того как была понята суть взаимодействия Ферми), Андрей Сахаров высказал предположение о том, что гравитационное взаимодействие не является фундаментальным, и указал способ получения действия Эйнштейна—Гильберта в низкоэнергетическом пределе². Он исходил из того, что суть гравитации не в существовании кривизны пространства-времени, а в наличии большой «метрической упругости», противодействующей сильному искривлению пространства-времени всюду, за исключением мест, где сконцентрировано, очень много вещества. Как уже отмечалось, уравнения ОТО выводятся из суммарного действия материальных полей (кварков, лептонов, глюонов, промежуточных бозонов и т. д.) и гравитационного действия Эйнштейна—Гильберта, пропорционального произведению кривизны на величину, обратную постоянной тяготения Ньютона. Поскольку эта константа очень мала (гравитационное взаимодействие слабое), обратная величина очень велика; в единицах, используемых в физике элементарных частиц, она равна квадрату массы Планка ($1,3 \cdot 10^{19}$ масс протона). Поскольку действие Эйнштейна—Гильберта пропорционально кривизне, умноженной на очень большое число, то при заметном изменении кривизны действие меняется очень сильно, или, по выражению Сахарова, существует большая «упругость», противодействующая искривлению пространства-времени. Следствия этого хорошо знакомы всем: из-за большой упругости пространства-времени даже такие массивные объекты, как Земля, очень слабо искривляют его.

Поэтому световые лучи около Земли распространяются по законам евклидовой геометрии, из которых и исходит геодезист, проводя съемку местности.

Сахаров предположил, что эта упругость возникает из-за квантовых флуктуаций материальных полей (следуя идеям Я. Б. Зельдовича, относящимся к проблеме космологической постоянной; здесь мы предполагаем, что она в точности равна нулю). В плоском пространстве-времени из-за квантовых флуктуаций материальных полей плотность действия бесконечна, но эта бесконечность устраняется за счет перенормировки. В искривленном же пространстве-времени плотность действия, обусловленная квантовыми флуктуациями, меняется и только отчасти сокращается за счет перенормировки постоянных, вычисленных в плоском пространстве-времени. Остаток представляет собой лоренцев скаляр и (при нулевой космологической постоянной) обращается в нуль, если $R=0$; следовательно, он пропорционален R и имеет тот же вид, что и действие Эйнштейна—Гильберта! Таким образом, Сахаров предложил естественный способ получить действие Эйнштейна—Гильберта как эффективное действие.

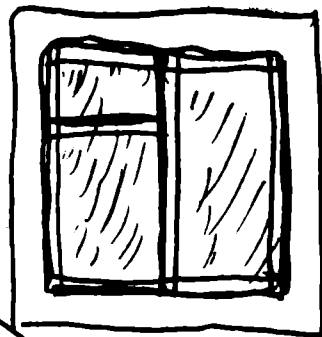
Развивая эти идеи в последующих работах, Сахаров детально показал, что в простейших моделях материальных полей коэффициент пропорциональности в эффективном действии определяется бесконечной суммой по массам квантов флуктуаций (так называемых виртуальных квантов). Далее он постулировал, следуя идее М. А. Маркова, что в единой теории материальных полей эффективно существует максимальная масса виртуального кванта, примерно равная массе Планка. Тогда бесконечная сумма ограничена параметром обрезания, равным планковской массе, и в итоге оказывается равной обратной ньютоновой постоянной³.

Гипотеза Сахарова привлекла внимание физиков с самого начала; с педагогической тщательностью и весьма детально это было описано, например, в книге Ч. Мизнера, К. Торна и Дж. А. Уиллера «Гравитация» (М., 1977). Но только недавно теоретическое понимание материальных полей достигло такой степени, что можно серьезно начать

³ Подход Сахарова прилагался не только к гравитации, но и к другим взаимодействиям. Так, в теории индуцированного электромагнетизма, в которой действие электромагнитного поля связывается с квантовыми флуктуациями электрон-позитронного вакуума, электромагнитная константа связи (постоянная тонкой структуры) зависит от параметра обрезания гораздо слабее, чем в теории тяготения (квантовая электродинамика перенормируема). Это объясняет, почему гравитационное взаимодействие пары электронов в 10^{40} раз слабее их электромагнитного взаимодействия. — Прим. перев.

² Сахаров А. Д. // Докл. АН СССР. 1967. Т. 177. С. 70.

В феврале 1971 г. Сахаров получил приглашение на небольшую, но элитарную конференцию по гравитации и теории поля в Международном центре теоретической физики в Триесте. Его поездка, разумеется, не состоялась, но приглашение сохранилось благодаря тому, что на обороте списка предполагаемых участников со всемирно известными именами обнаружился этот загадочный рисунок А. Д.



анализировать, как реализовать эти идеи. Теперь мы считаем, что электромагнитные, слабые и сильные взаимодействия выделяются из единого взаимодействия в теории Великого объединения при массах, близких к массе Планка, что придает правдоподобность постулату о максимальной массе (чего не было в 1967 г.). Однако существования максимальной массы самого по себе недостаточно, чтобы сделать остаточное сахаровское действие хорошо определенным: массы частиц должны возникнуть в результате спонтанного нарушения масштабной инвариантности. Эта концепция также получила естественное развитие в единых электрослабых теориях, где перенормируемость достигается, только если промежуточные бозоны приобретают массы в результате спонтанного нарушения симметрии (механизм Хиггса). По аналогии с хиггсовскими моделями ряд авторов построили модели скалярных полей в искривленном фоновом пространстве-времени и показали, что когда учитываются все естественные связи, включая связь скалярного поля с кривизной, спонтанное нарушение симметрии в скалярном секторе теории индуцирует гравитационное эффек-

тивное действие, как и предполагал Сахаров⁴.

Чтобы идея индуцированной гравитации полностью решила проблемы квантовой гравитации, нужно ответить на вопрос: каково правильное фундаментальное гравитационное действие? Если учитываются только метрические степени свободы, естественными кандидатами на роль действия, содержащими лишь безразмерные константы связи (а следовательно, перенормируемыми), являются действия, квадратичные по тензору кривизны. Они ведут к уравнениям движения четвертого порядка, для которых в рамках теории возмущений спектр энергии не ограничен снизу. Однако существуют указания на то, что при учете нелинейностей эта проблема решается; исследования в этом направлении продолжаются. Однако, как мне кажется, если индуцированная гравитация в своей основе верна (а я считаю эту идею

⁴ Дальнейший прогресс был связан со сделанным мной выводом о том, что в теориях без скалярного поля и динамическим нарушением масштабной инвариантности действие Эйнштейна — Гильберта получается с вычислимой ньютоновой постоянной. Детальный обзор спонтанного нарушения симметрии и его приложений для индуцированной гравитации можно найти в моей статье (Rev. Mod. Phys. 1982. Vol. 54. N 3. P. 729).

чрезвычайно привлекательной), то фундаментальное гравитационное действие, возможно, включает новые, неметрические степени свободы: в планковских масштабах, видимо, нельзя отделить материю от гравитации, скорее, там существуют новые «предгеометрические» степени свободы, из которых и следует строить единую теорию.

В заключение хотелось бы заметить, что большинство последних работ по квантовой гравитации не связано с индуцированной гравитацией, а использует идею Калуцы—Клейна о существовании скрытых компактных измерений с масштабами порядка 10^{-33} см (величина, обратная планковской массе), которые проявляются только в малости ньютоновой постоянной.

В современном варианте идея Калуцы—Клейна содержится в теории струн,

представляющей собой теорию гравитации без расходимостей, в которой содержится фундаментальное действие Эйнштейна—Гильберта и масштаб компактных измерений служит естественным параметром обрезания, так что обычных проблем неперенормируемости не возникает с самого начала. В теориях такого типа гипотеза Сахарова справедлива в том смысле, что квантовые флуктуации приводят к вычисляемым и в некоторых случаях — важным поправкам к ньютоновой постоянной, входящей в первоначальное действие; но эйнштейновская гравитация не будет более целиком обусловлена квантовыми поправками. Только время покажет, какая из предложенных идей правильна.

©Перевод с английского В. Ф. Муханова

Комментарий

В своей статье С. Л. Адлер подчеркивает, что подход А. Д. Сахарова позволяет рассматривать стандартную теорию гравитации как эффективный низкоэнергетический предел более общей теории. Последняя, как можно надеяться, окажется перенормируемой, т. е. после квантования не будет содержать бесконечностей. Важность этой особенности теории индуцированной гравитации для конструктивного построения непроточивой и работоспособной квантовой теории тяготения не вызывает сомнений.

Однако в более общем плане ценность сахаровских идей видится мне в ином. Любая теория поля имеет два аспекта: активный (влияние поля на физические процессы, в частности на движение в нем частиц) и пассивный (создание самого поля внешними источниками). В ОТО физическое содержание активного аспекта глубочайшим образом раскрыто Эйнштейном: основываясь на принципе эквивалентности, он свел влияние поля тяготения на физические процессы к изменению метрики (искривленности) пространства-времени. В то же время пассивный аспект ОТО трактуется в значительной мере формально: уравнение, определяющее изменение метрики под влиянием вещества, получается обобщением уравнения Пуассона для

ньютоновского потенциала из требований общеквариантности, отсутствия высших производных и т. д. Сказанное относится и к выводу, основанному на выражении для действия гравитационного поля.

Сила сахаровского подхода, на мой взгляд, состоит в том, что он раскрывает физику и пассивного аспекта ОТО, связывая «метрическую упругость вакуума» (другими словами, энергетика метрического поля) с квантовыми флуктуациями вещества в искривленном пространстве-времени. А именно эта энергетика и определяет, как меняется метрика под влиянием вещества. Фактически Сахаров свел пассивный аспект ОТО к активному — для определения метрической упругости достаточно описать влияние поля тяготения (искривленной метрики) на квантовые флуктуации вещества.

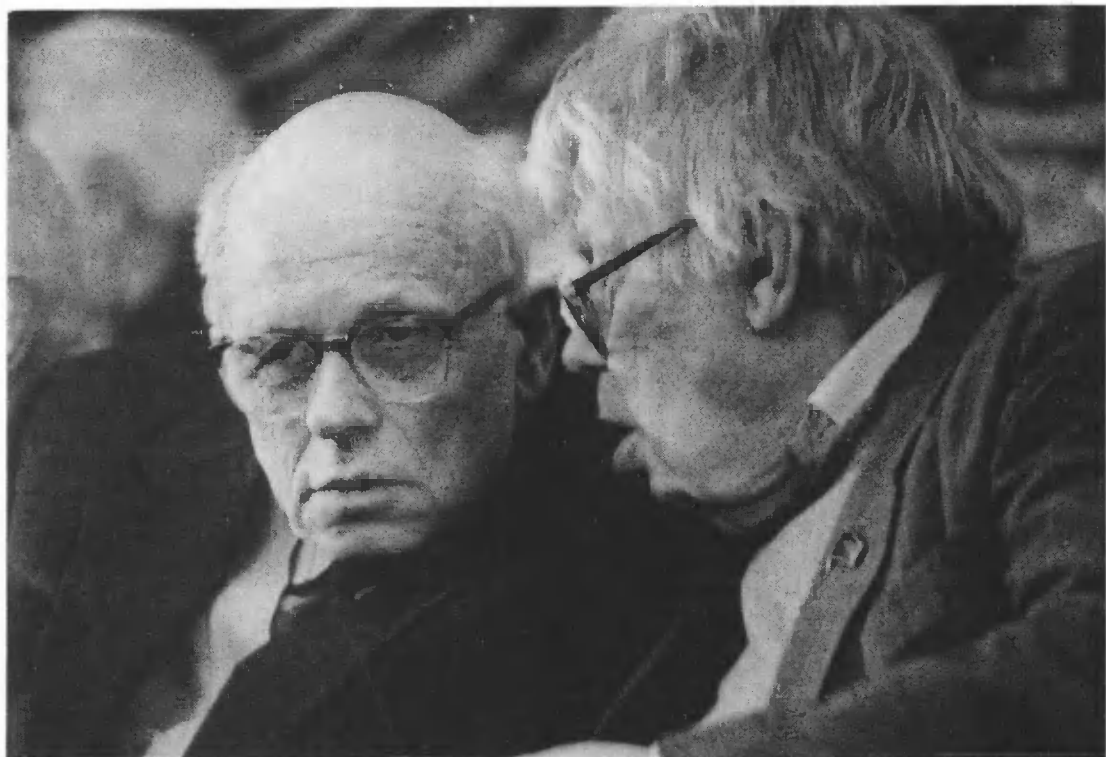
У сил тяготения, рассматриваемых с точки зрения индуцированной гравитации, имеется прямой аналог, известный в физике конденсированных сред, — так называемые силы Казимира. Представим себе два тела (для определенности, металлические), разделенных тонкой пустой щелью. Такие тела будут притягиваться друг к другу тем сильнее, чем меньше расстояние между ними. Природа сил Казимира такова. В отсутствие тел в вакууме имеются колебания электромагнитного

поля (их называют нулевыми), которые, однако, ненаблюдаемы, так как на них настроены нули «правильных» физических приборов. Металлические тела искажают эти колебания (электрическое поле на границе тел должно обращаться в нуль). Соответствующая деформация и будет восприниматься прибором, причем зависит она от ширины щели. Такая же зависимость свойственна и энергии, отвечающей этой деформации и проявляющейся в виде притяжения Казимира. Все сказанное относится и к индуцированной гравитации — тяжелые тела деформируют квантовые флуктуации вещества, что и проявляется в возникновении тяготения. Можно сказать (со всеми необходимыми оговорками), что сила притяжения между Землей и Луной не так уж сильно отличается по своей природе от той силы, которая стягивает идеально отполированные стальные плитки — плитки Иогансона.

Вне зависимости от того, оправдаются или нет надежды, о которых говорилось вначале, идея Андрея Дмитриевича об индуцированной гравитации (быть может, самая глубокая из его идей) должна рассматриваться как дальнейший, по отношению к ОТО, шаг в постижении природы тяготения.

© Член-корреспондент
АН СССР
Д. А. Кирижниц.









Как его не понимали

Б. Л. Альтшулер,

кандидат физико-математических наук
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР
Москва

РЕВОЛЮЦИИ в представлениях о реальности знаменуются приходом гения, идеи которого меняют всю систему общепринятых понятий и, как правило, первоначально не понимаются либо даже встречаются в штыки. Мы были современниками человека, который совершал такие революции в сознании все время, причем добивался трансформации не только сознания, но и самой реальности. В этом я вижу «чудо Сахарова». Именно так я воспринимал деятельность Андрея Дмитриевича последние 20 лет и это свое видение постараюсь обосновать.

И в науке, и в общественной деятельности способ мышления Сахарова был одинаков, но в науке все протекало «бескровней». Исходя из некоторой общей и достаточно бесспорной идеи, он делал конкретные выводы. И вот этот переход — от общего к конкретному и через детали к решению всей проблемы — был почти никому не понятен. Только позже становилось ясно, что он вытекает из общего посыла.

Старая и, быть может, самая любимая космологическая идея Сахарова — гипотеза CPT-симметрии Вселенной: при одновременных замене частиц на античастицы (это преобразование обозначает C), зеркальном отражении P и обращении времени T ничего не должно меняться. Идея очень общая, но из нее следует, что в истории Вселенной был момент, когда все заряды, в том числе и барионный, равнялись нулю. Но почему сейчас мы наблюдаем мир, состоящий только из материи, т. е. с гигантским превышением барионов над антибарионами? Понять это нельзя, если не отказаться от считавшегося абсолютным закона сохранения барионного заряда, т. е. от представления об абсолютной стабильности протона. Вся цепочка рассуждений была очевидна Сахарову еще в 1967 г., но общее признание идея получила лишь через 12 лет, что удивительным образом совпало по времени с депортацией в Горький и, кто знает, может быть, спасло Андрею Дмитриевичу жизнь. (В первые недели после 22 янва-

ря 1980 г. газеты среди прочей брани писали, что Сахаров деградировал как ученый. Весь характер этой яростной кампании заставлял думать, что высылка — лишь первый шаг. В те дни теоретики ФИАНа постарались довести до сведения руководства информацию о широком международном признании пионерского вклада Сахарова в решение проблемы барионной асимметрии Вселенной. На ту же тему независимо было направлено открытое «Обращение в ООН» группы советских правозащитников. Так или иначе, но после того как в начале марта Академия наук США объявила бойкот советской Академии, высочайшим решением Сахаров был «оставлен» в ФИАНе, сотрудникам теоретдела разрешили его посещать в Горьком, на более умеренную сменилась и пропагандистская пластинка.)

Из гипотезы CPT-симметрии Вселенной с необходимостью следует еще один вывод: существование на временной оси точки поворота «стрелы времени». Эта идея пока пребывает в «инкубационной» стадии. Однако для Андрея Дмитриевича ход рассуждений был достаточно однозначен. В основе его тезис, который Сахаров настойчиво отстаивал: «стрела времени» (т. е. направление течения времени) определяется исключительно возрастанием энтропии и ничем иным.

В последние годы мне не раз довелось обсуждать с Андреем Дмитриевичем проблему «стрела времени», и на все мои посягательства («А как же для малых, нестатистических систем, в которых нет понятия энтропии?», «А запаздывающие потенциалы в электродинамике?» и т. п.) он неизменно отвечал примерно так:

«Законы микрофизики инвариантны относительно обращения времени и, значит, не могут выделять определенное направление на оси времени. Второе начало термодинамики — единственный закон физики, содержащий необратимость (увеличение хаоса, энтропии), и, следовательно, только это и определяет «стрелу времени». Разбитая чашка не собирается из кусочков, умерший человек, увы, не оживает просто потому, что эти процессы маловероятны. А если бы в природе не было таких необратимых процессов, не возникло бы и само представление о течении времени в определенном направлении».

Все это, видимо, достаточно просто, но из этой простоты Сахаров делал далеко идущие выводы. Как наблюдаемую барионную асимметрию Вселенной можно совместить с общей гипотезой СРТ-симметрии Вселенной только ценой отказа от закона сохранения барионного заряда, так и объединение этой гипотезы с наблюдаемым необратимым течением времени требует введения представления о точке поворота «стрелы времени». Это и есть момент минимальной, нулевой энтропии Вселенной, момент, в котором нет понятия «раньше» и от которого время течет «в обе стороны» вперед.

Итак, от самых общих идей — к конкретным, нетривиальным выводам и действиям. И во всем, что бы он ни делал, самый высокий профессионализм. В науке, в правозащитной или депутатской деятельности — везде Андрей Дмитриевич честно работал, как говорит, все «доводил до ума». Ему нужно было решение проблемы и только оно. Конструкция должна срабатывать, будь то бомба, пакет предложений по разоружению и правам человека или серия заявлений в защиту конкретного человека.

18 декабря 1989 г., в день похорон Сахарова, я познакомился с активистом польской оппозиции, а с 1989 г. — депутатом сейма Польши З. Ромашевским. Он физик, в 70-е годы работал в ФИАНе, а в 1979 г. пришел к Сахарову домой на ул. Чкалова для установления контактов между польскими и советскими правозащитниками. Пришел без рекомендаций, «с улицы», так что Андрей Дмитриевич не знал, что за человек перед ним. Как Сахаров вышел из положения? Устроил Ромашевскому часовой экзамен по физике. Тот рассказывал, что никогда до той поры не общался с физиком такого уровня, как Сахаров. В результате все стало на свои места. Это — о пользе профессионализма.

И еще о профессионализме и ответственности Андрея Дмитриевича. После моего выступления на Сахаровских чтениях (Горький, январь 1990 г.) А. В. Гапонов-Грехов рассказал мне такой эпизод прошлых лет. В период, когда делались попытки осуществить «косыгинскую» реформу в экономике, в Президиуме АН СССР состоялось неформальное совещание по этим проблемам. Все пришли туда, в основном, просто поболтать, а Сахаров явился с детально раз-

работанным, со статистическими данными проектом экономических преобразований страны. Никуда это, конечно, не попало, и Сахаров хорошо понимал, насколько трудно достучаться до верхов, а тем более убедить их что-то изменить. Но иначе поступить он не мог.

К этой труднейшей задаче — «достучаться и убедить» — он тоже подходил профессионально, как и к любой другой проблеме, и всегда искал конструктивное решение. Наглядный тому пример — его победа в деле запрета ядерных испытаний в трех средах. (Идея Сахарова об исключении из договора спорного и тогда неразрешимого вопроса о «четвертой» среде — речь идет о подземных взрывах — была доложена Н. С. Хрущеву в нужный момент, перед его визитом в ООН в 1962 г.) «Для него непереносимое было сознавать, что какое-то дополнительное число людей — тысячи или десятки тысяч — заболеют онкологическими заболеваниями. Он был очень чувствителен», — вспоминает Ю. Б. Харитон². А для других это было «переносимое», и отнюдь не потому, что все они были черствые люди, просто человек так устроен: его эмоциональная, нравственная сфера откликается, в основном, лишь на то, с чем он сталкивается непосредственно. Кроме того, ведь люди делали огромной важности Дело. Причем же здесь все эти безвестные жертвы ядерных испытаний? В конце концов, в автомобильных катастрофах ежегодно гибнет во много раз больше. Что же, запрещать и автомобили? Это типичный пример несовпадения двух «очевидностей» — общепринятой и сахаровской. Андрей Дмитриевич действительно был уникален в своей способности обостренно реагировать на достаточно абстрактные вещи, а также в чувстве личной, персональной ответственности за все происходящее.

Правозащитная деятельность, какая-то одержимость в борьбе за каждого отдельного человека. Что это, тоже чрезмерная «чувствительность»? Ведь речь шла даже не о тысячах, а о единицах.

По мнению многих, очень многих, солидный академик делал вещи, со всех точек зрения «странные»: часами стоял перед зданиями судов, ездил по стране на процессы, голодал. Все это и многое другое Сахаров делал с какой-то педагогической настойчивостью. Но «перевоспитание» шло трудно.

Как революционные теории Коперника или Эйнштейна вытекали из «очевидной» первичной идеи, так и общественная деятель-

¹ Подробнее об этом см.: «Горячие точки» космологии // Природа. 1989. № 7. С. 17.

² Досье «ЛГ». Январь. 1990.

ность (а вернее, жизнь) Сахарова была основана, я бы сказал, на двух простых принципах:

абсолютная нравственная оправданность каждого действия; оправданность с самой простой, общечеловеческой, не искаженной никакими «идеями» точки зрения; необходимость победы — хотя бы в малом; достижение положительного результата путем сосредоточения максимального усилия на минимальной «площади», в пределе — в точке.

Сами по себе эти принципы кажутся совсем простыми. Нетривиальными являются их следствия — те для Сахарова абсолютно ясные и необходимые выводы и, главное, действия, которые многим представлялись и наивными, и нелепыми, а зачастую вызывали раздражение.

И в самые тяжелые времена Андрей Дмитриевич всегда продолжал заниматься физикой; он, видимо, вообще обладал способностью думать сразу о нескольких вещах.

В 1980 г. Сахаров публикует в «Журнале экспериментальной и теоретической физики» (ЖЭТФ) три работы: «Космологические модели Вселенной с поворотом «стрелы времени», «Массовая формула для мезонов и барионов» и «Оценка постоянной взаимодействия кварков с глюонным полем». В отчете за 1981 г., направленном в отдел теоретической физики ФИАН из Горького, он подробно излагает основные идеи новой работы, опубликованной затем в ЖЭТФ в 1982 г. под названием «Многолистные модели Вселенной». Речь идет о моделях осциллирующей Вселенной, каждый цикл которой Сахаров называет «листом». Отчет заканчивается словами: «Работа еще не оформлена и не вполне закончена. Предполагаю сделать это в ближайшее время. Надеюсь также, что решение волнующего меня вопроса о судьбе невестки даст мне возможность в ближайшее время вновь возобновить научное общение с моими коллегами из теор. отдела ФИАН». С уважением А. Д. Сахаров».

Отчет датирован 16 ноября 1981 г., непосредственно перед началом голодовки. Все, как всегда, точно рассчитано: написан отчет, можно приступать к решению другой проблемы. А то, что это связано с риском для жизни, что эти дни могут быть последними — это уже дело второе. Главное, положительный конечный результат. «Важно идти в правильном направлении, а когда

упадешь — это неважно». Понять эту фразу — значит во многом понять Сахарова.

В мае 1982 г. жена Андрея Дмитриевича Елена Георгиевна Боннэр привезла мне от него письмо. Той весной на меня и мою семью свалились неприятности, которые, в принципе, давно должны были произойти. И Андрей Дмитриевич на это откликнулся. Опуская личную часть письма, приведу его вторую, «научную» половину:

«А что касается науки, то сейчас (как, впрочем, и всегда) — необычайно интересные времена. «Блажен, кто посетил сей мир...» Соединение супергравитации с GUT, составные модели кварков, лептонов и глюонов, бум в космологии... Относительно космологических идей экспоненциальной начальной фазы. (С усовершенствованием Линде или без него.) Я пока отношусь к ним настороженно (может — старость?). Мне непонятно, как начиная с гигантской космологической постоянной, получить в современном вакууме ноль. И главное — мне не хочется отказываться от многолистной модели. Ну, ладно, подождем. Будущее покажет, кто прав, покажет всем нам и многое другое. К счастью, будущее непредсказуемо (а также — в силу квантовых эффектов) — и не определено.

С наилучшими пожеланиями. А. С.»
10. V. 1982.

Поясню кое-что. Супергравитация — обобщение теории гравитации, основанное на группе преобразований суперсимметрии. Эти преобразования «перемешивают» части-

Письмо П. Л. Капицы Л. И. Брежневу*

ПИСЬМО П. Л. КАПИЦЫ
Л. И. БРЕЖНЕВУ*

4 декабря 1981 г.

Глубокоуважаемый Леонид Ильич!

Я уже очень старый человек, и жизнь научила меня, что великодушные поступки никогда не забываются.

Сберегите Сахарова. Да, у него большие недостатки и трудный характер, но он великий ученый нашей страны.

С уважением

П. Л. Капица

* Письмо написано в связи с отказом правительства на выезд за границу Е. Алексеевой (невесты сына А. Д. Сахарова), после чего Сахаров объявил голодовку, и состояние его здоровья в те дни было критическим. Письмо П. Л. Капицы было отвезено его помощником П. Е. Рубинным в экспедицию ЦК КПСС и в тот же день попало Л. И. Брежневу. — Прим. ред.

³ Он вынужден был отказаться от контактов с коллегами на полтора года, понимая, что сам факт их визитов активно используется властями против него.

цы целого и полуцелого спина, т. е. частицы, подчиняющиеся статистике Бозе — Эйнштейна и Ферми — Дирака.⁴

GUT (Great Unification Theory) — Теория великого объединения слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий, в рамках которой естественно возникает нестабильность протона, т. е. получает поддержку сахаровская гипотеза 1967 г. о распаде барионов. «Космологическая идея экспоненциальной начальной фазы» — так называемые модели с инфляцией, о которых много написано в популярной литературе. Проблема обращения в нуль (зануления) энергии вакуума, т. е. космологической постоянной, — одна из центральных нерешенных проблем современной теоретической физики.

«К счастью, будущее непредсказуемо (а также — в силу квантовых эффектов) — и не определено». Думаю, в этих словах не просто констатация вероятностного характера законов квантовой теории. Будущее и в истории, и в личной судьбе не только непредсказуемо, но в каждый данный момент просто не существует, возможны разные сценарии, в том числе с прямо противоположными результатами. И результат может зависеть от личных усилий, действия (или бездействия) сейчас. С этим чувством ответственности, невозможности «пустить на самотек» жил Сахаров.

«Будущее покажет, кто прав, покажет всем нам и многое другое». Конечно, хотелось бы знать, что имел в виду Андрей Дмитриевич. Но, вообще говоря, он не любил гаданий. Как-то в 1977 г. после ареста большинства членов московской хельсинкской группы я, встретившись с Сахаровым в ФИАНе, спросил: «Что будет?», на что он ответил: «Важно то, что уже произошло». Андрей Дмитриевич был реалистом и при принятии решений старался опираться на факты. А то, что еще должно случиться, само, вообще говоря, зависит от этих решений. И тут не дай бог ошибиться. Эта непростая проблема выбора неведома тем, кто не ставил перед собой таких задач, какие ставил Сахаров. Приходилось принимать решения в труднейших, внутренне противоречивых ситуациях. И чтобы не заблудиться, сделать верный шаг, нужна была интуиция, некоторые интуитивно осознаваемые бесспорные общие принципы.

Трагедия одного человека. С простой, житейской точки зрения это вызывает сочувствие и желание помочь гораздо больше, чем информация о миллионных жертвах террора. Вся правозащитная деятельность возникла в результате такого движения души и в качестве основной практической задачи ставила помощь конкретным людям. Но почему спасение одного человека должно иметь какие-то глобальные политические, идеологические, геостратегические последствия? Почему правозащитная деятельность оказалась столь эффективной? И все снова гениально просто: система, истребившая миллионы сограждан, вся состоявшая из запретов, автоматически срабатывающих механизмов подавления, не умеет, не может уступать ни в чем. Нет в ней таких обратных связей. Добиться даже самой малой уступки можно, только подключив к решению сугубо частного вопроса высший политический механизм, может быть, даже первого человека государства. А при нашей централизации нестандартный поступок высшего руководства каким-то почти иррациональным образом влияет на систему в целом, нарушая ее незыблемые идеологические и организационные структуры.

Совсем недавно один уже немолодой и хорошо знавший Андрея Дмитриевича ученый сказал мне, что все-таки не знает, чего же достигло правозащитное движение в СССР (и Сахаров в том числе). Ну, спасли несколько человек, но глобальных проблем это ведь не решило. В этом мнении (кстати, весьма распространенном) полное непонимание Сахарова, его общественной, а главное, нравственной позиции. Древняя мудрость «Убивший человека, убивает Вселенную, спасший человека, спасает Вселенную» для моего собеседника просто не существовала, как, впрочем, и для подавляющего большинства людей, сформировавшихся в послереволюционные годы. А сколько раз я слышал от Андрея Дмитриевича произносимое тихо и вроде бы неуверенно, но на самом деле так, будто он краеугольный камень закладывает: «Жизнь я ему, наверное, все-таки спас».

Понимал он и возможность обратного влияния «малого» на «большое». И в этом направлении работал все последние 20 лет. Ведь каждый такой нестандартный случай — это то самое «облачко», предвестник новой реальности, аналогично двум известным «облачкам» на ясном небе классической физики — опыту Майкельсона и проблеме излучения абсолютно черного тела, из которых

⁴ Пионер этого направления доктор физико-математических наук Ю. А. Гольфанд был восстановлен на работе в ФИАНе в марте 1980 г. тем же высоким решением, которое оставило Сахарова работать в этом институте. Произошло это в результате широкой кампании протестов зарубежных ученых.



Перед зданием суда, где проходил процесс по делу Ю. Ф. Орлова. Москва, май 1978 г.

потом возникли теория относительности и квантовая механика. «Существование Сахарова и Солженицына — это нарушение закона сохранения энергии», — говорили в начале 70-х годов московские физики. Именно так, как нечто абсолютно невозможное, не укладывающееся в голову, да и бессмысленное, воспринималась диссидентская деятельность. И такое отношение оставалось типичным до перестройки.

Все-таки для подавляющего большинства людей революции в физике находятся вне их поля зрения. Об этих революциях с восхищением говорят специалисты, со временем они проявляются в виде прекрасных (или ужасных) технических достижений, но без некоторого багажа специальных знаний понять эти грандиозные перемены невозможно. Другое дело, нравственность, межчеловеческие отношения, где почти каждый понимает, о чем речь, и вообще полагает, что все понимает. Да и в политике каждый считает себя специалистом. И вот в этих общедоступных областях Сахаров и небольшая группа других правозащитников постоянно делают нечто революционное, вместе с тем, казалось бы, абсолютно самоочевидное.

У Кайсына Кулиева есть строчки: «Легко любить все человечество, соседа полюбить сумей-ка». Андрей Дмитриевич вспоминал, что Елена Георгиевна не раз цитировала ему эти слова. Помощь конкретным людям. Сахаров много писал о том влиянии, которое в этом плане оказала на него Елена Георгиевна. Но было это в нем, конечно, и изначально.

Род Сахаровых — несколько поколений сельских священников. Его дед, известный московский юрист Иван Николаевич Сахаров, был в начале века редактором сборника «Против смертной казни». Прадед Николай Иванович Сахаров (1837—1911) 20 лет служил протоиереем в с. Выездное (теперь район Арзамаса), а потом почти 40 лет в Нижнем Новгороде. Вот как вспоминает о Николае Ивановиче его дочь Надежда Николаевна Райковская, младшая сестра Ивана Николаевича (она была четвертым ребенком, дед Андрея Дмитриевича — вторым, а всего в семье было 10 детей): «Он был и оставался до конца своих дней очень добродушным и скромным человеком. В его молитвеннике, который он всегда носил с собой в кармане, была надпись на первой странице: «Никого не оскорбляй». Как понимаю, это значило — не делай никому скорби, горя. (...) Сам был простой и предпочитал простоту. (...) Хоронили его удивительно и как-то особенно хорошо. У него, этого немудреного старика, было много духовных детей, за несколько



лет перед тем нижегородское и пригородное духовенство выбрало его духовником...»⁵

Читаю эти строки и узнаю Андрея Дмитриевича с его сильнейшим иммунитетом против «гордости», «идей», которые ставятся выше человеческих прав и потребностей, в сущности, выше жизни. И никогда в нем не было не то что гордыни, даже проблеска тщеславного чувства от сознания того, какое исключительное положение занимает он в нашем мире. Но было сознание ответственности и значительности своих слов и действий. «Получилось так, что мое имя не принадлежит только мне, и я должен это учитывать», — сказал он как-то в середине 70-х годов, сказал, просто констатируя объективную реальность.

2 июля 1983 г., как раз накануне публикации в «Известиях» небезызвестного письма четырех академиков (реакция на письмо Сахарова С. Дреллу), я получил от Сахарова письмо. Вот выдержка из него:

«...Что касается компактификации, то эта надежда стала теперь безумно модной. (...) У меня возникла мысль, что, возможно, радиус компактификации устанавливается на некотором постоянном значении с учетом квантовых эффектов, подобно радиусу атома водорода. Как решается проблема Λ -члена, я, конечно, не знаю (суперсимметрия?)...»

В письме речь идет о единых геометрических моделях, в которых пространство-время не четырехмерно, а имеет большее число измерений. Но «лишние» измерения не наблюдаются. Противоречия с опытом не возникает в том случае, если пространство в этих дополнительных направлениях замкнуто (компактифицировано) в сферы очень малого радиуса. Чем фиксируется радиус компактификации? На этот вопрос теория пока не дает ответа. Андрей Дмитриевич выдвигает интересную идею (насколько мне известно, пока никем не реализованную) применить к задаче законы квантовой теории, т. е. рассматривать все в рамках квантовой космологии. В конце письма — о здоровье, о безысходности ситуации: «А могло бы быть иначе, быть может». Получилось же все ужасно. Особенно после появления в журнале «Смена» глав из книги Н. Н. Яковлева. И дальше все хуже и хуже...

С того момента, как Сахаров начал заниматься общественной деятельностью, его пытались заставить замолчать. Но почему сразу не поставили «к стенке» и его, и всю правозащитную кампанию? В этом, видимо, и состояло «нарушение закона сохранения энергии», о котором шептались физики, не понимая того, что понимал Сахаров — что государственный монолит со временем все-таки подгнил, что течение всего процесса может зависеть и от личной инициативы, поступка отдельного человека.

⁵ Из семейного архива Е. Р. и Г. Р. Галинских.



А. Д. Сахаров и Е. Г. Боннер накануне Нового, 1984 года. Горький.

«На лике каменном державы,
Вперед идущей без заминки
Крутой дорогой гордой славы,
Есть незаметные Щербинки».

(А. Д. Сахаров; Горький, микрорайон Щербинки.)

«25—27 мая применялся наиболее мучительный и унижительный, варварский способ. Меня опять валили на спину на кровать, привязывали руки и ноги. На нос надевали тугую зажим, так что дышать я мог только через рот... Чтобы я не мог выплюнуть питательную смесь, рот мне зажимали, пока я ее не проглочу. Все же мне часто удавалось выплюнуть смесь, но это только затягивало пытку»⁶.

Что это — нелепая одержимость или осмысленная борьба с совершенно реальной, отнюдь не сказочной «нечистой силой»? В таких делах решает уже не разум, а какое-то шестое чувство, высшее знание.

Существует еще такое мнение: вот он голодал, бился лбом о стенку, а потом пришел М. С. Горбачев, началась пере-

стройка, и все разрешилось само собой. Психологическая подоплека таких рассуждений вполне понятна. Это позиция «маленького человека», уверенного, что от него ничего не зависит. Будущие историки, быть может, еще объяснят, как случилось, что начались все эти невероятные и спасительные преобразования, называемые «перестройкой». Я же все время пытаюсь доказать, что Сахаров не только предвосхищал события, но и творил новую реальность. Наверное, именно поэтому почти всегда первая реакция на его заявления или действия была такой: «Сахаров не считается с реальностью». Даже многие сочувствующие и думающие люди очень часто считали — рано. Так было, например, по отношению к его предложению о 50 %-ном сокращении армии (на заседании форума «За безъядерный мир, за выживание человечества» в феврале 1987 г.), призывам к отмене шестой статьи Конституции (июнь 1989 г.), к проведению политической забастовки (декабрь 1989 г.) и т. п. Но Сахаров знал, что не «рано», и взрывал ситуацию, и заставлял работать мысль, борясь со стереотипами.

Кстати, он умел рассчитывать время.

⁶ Из письма президенту АН СССР А. П. Александрову. 15 октября 1984 г. // Знамя. 1990. № 2. С. 5.

Я не помню его торопящимся, волнуемым, что опаздывает. Просто в нужный момент он прекращал разговор и, извинившись, начинал уходить. Он умел предвидеть и в повседневной жизни, и в более серьезных делах. Без труда оценивал всю ситуацию в целом, всех участников и многочисленные влияющие факторы, что, в сущности, и объясняет столь высокую эффективность его действий. Так же и в науке. Его коллеги вспоминают, что, подумав несколько минут, он мог начертить график, который потом рассчитывали несколько месяцев, или сразу называл результаты весьма длинных вычислений. Словом, думать ему было легко.

В апреле 1984 г., накануне трагической майской голодовки, Сахаров направляет в ЖЭТФ фундаментальную работу «Космологические переходы с изменением сигнатуры метрики», опубликованную в августе того же года. Об этой работе следует сказать особо. Главная ее идея — возможность существования дополнительных, не только пространственных, но и временных, измерений, а также областей в пространстве-времени с различным числом «времен». В 80-е годы возникло несколько новых направлений в физике, которые Сахаров считал истинно революционными. Речь идет о теории струн (или суперструн) — единой теории всех взаимодействий, включая гравитацию. Это также возрождение старой (60-летней давности) идеи Калуцы и Клейна о возможности существования дополнительных, хотя и очень малых по размеру, измерений. Авторы многочисленных работ по единым геометрическим моделям такого рода всегда вводили только «лишние» пространственные измерения, а время оставляли одно — наше, всем привычное. Сахаров предположил, что дополнительные компактифицированные измерения могут быть также и времениподобными. В последующие годы все чаще рассматриваются модели такого типа, и число ссылок на эту статью Сахарова возрастает.

Количество «времен» (временных координат) Сахаров в этой статье называет «сигнатурой» и обозначает σ . В наблюдаемой нами Вселенной $\sigma=1$, но он предполагает существование и областей чисто пространственных, в которых вообще нет времени: $\sigma=0$; для них Сахаров вводит специальные обозначения:

«Области пространственно-временного континуума с $\sigma=1$ условимся обозначать буквой U — от слова *Universe*; чисто пространственные области с $\sigma=0$ обозначаем P — от имени древнегреческого философа Парменида, рассуждавшего о мире без движения (у Пушкина: «Движенья

нет сказал мудрец брадатый...»)). Андрей Дмитриевич любил цитировать стихи.

Между областями с разной сигнатурой возможны квантовые переходы, т. е. не описываемые классическими уравнениями гравитационного поля туннельные переходы с изменением числа временных координат. В квантовой теории любая динамическая величина флуктуирует. В квантовой гравитации такой величиной является метрический тензор, описывающий, согласно Эйнштейну, и гравитационное поле, и геометрию пространства-времени. Если флуктуации метрики малы, имеем достаточно точно определенное пространство-время, то самое, в котором живем. Если же они не малы, возможны изменения как сигнатуры, так и топологии риманова многообразия, образование множества иных вселенных, вообще говоря, отличных от нашей. Представьте себе комнату, наполненную мыльными пузырями («вселенными»), часть которых связана тонкими соединительными трубками, некоторые имеют «ручки», т. е. трубки, начинающиеся и оканчивающиеся на той же «вселенной». Это двумерная аналогия того, что рассматривает квантовая космология в четырех и более измерениях. В квантовой гравитации следует учитывать все возможные конфигурации такого рода. Андрей Дмитриевич предложил рассматривать также туннельные переходы с изменением сигнатуры, т. е. с изменением числа временных координат.

Один из основных параметров Вселенной — энергия вакуума, или космологическая постоянная Λ . В нашей Вселенной Λ очень мала (или равна нулю). Объяснить, почему это так, теория пока не в силах. Есть и другие важные параметры, численные значения которых требуют объяснения. В этом вопросе Сахаров придерживается антропного принципа, его суть он наглядно объясняет во введении к статье:

«В 1950—1970 гг. независимо несколькими авторами была высказана гипотеза, что наряду с наблюдаемой Вселенной существует бесконечное число «других» вселенных; многие из них обладают существенно иными, чем «наша» Вселенная, характеристиками и свойствами; наша Вселенная и похожие на нее вселенные характеризуются такими параметрами, что в них могли возникнуть структуры (атомы, молекулы, звезды и планетные системы и т. д.), обеспечивающие развитие жизни и разума. Эта гипотеза снимает многие вопросы типа — почему мир устроен именно так, а не иначе — с помощью предположения, что есть иначе устроенные миры, но их наблюдение недоступно, во всяком случае, сейчас. Некоторые авторы считают антропный принцип неплототворным и даже не соответствующим научному методу. Я с этим не согласен. Замечу, в частности, что требование применимости фундаментальных за-

конов природы в существенно иных, чем в нашей Вселенной, условиях может иметь эвристическое значение для нахождения этих законов. Еще в 1917 г. П. Эренфест отметил, что число измерений наблюдаемого пространства, равное 3, возможно, объясняется тем, что при ином числе измерений изменяется показатель степени в законе Кулона и невозможно существование атомов; это, конечно, аргументация в духе антропного принципа.

Сахаров настаивает на справедливости антропного принципа, хотя, как всегда, стараясь быть точным и объективным, отмечает, что не все физики с этим согласны. В альтернативном подходе, возникшем в конце 1988 г. и пока еще интенсивно разрабатываемом и популярном (так называемом Big Fix — «большая фиксация», т. е. фиксация значений всех фундаментальных мировых констант), все миры («мыльные пузыри») связаны бесчисленным количеством трубок (кротовых нор⁷) и благодаря этому значения Λ и других фундаментальных констант во всех вселенных одинаковы. Этот подход естественно возникает в рамках квантовой космологии и основан на существовании некоторых точных решений уравнений теории гравитации. Несмотря на привлекательность, этот подход сталкивается с большими трудностями, из которых главная — отсутствие определенного положительного результата; ни для одной фундаментальной константы пока не удалось вывести численного значения. (Первоначальный «бум» возник из-за «предсказания» $\Lambda=0$, но в последующих работах этот результат оспаривается.) Так что Big Fix пока остается мечтой. Андрей Дмитриевич, несмотря на невероятную занятость, был в курсе событий и интересовался этой тематикой.

Но вернемся к его работе 1984 г. Приведу несколько заключительных абзацев:

«Как известно, космологическая постоянная $\Lambda=0$ или аномально мала, причем, что особенно удивительно, не во внутренне симметричном состоянии «ложного» вакуума, а в состоянии «истинного» вакуума с нарушенными симметриями. Малость или равенство нулю Λ — это один из основных факторов, обеспечивающих длительность существования Вселенной, достаточную для развития жизни и разума. Поэтому естественно попытаться привлечь для решения проблемы космологической постоянной антропный принцип.

Если малое значение космологической постоянной определяется «антропологическим отбором», то оно обусловлено дискретными параметрами. При этом Λ либо точно равна нулю в каком-то варианте, либо чрезвычайно мала. В этом последнем случае следует предполагать, что число ва-

риантов набора дискретных параметров достаточно велико, так что спектр значений Λ в окрестности точки $\Lambda=0$ достаточно «плотный». Это, очевидно, требует большого значения размерности K компактифицированного пространства или (и) наличия в некоторых топологических сомножителях сложной топологической структуры (типа большого числа «ручек»).

Заметим в заключение, что в пространстве P (вспомним Парменида. — Б. А.) следует рассматривать бесконечное число U -включений (для всей совокупности траекторий или даже для одной траектории); при этом параметры бесконечного числа из них могут быть сколь угодно близкими к параметрам наблюдаемой Вселенной. Поэтому можно предполагать, что число [вселенных], похожих на нашу Вселенную, в которых возможны структуры, жизнь и разум, — бесконечно. Это не исключает того, что жизнь и разум возможны также в бесконечном числе существенно иных вселенных, образующих конечное или бесконечное число классов, «похожих» вселенных, в том числе, вселенных с иной, чем наша, сигнатурой».

Эта работа была направлена в ЖЭТФ в апреле 1984 г., а уже 11 мая Сахаров насильно ввели препарат, вызвавший у него микроинсульт. И, видимо, все лето вводили психотропные средства. Почти месяц после выхода из больницы (8 сентября) он не мог, не хотел работать, не подходил к письменному столу, не интересовался свежими пресс-принтами. А потом восстановился, но с 16 апреля — опять голодовка до октября 1985 г.

Пропускаю этот год — период, в течение которого о Сахарове почти ничего не было известно. За это время теоретики побывали в Горьком дважды — в ноябре 1984 г. и в феврале 1985 г., что, к сожалению, мало изменило ситуацию. Летом 1985 г. ООН объявила Сахарова «пропавшим без вести». В конце октября 1985 г. — блокада прорвана, Елене Георгиевне наконец разрешили поездку в США на лечение. Полгода Андрей Дмитриевич жил один, а после того, как в июне 1986 г. Елена Георгиевна вернулась в Горький, они снова были вдвоем в условиях почти полной изоляции. И так продолжалось вплоть до знаменитого декабря.

Но это уже не та изоляция. Стала возможной переписка. (Хотя Андрей Дмитриевич потом говорил, что часть его личных писем, в которых он летом 1986 г. писал о Чернобыльской катастрофе, до адресатов не дошла.) За этот период коллеги приезжали к Сахарову четырежды: в декабре 1985 г. и в январе, апреле и мае 1986 г. Андрей Дмитриевич возобновил занятия наукой — в 1986 г. публикует в «Письмах в ЖЭТФ»

⁷ Подробнее об этом см.: «Горячие точки» космологии. С. 15—16.

статью «Испарение черных минидыр и физика высоких энергий», а в январе и марте я получил от него два больших письма:

«...Мне очень радостно, что ты в курсе, в русле великих событий нашего времени — суперструн, Калуцы-Клейна и т. п. Я с очень большим трудом стараюсь войти в курс этих дел — и восприимчивость уже не та, и пробелы в образовании ужасные, и авторы, торопясь «застолбить идею», пишут в расчете на читателя, который сам работает в этой области и знает все, кроме данной статьи. Раньше писали не так (хочется сказать — в наше время — но на самом деле, что такое наше время?). Мне кажется, что работы Полякова по струне и последующие работы Фрадкина и Цейтлина очень важны, но многое по неграмотности мне неясно. Виттен для меня почти недоступен по трудности. Хорошая подборка в августовском номере УФН (6 статей), но даже и тут мне не все ясно, и читать эти статьи легко я не могу, увы...»

Далее следуют весьма специальные формулы — Андрей Дмитриевич излагает идею чисто геометрического способа записи функционала действия для суперструны. Я тогда же показал это письмо Е. С. Фрадкину и А. А. Цейтлину, и, насколько мне известно, дискуссии были продолжены во время визитов теоретиков в Горький.

В конце письма он совершенно в «сахаровском» стиле, «с нуля», излагает возможность описания двумерных поверхностей произвольной топологии (сфер с ручками) с помощью правильных многоугольников на поверхности Лобачевского, противоположные стороны которых зеркально отождествляются.

Фрагмент текста доклада «Барьонная асимметрия Вселенной», прочитанного Сахаровым на Международной конференции по космологии, посвященной 100-летию со дня рождения А. А. Фридмана:

«...В 1965 году (кажется) я прочитал статью С. Окубо, в которой указано, что следствием нарушения CP в принципе может быть неравенство парциальных ширин для частиц и античастиц в многоканальных про-

«Мне кажется, что подобные поверхности могут возникнуть при компактификации... и способствовать (при большом числе ручек) реализации моей идеи об «антропном» занулении космологической постоянной...»

Второе письмо (от 9 марта 1986 г.) написано уже после того, как Елене Георгиевне сделали операцию. Его большая часть — изложение одной идеи спонтанного нарушения CP- (так называемой «комбинированной») и T-инвариантности в модели трех комплексных скалярных полей. Сахаров впоследствии рассказывал о ней в своем докладе «Барьонная асимметрия Вселенной», который сделал на Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А. А. Фридмана и проходившей в Ленинграде в июне 1988 г.

После возвращения в Москву началась очень бурная жизнь, которую трудно было вынести даже чисто физически. Помню, как в феврале 1987 г. он пришел на семинар в ФИАН страшно бледный. Я спросил, что случилось. «Ничего, просто не спал ночь, писал выступление для форума⁸; ночью

⁸ На этом заседании форума «За безъядерный мир, за выживание человечества» Сахаров внес ряд важнейших предложений, главное из которых — необходимость отказа от принципа «пакета», связывавшего прогресс в советско-американских переговорах по ядерному разоружению с американской программой СОИ. Этот «пакет», как известно, блокировал переговоры на высшем уровне в Рейкьявике. Впоследствии идея Сахарова была принята, и ракеты начали уничтожаться.

цессах, при этом полные вероятности совпадают. Потом я написал на экземпляре моей статьи, подаренной Е. Л. Фейнбергу:

Из эффекта С. Окубо
При большой температуре
для Вселенной сшита шуба
по ее косой фигуре.

Я написал на экземпляре моей
статьи Е. Л. Фейнбергу.

Из эффекта С. Окубо
При большой температуре
для Вселенной сшита шуба
по ее косой фигуре.

хорошо, тихо. А днем все равно работать нельзя», — примерно такими словами пояснил Сахаров. «А теперь времени не будет совсем», — констатировал Андрей Дмитриевич в марте 1989 г., когда его выбрали народным депутатом. И он был прав. Но Андрей Дмитриевич не снимал с себя ответственности, не старался облегчить себе жизнь. Он продолжал участвовать в научных конференциях и семинарах, до последнего дня интересовался фундаментальными проблемами физики и не хотел, чтобы общественные нагрузки вытеснили его на обочину науки.

Эти заметки — не хроника. Я пишу о том, как не понимали Сахарова, о том, как его действия и заявления постоянно революционизировали ситуацию, выводя ее из опасного «застоя», разрушая мифы и (как это обычно бывает в таких случаях) вызывая недоумение или возмущение. Рискуя повториться, все же напомним несколько известных фактов такого рода, относящихся к 1989 г. Это — заявление, опубликованное в «Московских новостях», — «В Академии или нигде» (февраль); интервью в Канаде о «Мерах по предотвращению пленения в Афганистане» (февраль); серия заявлений во время летнего турне по странам Западной Европы об опасности субсидирования неперестроившейся советской экономики, о том, что рано впадать в эйфорию, что СССР находится на грани гражданской войны; заявление на второй сессии Верховного Совета СССР о необходимости многопартийности (октябрь); наконец, призыв к двухчасовой политической забастовке (декабрь).

И еще одна иллюстрация того, как Сахарова не понимали и продолжают не понимать и с какой настойчивостью он старался проводить в жизнь то, что считал необходимым. Ключевые слова проблемы: Чернобыль, атомная энергетика, подземное размещение. Еще из Горького летом 1986 г. Андрей Дмитриевич пишет большое письмо президенту АН СССР Г. И. Марчуку, где настаивает, в частности, на радикальном пересмотре всей программы строительства атомных электростанций с целью переориентации ее на подземное размещение реакторов. Основные аргументы Сахарова: вероятность крупных аварий нельзя рассчитывать по теории вероятности, они всегда случаются непредсказуемым образом. Максимальная авария типа Чернобыльской не должна повториться нигде и никогда. В осознании этого — главный урок Чернобыля. Единственная надежная гарантия от «дурака», террориста, от разрушения при землетрясении или вой-

не — подземное размещение реакторов. Андрей Дмитриевич досконально изучил специальную литературу по этой проблеме, хорошо знал все сопутствующие финансовые и технические трудности и продолжал настаивать. А его выступления продолжали не замечать, и он хорошо понимал, почему — слишком много миллиардов уже вложено, и изменение всей программы, очевидно, противоречит ведомственным интересам. «Вопрос о строительстве подземных АЭС может быть решен только на политическом уровне. Специализированные ведомства его в принципе не могут решить», — так объяснял он суть проблемы, и я слышал это от него неоднократно.

Сахаров не выступал против атомной энергетики. Отказ от нее сегодня означал бы еще более опасное отравление атмосферы выбросами обычных электростанций, усиление парникового эффекта и т. п. Он предлагает единственно возможный выход. А времени на разрешение дилеммы «энергетика — загрязнение» остается совсем немного:

«...Пятилетний план по атомной энергетике все равно надо выкинуть в мусорную корзину, правда, это удар по всем тем, кто себя связал работой в атомном энергостроении. Создан задел на будущее, и это многомиллиардные затраты. (...) Я считаю, что должен быть международный закон, запрещающий наземное строительство ядерных реакторов...»⁹ И снова, в который уже раз, «перевоспитание» идет очень трудно. «Революции в сознании» вообще происходят трудно.

Итак, «чудо Сахарова»? Как сам Андрей Дмитриевич все это оценивал?

«Судьба моя была в каком-то смысле исключительной. Не из ложной скромности, а из желания быть точным замечу, что судьба моя оказалась крупнее, чем моя личность. Я лишь старался быть на уровне собственной судьбы.

— А вообще в судьбу вы верите?

Я почти ни во что не верю — кроме какого-то общего ощущения внутреннего смысла хода событий. И хода событий не только в жизни человечества, но и вообще во Вселенском мире. В судьбу как рок я не верю. Я считаю, что будущее непредсказуемо и не определено, оно творится всеми нами — шаг за шагом в нашем бесконечно сложном взаимодействии. Но свобода выбора остается за человеком. Потому и велика роль личности, которую судьба поставила у каких-то ключевых точек истории...»¹⁰.

⁹ Искусство кино. 1989. № 8.

¹⁰ Молодежь Эстонии. 1988. 11 октября.

Вольномыслие



Об Андрее Дмитриевиче Сахарове начали говорить вслух и, главное, дали возможность говорить ему самому лишь несколько лет назад, но его влияние стало сказываться гораздо раньше. Даже те, кто не был знаком с его научными трудами и не читал работ по гуманитарным проблемам, знали, что в стране есть человек, который всегда говорит то, что думает. Одно это меняло людей — больше или меньше, не всегда осознанно, но меняло. Смерть Андрея Дмитриевича заставила многих задуматься и попытаться осмыслить роль, которую он играл в нашей жизни. Но поскольку окончательную оценку этой роли даст только история, сегодня мы можем говорить лишь о собственном понимании значения общественно-политической деятельности академика Сахарова. Об этом за «круглым столом» нашего журнала беседуют член-корреспондент АН СССР, директор Института Европы АН СССР Виталий Владимирович Журкин, кандидат биологических наук, народный депутат РСФСР Сергей Адамович Ковалев, доктор философских наук, заведующий отделом Института философии АН Грузинской ССР Мераб Константинович Мамардашвили, член-корреспондент АН СССР, директор Института государства и права АН СССР Борис Николаевич Топорнин и доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР Леонид Александрович Шелепин.

ПОЛИТИК ИЛИ ПРОРОК?

Ведущий. Выступая на похоронах Андрея Дмитриевича, Д. С. Лихачев сказал, что Сахаров был пророком в древнем, исконном смысле этого слова. Казалось бы, очень высокая оценка. Но многие извлекают из нее и определенный негативный смысл. Даже среди людей, которые относились к нему хорошо, бывало такое мнение: Сахаров — человек очень честный и искренний, но он не политик, и те предложения, которые он выдвигает, в реальной жизни воплощены быть не могут. Эти взгляды в некоторой степени сохраняются и сейчас. Согласно точке зрения, представляющей другую крайность, Сахаров, наоборот, был великолепным политиком, он очень точно рассчитывал все варианты развития событий, и потому нужно неукоснительно следовать каждому его слову.

Какая же из этих двух позиций ближе к истине? Если вопрос предельно заострить, он будет звучать так: Сахаров — политик или пророк?

В. В. Журкин. Не знаю, можно ли однозначно сказать, что Андрей Дмитриевич был политиком, но что наряду с научным подходом в его мышлении проявляется и политический — это несомненно. Я приведу один пример — отрывок из открытого письма американскому физику С. Дреллу:

«Я понимаю, конечно, что, пытаясь ни в чем не отстать от потенциального противника, мы обрекаем себя на гонку вооружений — трагичную в мире, где столь много жизненных, не терпящих отлагательства проблем. Но самая главная опасность — сползти к всеобщей термоядерной вой-

не. Если вероятность такого исхода можно уменьшить ценой еще десяти или пятнадцати лет гонки вооружений — быть может, эту цену придется заплатить при одновременных дипломатических, экономических, идеологических, политических, культурных, социальных усилиях для предотвращения возможности возникновения войны.»¹

Это ведь не рассуждения проповедника, который призывает мир только разоружаться, смягчать напряженность, решать проблемы путем переговоров. Хотя для политической концепции академика Сахарова характерны именно гуманизм, приоритет общечеловеческого. Но тем не менее, что отличает политика? Как мне кажется, способность сочетать благородство целей с реализмом в выборе средств их достижения. И если, например, взять его анализ стратегической ситуации или подходы к различным сценариям применения ядерного оружия, то здесь явно говорит очень конструктивно мыслящий политик в самом высоком смысле этого слова.

С. А. Ковалев. Андрей Дмитриевич постоянно чувствовал свою личную ответственность за происходящее и старался разбираться в проблеме, которую считал важной, настолько профессионально, насколько мог. А после этого от своих выводов не отступал, не беспокоясь о том, кто что подумает. С такой же ответственностью и фундаментальностью он относился и к нынешним дискуссиям о разоружении. Действительно, расчеты показывают, что слишком быстрое и полное разоружение не снижает риск военной конфронтации с использованием ядерного оружия, а увеличивает его. В первом приближении это легко показать.

¹ Сахаров А. Д. Тревога и надежда. М., 1990. С. 221.

Представим себе, что полное ядерное разоружение произошло. Однако технология производства ядерного оружия уже известна, и риск, что некая страна или просто маленькая преступная группа сможет использовать это оружие, на фоне всеобщего ядерного разоружения возрастает. Это грубоватая модель, но логика в ней есть. Ответственность Сахарова здесь и приводила его к реализму. Он ведь, в отличие от многих мирных движений, не призывает к немедленному и полному разоружению, а смотрит на вещи взвешенно.

Л. А. Шелепин. На мой взгляд, Андрей Дмитриевич не был ни политиком, ни пророком, — он был прежде всего ученым. И его «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе» начинаются именно с тезиса, что научные методы должны быть внесены и в политику, и в общественные науки. Однако это было очень трудно. Еще со времен Сталина возникло строгое разделение: свои закономерности в физике, свои — в биологии, свои — в общественных науках. Разные дисциплины были разделены своеобразной китайской стеной. Поэтому общественным наукам совершенно не были присущи те методы, которые применялись в точных. Фактически общественные науки перестали быть науками — они стали верованиями. С этой трудностью мы сталкиваемся и сегодня. Не только у нас, но и на Западе в общественных науках в значительной мере нет самой структуры наук. Не зря обычно используют слово «учение»: учение Маркса, учение Гэлбрейта и т. д. А нужна единая наука об обществе, в которую какой-то вклад внес Маркс, какой-то — другие ученые, где у каждого положения известны границы применимости, изучается динамика общественных процессов, учитывается иерархия характерных времен. Иными словами, чтобы наука об обществе стала полноценной наукой, в нее надо привнести всю совокупность методов, развитых в других дисциплинах — кибернетические методы, синергетические. Мир не разделен на клетки — в нем все взаимосвязано, поэтому общественные науки нельзя рассматривать сами по себе.

Если научные методы будут введены, можно будет научно прогнозировать развитие общества, а это имеет принципиальное значение. Разумеется, речь идет не о математическом прогнозе, математика — это идеал. Еще Менделеев говорил, что наука не может называться наукой, если в ней не введены количественные соотношения. Значит, наша задача (и это возможно) в

конце концов ввести в общественные науки количественные соотношения, даже для характеристик общественного сознания. Но сейчас главное — разобраться в структуре этих наук. Как они должны строиться? То, что мы называет диалектическим и историческим материализмом, — по существу, метанаука. Ее нужно так и рассматривать. Нам следует отрешиться от того или иного учения.

Кроме того, насколько я могу судить, важной особенностью подхода Андрея Дмитриевича являлся диалог. С ним можно было спорить, не соглашаться, он никогда не навязывал своих взглядов, и в ходе дискуссий они могли меняться, совершенствоваться. Таков был его метод анализа, тоже научный метод. Он не боялся пересматривать свои взгляды и этим сильно отличался от многих политиков, которые, раз высказавшись, уже ни за что не изменяют свою позицию. И в этом отношении у него был научный подход.

В. В. Журкин. И все же, если говорить об общественно-политических взглядах Андрея Дмитриевича, они излагаются не столько в научных докладах, сколько в выступлениях политика, или, скажем так, ученого-политика. Что характеризует его подход? Во-первых, высочайший профессионализм. Он виден, прежде всего, в самой логике размышлений на темы, определяющие судьбу человечества в конце XX — начале XXI в., такие как глобальная ядерная война, локальная ядерная война, обычные войны, разоружение... Профессионализм проявляется даже в мелочах, в четкости, отточенности формулировок. Это на редкость корректные формулы, хотя о сложнейших проблемах сказано очень простым и ясным языком. Приведу только один пример. Вот академик Сахаров говорит о ядерных арсеналах СССР и США, анализирует их специфику, затем сравнивает ракеты и бомбардировщики, действительно, очень отличающиеся друг от друга по возможностям, и вдруг указывает:

«Массовое проникновение самолетов в глубь территории СССР сомнительно — это последнее замечание должно быть уточнено с учетом возможностей крылатых ракет — они, вероятно, смогут преодолевать ПВО противника».²

За этой фразой, внешне такой простой, стоит точное знание особенностей ПВО Советского Союза и ПВО Соединенных Штатов. Наверное, такой профессионализм объясняется, прежде всего, невероятной добро-

² Там же. С. 213.

совестностью. И все-таки, на мой взгляд, ум ученого в принципе таков, что подобными нюансами из сферы стратегического мышления, общественных наук в целом он овладевает исключительно быстро. Мне кажется, в Андрее Дмитриевиче Сахарове эта особенность проявлялась очень ярко.

Во-вторых, его отличала четкая политическая позиция, основанная на твердых этических и моральных принципах. Третье — его реализм. У многих в нашем обществе сложилось мнение об академике Сахарове как о максималисте благих намерений. Однако его работы, касающиеся вопросов ядерной стратегии или военно-политических проблем — это не максималистские, а исключительно реалистические работы. Исходя из гуманистических приоритетов, практически везде он доводит до предела возможность конструктивного решения той или иной проблемы, но, как правило, не переходит грань, за которой решение становится нереалистичным. И мне кажется, это величайшее достоинство политика — неординарного, выдающегося политика.

С. А. Ковалев. Знаете, я подумал сейчас, как бы отнесся к тому, что мы сейчас обсуждаем, Андрей Дмитриевич. Мне кажется, сам он никогда не задавался вопросом, кто он — ученый, политик или общественный деятель. Для него начало каких-то общественных усилий определялось нравственным импульсом. Значит, нужно говорить о соотношении нравственности и науки, потому что по генетике, по всем своим пристрастиям он был ученым и им оставался до конца жизни.

Вообще говоря, естественные науки к нравственности вроде бы отношения не имеют. Так, во всяком случае, принято считать, потому что к результатам, скажем, физики никакие нравственные оценки не применимы. Однако если задаться вопросом, какое в принципе отношение имеет наука к нравственности, можно нащупать более глубокую связь. По-моему, единственная нравственная основа науки — это беспристрастный, бескорыстный и бесстрашный поиск истины (и это относится не только к науке, а вообще к творческой мысли). Но раз бескорыстный и бесстрашный — значит, еще и очень ответственный. Это и было для него исходной позицией. Когда он понимал всю меру своей ответственности (своей собственной, он никогда ни с кем ее не делил, собственная ответственность для него была всегда выше некоей коллективной), то дальше все его действия определялись структурой его личности как мыслителя и ученого. Вот, казалось бы, две противоречащие друг дру-

гу черты: конструктивность, реалистичность — с одной стороны, склонность к заостренным и далеко идущим постановкам вопроса — с другой. Смотрите: он нисколько не стеснялся ставить в своих публикациях столь далекий и непрагматический вопрос, как вопрос о мировом правительстве. Вопрос не новый, но сейчас все предпочитают об этом не говорить. Андрей Дмитриевич не только говорил, но и записал в свой проект Конституции. А в то же время чувство ответственности, определяющееся его психологией ученого, делало иные его разработки крайне прагматическими, и потому некоторым они кажутся совсем не принципиальными. Например, когда мы разрабатывали законопроект о чрезвычайном положении, то в соответствии с нынешними международно-правовыми нормами очень жестко указали, что никакие чрезвычайные обстоятельства не могут считаться оправданием такой меры, как интернирование. Андрей Дмитриевич проект в основном одобрил, но по поводу этого пункта заметил следующее: «Понимаете, обстоятельства могут быть всякие. Об этом еще надо подумать». «Ну как же? — говорю я ему. — Ведь Конгресс США два года бурно обсуждал эту проблему и в конце концов принес извинения японцам, интернированным во время войны». На что Андрей Дмитриевич ответил: «Да, принес. Но заметьте, через 30 лет после войны, а не только через два года дискуссий. А принес бы он эти извинения, если бы японский десант на территорию США состоялся или его реально можно было бы опасаться?»

Мне кажется, это и есть бесстрашие мысли и непредвзятость, вытекающие из нравственных основ науки. И его профессионализм, о котором сейчас говорили, того же происхождения. Если ты отстаиваешь независимость мышления, если ты взялся за какую-то проблему, то, будь добр, разберись в ней как следует. Я хорошо помню, как в начале 70-х, когда образовался сахаровский комитет — в него поначалу входили Сахаров, Чалидзе, Твердохлебов, потом уже он разрастался и менял состав — Андрея Дмитриевича беспокоила теоретико-правовая направленность действий этого комитета. Ведь комитет взялся консультировать всех, и правительство в том числе, по вопросам права. Сахаров очень уважительно относился к правовым познаниям Чалидзе, но тем не менее сомневался, вправе ли комитет претендовать на ту роль, которую взял на себя. Это было вовсе не скромностью — когда дело касалось продуманных вещей, Андрей Дмитриевич особой скромностью не отличался, он просто говорил, что думает.

А было это беспокойством профессионала и проявлением глубокого чувства ответственности. Он понимал, что дилетантам браться за эти проблемы вроде бы необходимо, потому что их нельзя оставить одним профессионалам, особенно советским профессионалам того времени в области права. А с другой стороны, существует обширная литература, множество хорошо образованных и умных людей думали и писали об этих проблемах до нас — нельзя же не учитывать их опыта.

М. К. Мамардашвили. Я не могу принять саму постановку вопроса. Мне вообще непонятно, что такое политика, вернее, что политики называют политикой и как они сами себя воспринимают, и как затем под их внушением воспринимаем политику мы. Политикам кажется, что политику делают они. Думаю, вся жизнь и деятельность Сахарова доказывают, что они заблуждаются. Ведь политика существует там, где существует открытое и артикулированное общественное мнение, точнее, общественное понимание, т. е. понимание общества, которое не из департаментов наук заимствовано, а живет и развивается в головах субъектов общественной жизни, чем бы они ни занимались — наукой, экономикой или чем-нибудь еще. Это понимание само по себе уже политично. И профессиональные политики могут только считать с ним, если они умны, или же не считаться, если глупы.

Сахаров предьявляет права мысли, а не науки. Когда он говорит, что не хватает науки, которая была бы неким средством руководства политикой, экономикой, искусством, образованием и военным делом, нужно понимать, что в действительности он не имел в виду методы науки, как они представлены в департаментах (моделирование, математическая обработка или что-то еще в этом роде). Он имел в виду один принципиальный вопрос: может ли в общественных, политических, военных и других делах главенствовать разум и здравый смысл. Реальность XX в., в особенности реальность Советского Союза, показывала ему, что участие разума в них минимально.

Если же мы скажем, что руководить обществом нужно посредством науки, мы просто повторим прекраснодушные заблуждения раннего Просвещения. Дескать, возможна некая системно-управляющая мысль (нас все не отпускает мечта, что ее удастся выработать или в отдельной голове, или в комплексе различных голов), и эта мысль будет управлять политикой, экономикой, искусством, образованием и военным делом. Прежде всего, это находится в радикаль-

ном противоречии с научным стилем XX в. Такие идеи были возможны в XVIII, XIX, но не в XX в., когда везде, в том числе в самых строгих науках — математике и физике, явно учитываются свойства саморегуляции и самоорганизации живых процессов (а политика — это живой процесс, как и экономика, образование, искусство). Так что же, забудем весь опыт современной физики, космологии, квантовой механики, экономической науки и опять начнем мечтать о стройном ранжире, о единой системотехнике научного управления, которого якобы не хватает? Не хватает другого — не хватает мысли, разума. Потому что система науки сама бывает заражена иррациональной силой, так что все модели, все расчеты могут оказаться неостановимым потоком бессмыслицы. И тогда разговор о научном планировании — вообще кафкианский бред. У нас план — это внеэкономический механизм вынуждения труда. При таких разговорах мне кажется, что я вижу людей, которые беседуют на лестничной площадке и договариваются звать друг к другу в гости, не замечая, что лестница случайно построена вне дома.

Хороший пример — деятельность бывшего Минводхоза. Все проекты гидростанций, все проекты ирригации — это сложнейшие научные проекты, наверняка рассчитанные в соответствии с моделями. Разве можно исправлять их теми же методами, которыми они получены — улучшать модели, уточнять расчеты? Неужели Сахаров это имел в виду? Да нет, он имел в виду, что массовое поведение по отдельности, казалось бы, разумных людей характеризуется максимальной иррациональностью и непроницаемостью для мысли. А мысль (это всякий ученый понимает) всегда связана с корнем, который лежит в личном достоинстве человека, его интеллектуальной честности. В самом акте мысли заложена определенная мера справедливости.

По-моему, сахаровское «буйство» было реконкистой этих вытесненных в подполье качеств, неотъемлемых от самой мысли, независимо от того, выступает она в строгом естественнаучном одеянии или же более вольном общественно-гуманитарном. Я сказал бы, что он нам помог понять две основные вещи. Первое: политика не может быть целиком доверена политикам, так же как военное дело — военным. И потому рассуждать о том, насколько Сахаров был политиком, а насколько ученым, значит исходить из представления, которое внушают нам политики — что именно они действительно делают политику. Я утверждаю, что это не так, во всяком случае в развитом

европейском обществе. Политика только тогда становится профессиональной областью деятельности, когда она осознанно присутствует в гражданской жизни всех членов общества, чем бы они ни занимались. И второе: неправомерность жесткого профессионального разделения людей, их «прописанности». Скажем, ты занимаешься политикой. Что это значит в России? Ты назначен заниматься политикой. Ты ученый? Изволь заниматься наукой, ты назначен ею заниматься. Нетрудно представить себе, что человек, ощущающий себя носителем мысли, в один прекрасный день может встать против этой ситуации. Не против того или иного конкретного политического решения (хотя и против него тоже)—против самой такой предопределенности.

Ведущий. Но такое деление отчасти задается образованием, профессионализацией.

М. К. Мамардашвили. Совершенно верно. Но когда речь идет о гражданской мысли — а в ней синкретично присутствуют и научная мысль, и искусство, и многое другое,—мы говорим о способе ориентации современного человека в мире. И тогда мы, конечно, понимаем, что всякое «назначительство» есть архаический остаток крепостничества в России. И незачем переодевать это в термины других проблем — скажем, профессионализации. Вопрос очень прост. С тех пор как есть Евангелие и есть Слово, нет ничего, что не имело бы ко мне отношения, и нет делегирования мысли, делегирования ответственности. Таков первичный, евангелический смысл христианства. И потому ученый не посажен в лабораторию. Он занимается наукой, поскольку ему это интересно. А для общества ценны мысли любого его члена, в том числе и человека в лаборатории, о том, что происходит. Он личность, и важно, что он думает о происходящем, в том числе и о том, что пытаются объявить своей монополией политики. В современном взаимосвязанном мире не существует такой монополии.

В. В. Журкин. Я согласен с оценками Мераба Константиновича. Но все-таки в каждой конкретной области, в частности военной-политической или разоружения, есть некий мировой уровень сложившихся комплексов идей и профессиональных подходов, с которыми, хотя бы того политики или не хотя, они вынуждены считаться. Очень часто, правда, не считаются, но объективная реальность все же заставляет их постоянно делать поправки, перестраиваться. Так вот, выступления академика Сахарова не просто соответствовали этому уровню, но и неиз-

менно его повышали. Большинство его работ написано в то время, когда у нас доминировало монолитное мышление, в подходе к крупным стратегическим вопросам существовала одна линия. Если дискуссии и были, то настолько закрытые, что на поверхности, в реальной политике все было однолинейно. В силу такой моноструктуры не было условий для того, чтобы в общественной полемике по острейшим вопросам, касающимся всего человечества и каждой личности, рассматривались альтернативные варианты. Но сейчас в условиях плюрализма мы понимаем: многое из того, что написано А. Д. Сахаровым,—это великолепнейшие альтернативные варианты, которые необходимы, чтобы выработать реалистическую политику. И потому я все-таки остаюсь при своем мнении. Я не готов судить, был ли Андрей Дмитриевич пророком, но поскольку его работы пронизаны политическим мышлением в лучшем смысле этого слова — динамичным, реалистичным, направленным на поиск решений не только конструктивных, но и этически оправданных, морально обоснованных,—мне все-таки думается, что мы можем говорить об академике Сахарове как о политике. Хотя, конечно, среди тех политиков, о которых рассуждал Мераб Константинович, его не было бы.

М. К. Мамардашвили. На вопрос о пророке я бы ответил так. Сахаров — это человек, который не захотел быть пророком. Не захотел, потому что статус пророка — архаический статус, совершенно противоречащий современному обществу. Этот статус даже в Евангелии подвергнут сомнению. К сожалению, в России он ассоциируется с христианством. В Новом Завете сказано (и эта мысль проводится дважды): «Закон и пророки до Иоанна; с сего времени Царство Божие благовествуется и всякий усилием входит в него» (Лук. 16, 16). Имеется в виду, что Закон и пророки — это архаический статус духовности и мысли в мире, где есть Закон, который может совершенно автоматически функционировать, и есть только один противовес ему — выкрик пророка. А Евангелие говорит: ничего не предваряется ни Законом, ни пророком — твоим собственным усилием берется, и ко всему твое усилие касательство имеет.

С. А. Ковалев. Я хотел бы поддержать Мераба Константиновича в его, если можно так сказать, евангельских аналогиях. Мне кажется, что христианство, отойдя от идеи, что все, до последних мелочей может и должно быть регламентировано, возложило на людей страшную, подчас непосильную задачу — на каждом шагу делать выбор. Пред-

ложены некоторые основные принципы, но не дается рецептов, как поступать в том или ином случае. По-моему, Андрей Дмитриевич осознавал всю меру ответственности, и это многое определило в его жизни.

М. К. Мамардашвили. Когда на Руси обсуждают вопрос о пророках и уважении или неуважении к ним, он сразу же превращается в вопрос о всяком мастере своего дела, который является государственной крепостной собственностью. И потому он может заниматься своим делом, выплясывать па в балете, делать научные открытия (которые будут собственностью государства, как и он сам), но в любой момент, когда он огорчит хозяина, т. е. тех же самых политиков, его могут наказать на конюшне. Вот проблема всякого человека свободной мысли в нашей стране, полностью унаследовавшей крепостную структуру от российского общества XIX в. И сама эта структура приводит таких людей, как Сахаров, к общественно-политической деятельности, потому что достоинство ученого не может с ней смириться. Это продолжение традиции, которую я называю традицией Вернадского.

Вернадский повторял: если нет свободы мысли — гроб и свечи современному обществу. Под свободой мысли он подразумевал не просто свободу от цензуры, но присутствие мысли во всех делах — победу умной силы, как он выражался. А она-то и отсутствовала в управлении экономикой, искусством, образованием и военным делом. Между умом управителей и умом, который накапливался в обществе, к тому моменту образовался чудовищный разрыв. Поэтому в статьях Вернадского, его дневниках все время слышна печальная внутренняя нота. И вслед за ним Сахаров предъявил управителям — скудоумным и безнравственным — счет, который может предъявить оскорбленная в своем достоинстве мысль.

Сахаров — феномен самодостойности мысли, не нуждающейся ни в каких прислониениях — ни к внешним авторитетам, ни к власти, ни к коллективу. Его слова адресованы к «инстанции» свободной внутренней мысли. Нет, он не пророк, потому что отрицал саму такую «назначенность» — быть пророком. Пророк как бы доносит до власти предрежащих голос реальности, справедливости и меры. Тем самым он говорит за всех других. А Сахаров считал, что каждый может и должен говорить.

ДИАЛОГ С ЧЕЛОВЕЧЕСТВОМ

Ведущий. Сам он именно так и поступал. Он говорил, вернее мыслил вслух, —

ведь Сахаров не был трибуном в привычном смысле этого слова, хотя многим он запомнился именно так, выступающим на трибуне съезда. Этому, однако, предшествовал долгий процесс эволюции — от ученого, чья мыслительная мощь понадобилась государству, до человека свободной мысли, которая государством оказалась невостребованной. И сейчас, говоря об итогах этой эволюции, нельзя не задуматься об ее основных этапах, не попытаться проникнуть в мотивы, которыми он руководствовался в своих действиях. В частности, загадка для многих — его отношение к собственной участию в создании термоядерного оружия.

С. А. Ковалев. А. Адамович разговаривал с ним на эту тему и до сих пор удивляется ответам Сахарова, не согласен с ними и считает, что через несколько лет, может быть, Сахаров ответил бы иначе. Существует такая расхожая модель: Сахаров сделал бомбу, потом ужаснулся я творению своему, и совесть заставила его искупать прежние грехи. Сам Сахаров так не считал и мягко, но настойчиво с такой интерпретацией спорил. Он говорил, что не раскаивается в своем участии в этих разработках, хотя понимает, что результаты попадали совсем не в чистые руки и последствия могли быть страшными. И все же, если бы ему пришлось заново переживать жизнь и столкнуться с тем же выбором, он, вероятно, снова принял бы участие в разработках ядерного оружия. А потом снова стал бы протестовать против его использования. Насколько я понимаю, он считал, что тогда это было необходимо. Это было непростое решение. Тем не менее, задумываясь о нем совсем недавно, он пришел к выводу, что сделал правильный выбор — безупречный нравственно, но все же правильный. История, считал он, показала правильность этого выбора, потому что в последние годы мир был сохранен именно благодаря балансу сил. Мы балансируем на грани, но балансируем уже десятки лет.

В. В. Журкин. Развернутая моральная позиция Сахарова, конечно, формировалась с течением времени, но в принципе, как мне представляется, она присутствовала всегда. И как он морально оправдывал работу над созданием ядерного оружия — это вопрос, на который в работах он сам ответа нигде не дает. Мне лично кажется, что подспудно в них присутствует мысль о том, что любая атомная монополия опасна и некий баланс необходим. Сама идея баланса сил, или паритета, родилась позже. Когда шла гонка ядерных вооружений, никто о ней не думал — каждая сторона пыталась как можно скорее получить очередной новый вид ору-

жия. И я убежден: понимание того, что ядерное оружие не должно находиться в руках одного государства, что оно все изменило в нашем мире и он уже никогда не будет таким, как раньше, могло стать даже не оправданием, а нормальным логическим и моральным обоснованием участия в разработках ядерного оружия.

Ведущий. Однако когда примерный баланс сил был достигнут и Андрей Дмитриевич задумался о целесообразности дальнейших испытаний ядерного оружия, его одернул Н. С. Хрущев. Вот как сам Андрей Дмитриевич впоследствии писал об этом:

«Вспоминая лето 1961 года, встречу ученых-атомщиков с Председателем Совета Министров Хрущевым. Выясняется, что нужно готовиться к серии испытаний, которая должна поддержать новую политику СССР в германском вопросе (берлинскую стену). Я пишу записку Н. С. Хрущеву: "Возобновление испытаний после трехлетнего моратория подорвет переговоры о прекращении испытаний и о разоружении, приведет к новому туру гонки вооружений, в особенности в области межконтинентальных ракет и противоракетной обороны" — и передаю ее по рядам. Хрущев кладет записку в нагрудный карман и приглашает присутствовавших отобедать. За накрытым столом он произносит импровизированную речь, памятную мне по своей откровенности, отражающей не только его личную позицию. Он говорит приблизительно следующее. Сахаров хороший ученый, но предоставьте нам — специалистам этого хитрого дела — делать внешнюю политику. Только сила, только дезориентация врага. Мы не можем сказать вслух, что мы ведем политику с позиции силы, но это должно быть так. Я был бы слюнтяй, а не Председатель Совета Министров, если бы слушался таких, как Сахаров.»³

Но в какой мере испытания ядерного оружия являются средством политики? Казалось бы, кому, как не ученым, решать — есть необходимость испытывать оружие или нет?

В. В. Журкин. Я бы не согласился с тем, что испытания ядерного оружия могут быть орудием политики. Мораторий на испытания или договор об их прекращении — это, конечно, политика; международная общественность настойчиво добивается этого. Мне кажется, что в сфере испытаний ядерного оружия, их технических аспектов идет постоянная борьба двух сил: растущего числа

ученых, доказывающих, что потребности в испытаниях ядерного оружия давно уже нет, и военных всех стран, по самым разным мотивам настаивающих на регулярной проверке и совершенствовании своего арсенала. И в этом смысле вмешательство Хрущева было абсолютно некорректным. Спор должен идти между профессионалами, которые знают все сложности действия механизмов ядерного оружия (кстати, на Московском форуме в феврале 1987 г. академик Сахаров подробно говорил о главных комплексах таких механизмов), и другими профессионалами, которым в случае войны пришлось бы это оружие применить. Конечно, легко с высоты сегодняшнего дня оглядываться в историю и судить, и все же позиция Хрущева в споре с Сахаровым мне кажется по меньшей мере алогичной.

Л. А. Шелепин. На мой взгляд, представления Андрея Дмитриевича о нашем обществе и путях его развития претерпевали не менее интересную и сложную эволюцию. К примеру, в «Размышлениях...» он говорит о социализме, его нравственных основах, преимуществах. В середине и конце 70-х годов к этой теме он уже не возвращается, зато подвергает жесткой критике правительство и его действия. И здесь нет противоречия, потому что в начале 70-х в стране, как говорят физики, произошел фазовый переход. В чем он заключался? Если до начала 70-х годов и экономика развивалась, и трезвая самооценка была возможна (в частности, имелась достоверная статистика), то затем произошло следующее. Статистику заменили сплошные приписки — недаром серьезные экономисты пользуются статистическими данными только до 1972 г. Стяжательство и карьеризм приобрели государственный масштаб. В этом же масштабе начали образовываться различные мафиозные структуры. Короче, произошло качественное изменение нашего государства. Это и уловил Андрей Дмитриевич. Поэтому никаких противоречий в его позиции нет. Эволюция его взглядов связана с эволюцией общества. В 60-е годы наша страна еще могла относительно безболезненно повернуть на путь, который он указывал. Мы могли бы избежать скатывания к кризису. Но предупреждение не было оценено и понято, это был глас вопиющего в пустыне. И правительство не сделало нужных шагов.

М. К. Мамардашвили. Началась, как я ее называю, «эпоха запаха бифштекса». Раньше людей держал страх. Потом его заменил запах бифштекса, и он оказался более надежным способом уплотнения социального пространства.

³ Сахаров А. Мир, прогресс, права человека. Статьи и выступления. Л., 1990. С. 5—6.

С. А. Ковалев. Что касается первой работы Андрея Дмитриевича — «Размышлений...», должен сказать, что он колебался, включать ли ее в свою книгу «Тревога и надежда». Он говорил, что многое там — плоды незрелых и наивных представлений, но решил: что поделаешь — он когда-то так написал, и пусть это публикуется без изменений. Во всяком случае, я убежден: в его рассуждениях о социализме не было никаких элементов тактического маневра. Он писал так, как тогда думал.

Мне хочется высказать одну гипотезу. Идея социализма, социальной справедливости — замечательная идея, сыгравшая существенную роль в истории: она корректировала деляческий и шкурный капитализм. Увы, как мне кажется, реализация этой идеи невозможна. Она просто противоречит человеческой природе и неким экономическим законам, которые нельзя обойти. Плодотворный вклад этой идеи налицо, но, к сожалению, не в стране, которая первой себя объявила социалистической. Социалистическая идея дала плоды как раз на капиталистическом Западе. Там, где прописана, где в силу демократичности и свободы общества сумела реализоваться — наверное, не в идеальном, но близком к нему виде. Я имею в виду гарантированные минимумы зарплаты, пособия по безработице, разработанную систему социального страхования. Так вот, моя гипотеза состоит в том, что Андрей Дмитриевич пришел бы сегодня к примерно таким же выводам относительно социализма и капитализма. Тем более, что зачатки этих мыслей уже есть в первой работе, где он рассуждает о конвергенции.

Ведущий. Говоря о капитализме, обычно подразумевают Швецию, ФРГ, США. А есть еще Уругвай или Индия. Значит, одной капиталистической идеи еще недостаточно для процветания?

Л. А. Шелепин. Существует принципиальная разница между капитализмом в слаборазвитых странах и передовых. Если в первых строй наминает ранний капитализм, то во вторых возникла новая формация — постиндустриальное общество. Она вобрала в себя закономерности и раннего капитализма, и социализма. Ее принципиальное отличие в том, что прибавочная стоимость появляется благодаря науке. Основа процветания такого общества — не крупные предприятия, не усиленная эксплуатация, а использование достижений научно-технического прогресса, немедленное внедрение передовых технологий, быстрое реагирование на изменения рынка. Это новое общество.

Андрей Дмитриевич, на мой взгляд, был провозвестником такого общества у нас — его плюрализма, свободы мысли, уважения к науке... Мы могли перейти к новой формации, но трагедия в том, что наше общество не стало социалистическим по своим основам. И оно начало приближаться к обществу раннего капитализма.

М. К. Мамардашвили. Конечно, в действительности Сахаров присутствовал тот же мотив, что у небольшого числа государственных деятелей, так называемых инициаторов перестройки. Мотив этот — глубокое осознание несовместимости существующих экономических и социальных структур с научно-техническим прогрессом и понимание того, что в современном мире вес сверхдержавы полностью определяется ее научно-техническим потенциалом. Речь идет не просто о машинах, а самом способе делать любое дело, в том числе вести войну. Современная война содержит элементы логики и высших технологий, а такую войну Советский Союз в том виде, в каком был, проиграл бы. Напор реальности просветлял чье-то сознание, заставлял задуматься: что будет представлять собой Россия в начале следующего века, каково будет ее присутствие перед лицом истории?

В этом истоки того, что называют перестройкой. Естественно, возникает необходимость пересмотреть учение о формациях и всю «формационную» терминологию: феодализм, капитализм, социализм. Нужно учить одну простую вещь. Язык, на котором мы формулируем эти проблемы, — европейский язык, а «формационные» термины — кальки слов, возникших в Европе. Беда в том, что для нас все эти слова — просто языковые «псевдоморфы», как называл О. Шпенглер термины, которые обозначают несуществующие явления и построены по формальным законам языка, а не родились на основе опыта. Ни для одного из них в нашей реальности нет внутреннего эквивалента, и не был живым сам принцип образования этих слов. Может быть, в силу этого в России действительно построен социализм в прямом смысле слова. Мы можем использовать слово «социализм» в таком смысле, но это не то, что подразумевает европейская традиция. То, что у нас случилось, частично связано с трагической некорректностью мышления Маркса; частично с тем, что русские социалисты превратили теорию формаций из области научной мысли в средство манипуляции массами.

Существует европейское гражданское общество, сформировавшееся на базе промышленных городских демократий. Капитализм, если понимать его как максималь-

Москва. 25 февраля 1990 ..





ное извлечение прибыли на основе крупной промышленности, предполагающей разделение труда и массовое производство товара, — один из феноменов этого общества, существующий наряду с другими. Другие феномены возникли на других основаниях и не проникнуты никаким капиталистическим принципом, а взаимодействуют с капитализмом как с особым феноменом. Если мы так посмотрим на реальность, то поймем, что европейское гражданское общество должно быть описано не в терминах капиталистической формации, а в совершенно других, более широких. Это, по-моему, очевидно. Но если капитализм не существует как формация, то социализм существует. Можно показать, что у нас социалистические принципы — это стержень, пронизывающий любые общественные институты.

Что же происходило с капитализмом? Все другие феномены гражданского общества, в том числе и такие традиционные, как религия или парламентаризм, взаимодействовали с ним и ассимилировали его. Ему нашлось определенное место — как и социалистической идее, принадлежавшей тому же гражданскому обществу и имевшей в нем реальный эквивалент. А в Советском Союзе этого не было. Здесь еще должно возникнуть гражданское общество, которое ассимилирует социализм и превратит его в один из феноменов наряду с другими, в частности научно-техническим прогрессом, растворяет его в гражданском обществе. Поэтому, если мы говорим об Уругвае, нужно разобратся, насколько развито там гражданское общество, и мы обнаружим архаические слои, не соответствующие никакому гражданскому обществу, и придется рассматривать взаимодействие капитализма с этими архаическими слоями и т. п. Мы сразу уточняем проблему, вместо того чтобы ломать голову, сопоставляя социализм и капитализм как европейские идеи с псевдоморфами «социализм» и «капитализм» в Советском Союзе.

Мне кажется, все мысли и высказывания Сахарова сформулированы в социально-прагматических терминах. Такие термины — продукты наблюдения, и сам акт наблюдения служит их внутренним эквивалентом, корнем возникновения и употребления слов. Поэтому, например, у Сахарова появляется идея конвергенции. Он не исходил из слов. И оказалось, что когда не исходишь из слов, что-то понимаешь. А когда исходишь из слов, то не поймешь ничего.

Ведущий. Есть пример еще более далеких, казалось бы, мировоззрений: Япония и Западная Европа. В Японии и языковое

отчуждение сильнее, и система нравственных ценностей очень сильно отличается от европейской. Два разных мировоззрения, а результаты сегодня достигнуты близкие. Нет ли здесь противоречия?

М. К. Мамардашвили. Ответ прост: у них не было никаких псевдоморфов, у них все было другое. Пример из социальной области. Идеей права или правом как таковым можно исправить бесправие. Иными словами, культуры, в которых вообще отсутствует идея права, могут усвоить эту идею и создать правовые структуры. Но может ли право исправить «антиправо» в строгом смысле слова? В России псевдоморф «право» уже есть, т. е. есть имитация права, и никакое истинное право проникнуть в него не сможет.

Ведущий. Наверное, именно поэтому Андрей Дмитриевич так много сил отдавал правозащитной деятельности — борьбе с имитацией права. Чем же отличался его подход и что изменилось в правозащитном движении, когда в него включился академик Сахаров?

С. А. Ковалев. Обычно, обсуждая подобный вопрос, вспоминают выделенность его положения, его авторитет, в конце концов, его три звезды Героя. В 1970 г., например, мы ездили в Калугу, где судили Пименова и Вайля, и никого в зал суда не пустили, а Андрея Дмитриевича пустили (потом, правда, начался «разгул демократии», и его тоже перестали пускать). Все это существенно, но не главное. Главное — что он внес конструктивный подход, поколебал интуитивное отвращение правозащитников к политике. В этом смысле он все-таки был политиком.

До Сахарова правозащитники действовали просто: говори, что думаешь, не заботясь о результате — есть что разоблачать. Андрей Дмитриевич строил идеал, но не терял при этом конструктивности, реализма. Он не боялся делать свои предложения, невзирая на их кажущуюся фантастичность. Он протягивал власти руку для сотрудничества, и хотя эта рука отвергалась, он не уставал ее протягивать.

М. К. Мамардашвили. То есть он предлагал власти что-то сделать и предлагал оппозиции принять это, несмотря на то, что это было бы сделано руками власти?

С. А. Ковалев. Да, именно так. Дозакательств достаточно: множество его конкретных предложений теперь провозглашаются со всех трибун. Но тогда это были чуть ли не первые, насколько я могу судить, примеры ясных, готовых для воплощения предложений. Мне кажется, это существенный вклад.

Такой подход довольно быстро был

подхвачен правозащитниками. Правда, Сахаров нашел среди них не только сторонников, но и очень резких оппонентов. Резкость критики нарастала до самой его смерти, и критика эта, увы, не всегда была добросовестной. Он спокойно относился к любым упрекам и сохранял независимость, ведь позиция «всегда против» не есть настоящая независимость. Впрочем, сначала противников не было — были исключительно почитатели. А противники, и очень резкие, появились гораздо позже, когда он вернулся из Горького. Были публикации уже не на грани, а за гранью приличий, где говорилось, что Сахаров отступился от своих принципов.

Понимаете, правозащитное движение — вещь довольно сложная. Оно выглядело единым, но никогда таковым не было. Для многих, кто (на мой взгляд, безосновательно) считал себя политиком, апелляция к праву была просто способом критики. Всем ясно, что критиковать власть именно за нарушение закона более эффективно, чем вступать с ней в открытое политическое противостояние — хотя бы потому, что нарушение закона можно доказать. Но ядро правозащитного движения составляли люди, которые рассуждали вовсе не так. Для них соблюдение правовых норм и в самом деле было целью. Они не прятались за право как за удобный способ критики.

До тех пор, пока право оставалось единственным корнем проблемы (для одних — тактическим, для других — истинным), движение выглядело монолитным. Когда стало заметно свободнее, неоднородность проявилась очень быстро. Те, кто продолжал стоять на правовых позициях, и Сахаров в том числе, стали подвергаться критике. Мол, что говорить о праве, права в этой стране нет и не будет. Зачем делать вид, будто возможны какие-то правовые усовершенствования? Надо резко сменить систему.

Действительно, систему необходимо менять. Действительно, правовые усовершенствования — не единственный способ, и уж, безусловно, не самый кардинальный. Но Сахаров был человеком очень ответственным. С того момента, когда результат действия можно было хоть как-то предвидеть (а такой момент наступил в 80-е годы), Андрей Дмитриевич очень старался его рассчитать. Простота нашего положения в 60-е годы состояла в том, что результат рассчитывать было не нужно — о нем и думать было нечего. Теперь результат можно предвидеть, и ответственность стократно возрастает. Оппоненты считают: чем хуже, тем лучше. Раз систему надо разваливать, пусть она рухнет как можно скорее, а уж как

и на кого — дело десятое. Весь мир насилья мы разрушим до основания, а затем... Вопрос «а что затем?» всегда откладывался на потом. Андрей Дмитриевич так не рассуждал, он постоянно чувствовал ответственность. По последнему году его жизни это особенно четко видно.

Ведущий. Боюсь, кто-то увидит в ваших словах противоречие. Что значит «рассчитывать результат» в правозащитной деятельности и оправдано ли это морально? Ведь вы сами сказали, что в 60-е годы на результат надеяться не приходилось. Однако это многих, в том числе и Андрея Дмитриевича, не останавливало.

С. А. Ковалев. Когда дело касалось отдельных судебных, вопрос о результате, о том, что удастся сделать, а что нет, для Андрея Дмитриевича стоял на втором, если не на пятом плане. Он считал себя не вправе не вмешаться. Всегда, когда имел достаточно достоверные сведения и был уверен в несправедливости, он предпринимал какие-то шаги. У него было удивительное свойство собственной кожей чувствовать чужую беду, чужую боль. Это я могу засвидетельствовать, потому что много раз наблюдал его в момент, когда приходило известие о чем-то аресте, болезни или тяжелой голодовке в лагере, иногда даже об угрозе чьей-то жизни.

Если же говорить о выборе способа реагирования, то Сахаров, мне кажется, его рассчитывал. Часто ставят вопрос об оправданности его голодовок — например, с требованием разрешить Е. Алексеевой выезд за границу к жениху. Наверное, Андрей Дмитриевич хорошо рассчитал, что отъезда Лизы он в состоянии добиться. С другой стороны, его горьковские голодовки в связи с лечением Елены Георгиевны не носят такого рассчитанного и практического характера. Вероятно, он вполне допускал здесь возможность своего поражения, но не мог поступить иначе. Кстати, такой была и самая первая голодовка Сахарова во время визита президента Никсона в Москву в 1972 г. — голодовка с одновременным обращением к Никсону и Брежневу. Не могу себе представить, чтобы Андрей Дмитриевич не понимал ее безрезультатность в практическом смысле этого слова. Потому что требования были совсем общие: политическая амнистия, рассмотрение вопроса о правах человека в СССР. Думаю, он ни минуты не сомневался, что его требования выполнены не будут. Однако он пошел на такой символический шаг, и в результате мировое общественное внимание было привлечено к проблемам прав человека в нашей стране. Этого он добивался, и этого он добился.

Впрочем, он ведь часто использовал и другие способы — открытое письмо или участие в таком письме, протест, обращение к корреспондентам.

Ведущий. Безусловно, такие крайние формы протеста, как голодовка, становятся необходимы лишь тогда, когда в стране царит вопиющее беззаконие. В цивилизованном обществе само государство в лице органов юстиции должно быть гарантом прав граждан. И потому создание правового государства, быть может, самый кардинальный вид правозащитной деятельности. А правовому государству нужна совершенная и реально работающая конституция. Мы знаем, что Андрей Дмитриевич, разрабатывая проект Конституции, помогал решению и этой проблемы.

С. А. Ковалев. По-моему, проект Конституции — очень ясный документ. Может быть, он должен быть еще переведен на специальный юридический язык, хотя, мне кажется, это мало что изменит.

История его создания очень проста. Это делалось как нормальная научная работа. Андрей Дмитриевич сел и стал писать, и писал много месяцев подряд. А затем раздал текст для обсуждения — сначала очень узкому кругу лиц, потом более широкому. В узком кругу текст не вызвал особых дискуссий. А о более широком судить трудно, потому что публичному обсуждению проект еще не подвергался. Андрей Дмитриевич сделал его достоянием достаточно широкой гласности совсем незадолго до своей смерти, и понятно, что смерть Сахарова приостановила дискуссии, хотя сам он не считал этот вариант окончательным.

Б. Н. Топорнин. Сергей Адамович имел счастливую возможность быть непосредственным свидетелем и даже участником работы над сахаровским проектом Конституции. Я же имею дело с самим документом. Правда, после заседания Конституционной комиссии, уже на ходу, состоялось знакомство с Андреем Дмитриевичем и самый общий разговор. Мы в Институте государства и права АН СССР готовили тогда концепцию Конституции и в связи с этим хотели познакомиться с ней Сахарова. Помню, что Андрей Дмитриевич говорил о важности альтернативных проектов, их сопоставлении. Однако встрече в институте не суждено было состояться.

Сегодня мы ушли в конституционной подготовке уже довольно далеко. Есть исходная концепция — она, кстати, обсуждалась на заседании Президиума АН СССР, — есть варианты структуры разделов и т. п. Впрочем,

именно так мыслил Андрей Дмитриевич, который подчеркивал, что даже тот проект, который был по предложению М. С. Горбачева роздан членам Конституционной комиссии, не окончательный. Андрей Дмитриевич продолжал над ним работу, вносил довольно существенные изменения и дополнения. Во многих своих исходных идеях, и особенно в гуманистическом подходе, сахаровский проект современен и значителен по самым строгим меркам.

Напомню: проект Сахарова весьма краток — он занимает немногим более десяти машинописных страниц. Это, скорее, изложение общей платформы, системы взглядов, перечень основополагающих принципов. С точки зрения юриста-профессионала бросается в глаза отсутствие механизмов, обеспечивающих реализацию провозглашаемых положений. Но, мне кажется, именно такой проект лучше всего выражает сахаровский дух, темперамент. Что же касается юридической материи, то она, несомненно, была бы соткана позже.

Новая конституция должна — и я в этом убежден — отличаться от ныне действующей, по крайней мере, тремя качествами. Во-первых, она должна исходить из разгосударствления нашего общества, особенно в сфере экономики, социального развития, науки и культуры. Речь идет, по существу, об ограничении «гражданского общества» от государства. Во-вторых, в центре внимания конституции должен быть человек, его свобода, независимость и защищенность. В-третьих, конституция должна стать основой принципиально нового Союза республик, справедливого решения обострившихся межнациональных проблем. В проекте Сахарова всем этим проблемам не только уделено серьезное место, но и содержатся смелые и решительные нововведения, уход от привычных стереотипов мышления.

Ведущий. Мы говорили здесь о правозащитной деятельности Андрея Дмитриевича. Находите ли вы, юрист-профессионал, ее отражение в созданном им проекте Конституции?

Б. Н. Топорнин. Можно спорить о том, кем считать Сахарова: ученым, политиком, общественным деятелем. Бесспорно одно: во всех ипостасях он был прежде всего великим гуманистом. И пожалуй, именно эта сторона его личности ярче всего проявляется в конституционном проекте.

В самом начале документа, написанного, как и подобает любой конституции, торжественным языком, утверждается цель народа и всех его органов власти — «счастливая, полная смысла жизнь, свобода ма-

териальная и духовная, благосостояние, мир и безопасность для граждан страны, для всех людей на Земле независимо от их расы, национальности, пола, возраста и социального положения.»⁴ И далее, в пятой статье: «Все люди имеют право на жизнь, свободу и счастье.»⁵ (Я не припомню, где бы еще конституционно закреплялось право на счастье!) Принципы плюрализма и терпимости положены Сахаровым в основу политической, культурной и идеологической жизни общества. В его проекте гарантируются широкие гражданские права, запрещается какая-либо дискриминация. И это еще далеко не все тезисы, характеризующие гуманистический подход Сахарова в построении правовой модели общества.

Безусловно, юристы могут сказать, что Андрей Дмитриевич провозглашает общечеловеческие заповеди добра и справедливости, свободы личности, которые вовсе не обязательно записывать в конституции, где должны быть только строгие правовые предписания, соответствующим образом обеспечиваемые государством. Отчасти это так. Но одновременно нельзя не сказать о том, что в тексте проекта можно увидеть и следы боев, которые вел Сахаров на правозащитном фронте. И здесь он конкретен, предлагая законодательно закрепить гарантии от незаконного ареста и необоснованной медицинской необходимости психиатрической госпитализации или детально фиксируя, что «никто не может быть подвергнут уголовному наказанию за действия, связанные с убеждениями, если в них нет насилия, призывов к насилию, иного ущемления прав других людей или государственной измены.»⁶

Остановлюсь на очень существенном, на мой взгляд, моменте. В наших прежних конституциях укоренился патерналистский подход к отношениям между государством и гражданином. Получалось так, что государство по своей доброй воле заботится о своих гражданах, даря им от щедрот своих различные блага. Обязанности государства, его ответственность перед обществом и отдельными гражданами отходили на задний план. Государство можно было только просить, но не требовать. При этом чиновники всех рангов, пропитанные чувством превосходства по отношению ко всем остальным людям, имели возможность свободно ими манипулировать. Все это порождало в обществе социальную пассивность и апатию.

Сейчас важно не только раскритиковать идеи патернализма, но добиваться решительного поворота от этих позиций в законодательстве. В то же время, в современных условиях легко впасть и в другую крайность, проповедуя широкие права и свободы человека, забывая о его обязанностях. Между тем, это обязательный компонент конституционного статуса человека. Еще во Всеобщей декларации прав человека 1948 г. записано: «Каждый человек имеет обязанности перед обществом, в котором только и возможно свободное и полное развитие его личности». Интересам людей противоречат проявления распущенности и личного эгоизма, нарушения закона. Надо сказать, что Андрей Дмитриевич видел проблему конституционного статуса человека во всей полноте, обращая внимание на то, что «осуществление прав личности не должно противоречить правам других людей, интересам общества в целом.»⁷

Ведущий. Но между каждой отдельной личностью и обществом в целом, по крайней мере в нашей стране, существуют такие общности людей, как нации и народности. В наши дни проблемы суверенитета наций и межнациональных отношений приобрели особую остроту, и решения, предлагаемые нынешней Конституцией, не снимают напряженности. Во многих республиках активизируются национальные движения самого разного толка.

М. К. Мамардашвили. Прежде всего, нужно понять, что такое национальное движение в Советском Союзе. На мой взгляд, это просто форма, в которой происходит возрождение гражданского общества — некоей общественной структуризации, независимой от государства и существующей рядом с ним как автономная сила. А национальные проблемы — прежде всего проблемы гражданских свобод, гражданского общества, выраженные в национальной форме.

Говорят, что частная собственность не отчуждаема, и это — основа гражданского общества. Следовательно, власть и собственность в таком обществе разделены. Советская структура есть полное смешение власти и собственности, и всякая попытка разорвать их — это попытка возродить феномен частного или гражданского общества. Частный случай частности — жизнь нации. Нацию можно определить в терминах единства некоей совокупности людей перед судьбой и историей. Тогда становится ясно, что нация — продукт конституционного процесса. Поэтому в национальном движении всегда есть люди, стоящие на конституционных по-

⁴ Сахаров А. Д. Тревога и надежда. С. 266.

⁵ Там же. С. 267.

⁶ Там же.

⁷ Там же.

зияциях и понимающие, что нация не есть этнос, а продукт работы конституции в теле этноса. Мне кажется, вносить в национальные движения правовой конституционный подход должна в первую очередь интеллигенция.

Любое тоталитарное государство по определению мононационально. А главный враг, уничтожению которого посвящает свою жизнь тоталитарное государство, — это гражданское общество, которое, конечно, полинационально, и потому его возрождение или появление на свет принимает форму национальных движений.

Б. Н. Топорнин. Все мы сегодня направляем острие своего критического анализа в прошлое и настоящее. И это понятно. Невозможно идти вперед, не раскрыв размеры и причины деформаций, просчетов и заблуждений, которые привели наш Союз к кризису. Болезни можно успешно лечить, только владея всей необходимой информацией. Но вместе с тем крайне важно представить, как нужно перестраивать Союз, чтобы он отвечал не догмам, схемам или субъективистским целям, а реальным, продиктованным самой жизнью интересам советских народов. Андрей Дмитриевич пытался найти ответ на этот вопрос, который считал одним из самых принципиальных.

Прежде всего, он поддерживал идею Союзного договора, которая уже была выдвинута в ряде республик. Сегодня эта идея кажется очевидной и актуальной, но надо иметь в виду, что тогда она встречала сильное сопротивление. Считалось, что положения Союзного договора 1922 г., вошедшие затем в текст Конституции 1924 г., были переняты и развиты последующими конституциями. Следовательно, и сегодня можно обойтись очередным пересмотром конституционного законодательства по национально-государственному устройству нашей страны. Сахаров же считал, что новый Союзный договор полезен прежде всего потому, что наш Союз пересоздается в каком-то смысле заново.

Совсем недавно Верховным Советом СССР был принят ряд новых законов, в которых отражена идея дифференциации отношений союзных республик с Союзом ССР. В этой связи нельзя не сказать о том, что Андрей Дмитриевич в своем проекте оговаривал возможность вхождения республик в Союз на дополнительных условиях с оформлением Специального протокола. Как видно, он предугадал общую тенденцию развития. Несомненно, нужно решить еще немало сложных вопросов, в частности о соотношении общих и дополнительных условий.

Можно предположить, что в обновленном Союзном договоре будет определенный минимум обязательных для существования Союза условий, общих для всех республик, и помимо этого каждая республика сама будет решать, что она будет делать самостоятельно, что вместе с некоторыми другими республиками, а что отдаст Союзу ССР.

Ставить точку в разговоре о сахаровском проекте конституции еще рано — мы в профессиональной среде будем вести его дальше, хотя бы по той простой причине, что он самым непосредственным образом связан с развитием общечеловеческой цивилизации, принадлежит арсеналу крупных научных идей и разработок.

Вполне естественно, что отнюдь не все позиции Сахарова воспринимаются однозначно, есть в проекте и спорные соображения, в том числе весьма принципиальные. Вряд ли, например, можно согласиться с таким пониманием разделения властей, когда вроде бы признаются все ветви — законодательная (Съезд народных депутатов), исполнительная (Совет Министров) и судебная (Верховный Суд), но они, во-первых, объединяются понятием Центрального правительства, а, во-вторых, «назначается» глава правительства — Президент СССР. Да и саму идею съезда можно отнести к числу устаревших. Как я уже говорил, проект интересен своими общегуманистическими концепциями, но менее разработан юридически. И здесь можно было бы с Андреем Дмитриевичем поспорить, тем более что он, как всякий настоящий ученый, охотно шел на споры и дискуссии, не оставляя своих оппонентов без ответа.

ДАР СВОБОДЫ

Ведущий. Когда работа над номером была уже в самом разгаре, в редакцию пришло письмо сотрудников Житомирского краеведческого музея. Наши читатели, обращаясь с предложением о выпуске «отдельного номера «Природы», целиком посвященного научному и общественному наследию А. Д. Сахарова», подчеркивают необходимость не поверхностного и добросовестного анализа его идей. «Обидно и горько порой видеть и слышать упоминание имени Сахарова всуе, не к месту и не ко времени», — пишут они.

Признаемся, такое нередко происходит после смерти великих людей. В 1911 г. подобная ситуация была прекрасно описана в рассказе Л. Андреева «Смерть Гулливера»: «Весть о смерти Человека-Горы всю страну Лилипуты одела в глубокий траур.

Его многочисленные враги и завистники, осуждавшие его за слишком большой, вредный для государства рост, умолкли, удовлетворенные смертью; наоборот, все с удовольствием вспоминали его силу и кротость (...). И кучка друзей, вначале весьма небольшая, с каждым днем заметно росла, пока наконец весь народ Лилипуты не превратился в искреннего, громко плачущего друга Гулливера.»⁸

Быть может, агитация вокруг имени А. Д. Сахарова вполне естественна. И все же, не смущает ли вас стремительное превращение образа Андрея Дмитриевича в икону?

С. А. Ковалев. Еще более смущает, что не один иконописный образ создается, а штук сто, наверное, и каждый создает их «под себя», для своих целей. Многим уже безразлично, каким Сахаров был на самом деле. Надо его быстренько нацепить на собственный прапор, чтобы, не дай Бог, не оказаться без этого образа на знамени. Кто только сейчас не борется за это имя! Некие православные деятели говорят, что икона — это замечательно, Сахаров и должен стать иконой, а в подтверждение приводят даже какие-то геометрические соображения. Надо, мол, сделать иконой, и на хоругвь, на хоругвь, и нести. По-моему, на эту тему удачней всех высказался Лесков. Обычно, по поговорке, о мертвых — либо хорошо, либо ничего. А Лесков сказал: о мертвых, как и о живых, правду надо говорить.

Ведущий. Но окажется ли образ Андрея Дмитриевича только на хоругвях или люди все-таки сумеют проникнуться его мудростью, терпимостью, честностью? Готовы ли мы по-настоящему глубоко воспринять его идеи?

С. А. Ковалев. Я в этом отношении пессимист и очень больших надежд на всеобщее глубокое понимание не питаю. Вот иногда спрашивают: что было бы, если бы парламент состоял из одних Сахаровых? По-моему, было бы прекрасно, потому что эти 500 Сахаровых вовсе не оказались бы абсолютными единомышленниками, но они были бы такими же предельно добросовестными, как Андрей Дмитриевич. Сейчас много говорят о новом политическом мышлении и подчеркивают, что оно отличало Сахарова. Но я не понимаю (мне кажется, что и он не понимал): что это значит — новое? Что значит — политическое?

М. К. Мамардашвили. Нет никакого

нового мышления. Или мысль есть — или ее нет.

С. А. Ковалев. В этом-то и дело. И если бы в парламент были избраны 500 человек, похожих на Андрея Дмитриевича, все было бы в порядке. Потому что они были бы так же ответственны, мудры, терпимы и так же не понимали бы, что значит новое и специфически политическое мышление. А пока таких людей недостаточно, и это чувствуется.

Когда зону целиком, разом переводят в пустой лагерь, все проходит вахту, и тут — опытные эски знают — кто-то начинает быстрый бег. Бегут к штабу разбирать ключи от хлебoreзки, бани, парикмахерской, прачечной и других таких же жизненно важных пунктов. Нечто подобное наблюдается и тогда, когда новые люди приходят к власти. Похоже, что в теперешней политической борьбе подчас преобладает тактика. Конституция, основы разных законов — это потом, потом. А главное — те или иные выборы. Надо на них победить и уж затем можно будет заняться принципиальными вопросами, а пока ими лучше пожертвовать. Этот вопрос испугает одних избирателей, а тот — других. Сейчас же нам важно никого не пугать — проиграть мы не имеем права.

Некоторая логика в этом есть, но есть и страшная опасность: маска прирастает. Например, как рассуждает молодой и недобросовестный научный сотрудник? В студенческие годы он говорит: напишу халтурный диплом, чтобы скорее начать работу над кандидатской диссертацией. Потом говорит: ладно, подхалтурю в кандидатской, а уж докторскую сделаю как следует. Надо же получить возможности для работы! Но он никогда не начнет работать, потому что так же будет рассуждать о докторской, о выборах в Академию — ведь возможности для исследований растут с каждой новой ступенькой. И он, конечно, полагает, что очень сильно продвинет науку, как только заберется достаточно высоко. Увы, опыт показывает, что научные потенции кончаются раньше, чем достигаются все необходимые степени. Науку делает только тот, кто еще студентом начинает заниматься наукой, а не своими возможностями.

Это не значит, что вопросы тактики нужно игнорировать. Я только очень буюсь, что на них все и остановится. По-моему, Андрей Дмитриевич тоже этого боялся. С. Станкевич рассказывал, как будущая межрегиональная группа собралась перед первым Съездом народных депутатов СССР. Молодые энергичные люди говорили очень много умных слов о политике, о том, как действовать, чтобы добиться того или иного резуль-

⁸ Цит. по: А н д р е е в Л. Избранное. М., 1982. С. 348—358. Мы благодарим одного из авторов номера Б. М. Болотовского, который обратил наше внимание на этот рассказ.

тата, а Андрей Дмитриевич вначале будто дремал, но затем встал и сказал: «Наверное, все, что вы говорите, правильно. Но я в этом совершенно ничего не понимаю. По-моему, раз нам предоставлена трибуна, мы должны говорить то, что думаем. Я, во всяком случае, так и собираюсь поступить.» Вы помните съезд — так он себя и вел. И помните результаты. Тогда казалось, что все проиграно, а теперь ясно, что на самом деле не так. Видите, вопрос о шестой статье Конституции теперь решился. Правда, авторство принадлежит не Сахарову, ну и ладно — это же несущественно. Может быть, сейчас надо добиваться, чтобы из отмены шестой статьи следовали бы должные выводы, и добиваться таким же прямым способом.

Ведущий. Многим кажется удивительной такая способность Андрея Дмитриевича не опускать руки даже в самом безнадёжном положении и находить решения, которые когда-нибудь, пусть в далеком будущем, дадут результат. Два года назад вы, Мераб Константинович, опубликовали в «Природе» статью, где писали о ситуации абсурда, в которой «всегда уже поздно» и которую изнутри понять и исправить нельзя⁹. Андрей Дмитриевич начал активную общественно-политическую деятельность в ситуации, которую можно отнести к ситуациям абсурда. Что помогло ему выйти из нее?

М. К. Мамардашвили. Это действительно роковой вопрос: что можно сделать в ситуации, когда всегда уже слишком поздно? Только одно: сменить сами координаты проблемы и саму почву, на которой возникает узел «уже поздно». И деятельность Сахарова была именно такой. Марсель Пруст говорил: «Ум не знает тупиковых ситуаций». Не знает в том смысле, что феномен ума есть разрешение тупиковой ситуации — не выход из тупика, а смена всех данных проблемы. Поскольку изнутри ситуация неразрешима, можно лишь вынести себя из нее и создавать другую почву, на которой подобные ситуации не возникали бы — только это будет осмысленной деятельностью.

С. А. Ковалев. На вопрос о том, что делать, когда решения не видно, Андрей Дмитриевич отвечал совершенно прямо и однозначно. Надо принимать принципиальные решения, потому что все равно в существующей системе отношений ничего не поделаешь. И этого держался. Есть известное интервью, которое он дал в Горьком. Его спросили, надеется ли он на изменение общей ситуации в обозримом будущем.

Андрей Дмитриевич ответил, что таких надежд не питает. Что же делать в этих условиях? Строить идеал, сказал он, потому что интеллигенция всегда только этим и занималась. Но тут же заметил: впрочем, крот истории роет незаметно. Уж если вспомнить разговор о пророке, то элемент пророчества только здесь и есть.

М. К. Мамардашвили. В ситуации абсурда важен сам факт ее публичного обсуждения. Актом обсуждения мы повторяем элементы ситуации — не меняем ситуацию, а повторяем ее. Может быть, в этом повторении и происходит какая-то тайная работа истории. За это время может подействовать крот истории, которого Сахаров имел в виду.

С. А. Ковалев. Да, не тот, который уже на поверхности, а тот, который еще появится.

М. К. Мамардашвили. Божьи жернова мелют очень медленно, но основательно. Поэтому приходится строить какую-то идеальность, не ожидая, что она реализуется за время твоей жизни. Кстати, это очень старая нота русской культуры. В свое время Чаадаев предлагал отказаться от одной из трех христианских добродетелей — любви, веры и надежды. Он предлагал отказаться от надежды (пускай Господь нас простит), поскольку любое действие в болоте ситуации еще глубже погружает нас в это болото. И спасением может быть только свободная, трезвая мысль.

Сахаров был современным мыслителем-профессионалом, для которого мысль, подчиненная только законам самой мысли — дело собственного достоинства и чести. Это особый тип, не слишком характерный для русской интеллигенции, которая фактически была крестным орденом радикализма. Такой тип возник в начале века рядом с радикальной интеллигенцией — я не случайно вспоминал Вернадского. И эту традицию продолжил, мне кажется, Сахаров. Из того портрета, который рисовал Сергей Адамович, выступает облик антиинтелигента, а это весьма существенная фигура в российской истории. Она отрадное исключение на фоне всеобщего нигилизма, в частности правового. Я бы сказал, что Сахаров был бескомпромиссным сторонником компромисса, т. е. человеком, который способен сотрудничать с существующей властью, а не углублять пропасть между ней и обществом. Но стремление к сотрудничеству никогда не заставляло его извращать свою мысль, делать ее услужливой. Это замечательный пример, особенно необходимый в сегодняшней ситуации, которая поразительно напоминает ситуацию 1900-х годов в России, воспроизводит те же комбинации политических сил и платформ,

⁹ Мамардашвили М. К. Сознание и цивилизация // Природа. 1988. № 11. С. 57—65.

а следовательно, может воспроизвести и результаты.

Перед нами снова разворачивается пропасть нигилизма. В обществе господствует настроение, что, во-первых, во всем виновата власть, во-вторых, из рук власти мы не хотим ничего — ни хорошего, ни плохого, а в-третьих, если чего-то и хотим, то хотим немедленно, всего сразу и целиком. Это классический случай нигилизма. Пропать между властью и обществом тем более опасна, что в пустоту всегда входит третья сила. В такую пустоту уже однажды вошли большевики. Они пользовались как раз нигилистическим состоянием общества, которое возникло, когда естественное развитие Российской империи было прервано в 1914 г. (Это точнее, чем называть 1917 г. Не нужно делать историческое описание актом обвинения против каких-то лиц — скажем, большевиков; в такой форме это было бы просто нелепо. Говоря словами Бердяева, произошла космическая катастрофа. Стоит ли искать конкретных виновников?)

К сожалению, сегодня по-прежнему очень мало людей, способных занять позицию, подобную позиции Сахарова. И мы снова сталкиваемся с опасностью предательства интеллигенции. Однажды такое предательство уже случилось — в 1900-х годах. Я имею в виду предательство, заключающееся в невыполнении интеллигенцией своей функции, каковой является мысль, а не забота о народе и сев разумного, доброго, вечного. Ни в одном развитом гражданском обществе не существует неразрешимой проблемы «народ и интеллигенция», и интеллектуалы не спорят о том, что они должны сделать для народа. Мысль не производится ни для кого, мысль производится ради мысли.

С. А. Ковалев. Необходимо сохранять независимость, потому что без независимости и мысли нет. А те русские, к которым первоначально относился термин «интеллигенция», всегда выбирали какую-то сторону баррикад и в конце концов оказывались ангажированными, зависимыми. Какая уж тут мысль!

Мысль — это нечто, за чем следует итог. Если решение есть раньше мысли, то для мысли не остается места. Русская интеллигенция всегда принимала решения до мысли, при этом произносились высокие слова о справедливости, обиженных, униженных и оскорбленных. Совершенно прав Мераб Константинович: при этом интеллигенция автоматически отделяла себя от народа. Она могла заявлять о своей вине перед народом, но чувствовать себя народом не умела и не хотела. И раз на ней вина перед народом,

она должна народу помочь, и тогда придется выбирать сторону баррикад. Только этим и занималась русская интеллигенция. Конечно, не вся, но, скажем, правовое движение 1900-х годов заглохло опять-таки из-за выбора баррикад. Сторонники права оказались в меньшинстве и были заклеены обеими сторонами именно за попытки сохранить независимость.

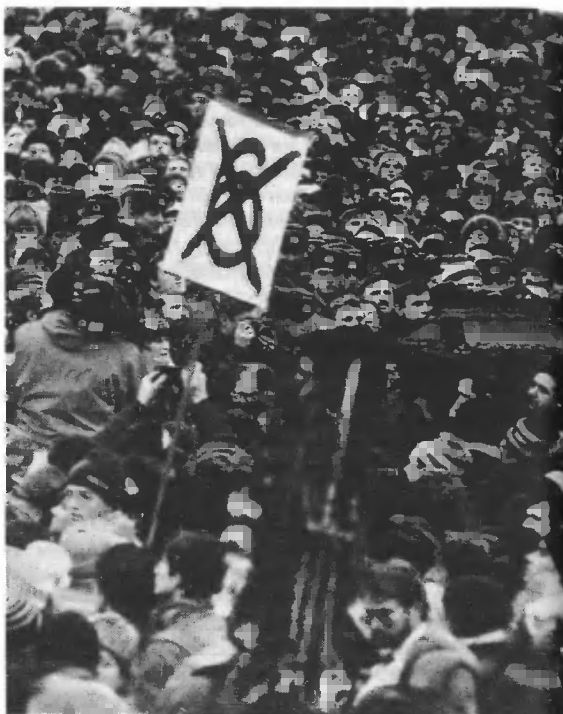
Ведущий. Даже сохраняя независимость мысли, порой очень трудно найти верное решение. Ведь с одной стороны, нельзя отказываться от идеалов, а с другой, нужно действовать реалистично, ответственно. Но умению Андрея Дмитриевича строить идеал, одновременно выдвигая и конструктивные предложения, боюсь, научиться невозможно: это, как и евангельская мораль, — жизненный принцип, а не набор рецептов.

М. К. Мамардашвили. С этим я не могу согласиться. Настоящие идеалы предполагают четкое осознание человеческого несовершенства и, следовательно, помогают вести политику прагматическую, т. е. не построенную на идеализации человека. Это и есть реализм. Например, Конституция Соединенных Штатов основана на простой вещи — в ней заложено понимание зла человеческого и разработаны социальные балансы и противовесы, компенсирующие одно зло другим. Европейцы, а тем более американцы, умеют одевать идеалы в плоть трезвого понимания человека. А российская традиция — провозглашение идеальности человека и расчет на нее. Если мы от нее откажемся, то сумеем действовать в духе Сахарова, это будет естественно получаться.

Идея создать нового человека и на этой основе построить коммунизм уже не популярна, но остатки ее в нас прочно проросли, так что в тайниках и закоулочках она все еще дает побеги. Это антихристианская идея. Почти все заповеди в Евангелии принадлежат так называемой исторической части христианства и только две из них внеисторические, метафизические, и обе они потакают человеку. Нам завещаны две вещи — вечная жизнь и свобода, невыносимый дар свободы. Других заветов нет.

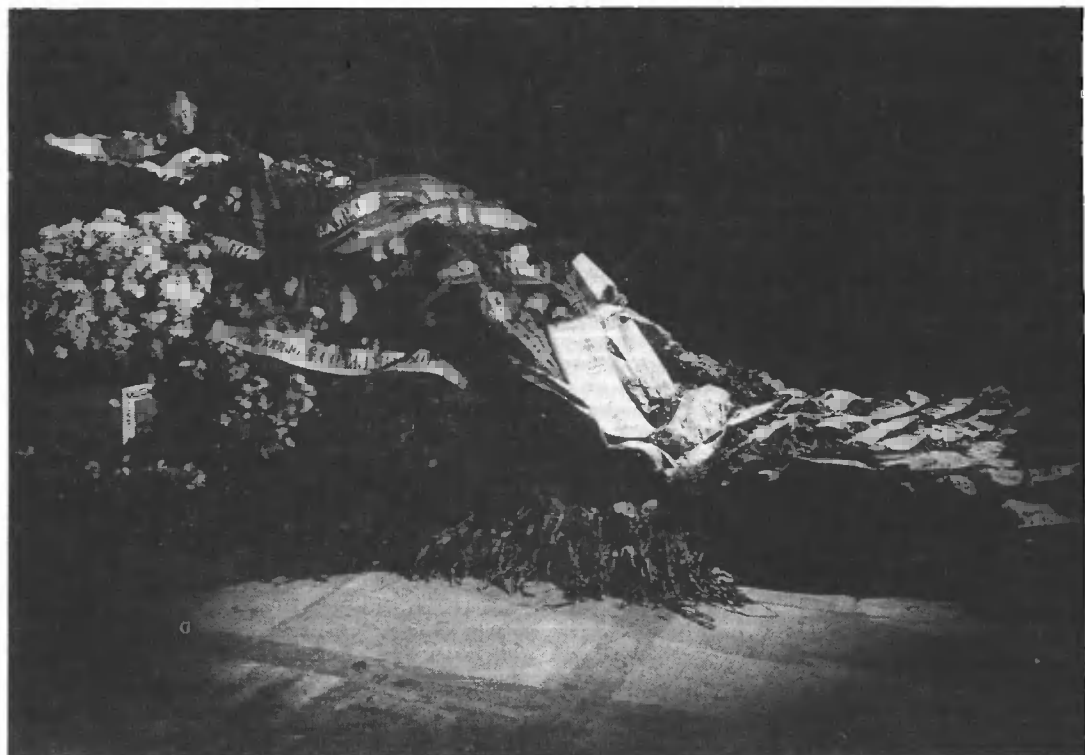
Ведущий. И принимая этот дар, мы можем вслед за Андреем Дмитриевичем искать опору лишь в независимой мысли, абсолютной честности, ответственности перед другими и любви к живым, невыдуманым людям. Быть может, это и есть главное послание нам, которое заключено во всей жизни и делах академика Сахарова?

© Беседу за «круглым столом» организовали и провели
И. Н. Арутюнян и Г. М. Львовский









Грани таланта

Д. А. Киржниц,

член-корреспондент АН СССР

Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР

ЭТИ ЗАМЕТКИ, в достаточной мере субъективные и фрагментарные, основаны на впечатлениях, накопившихся за 20 лет совместной работы с Андреем Дмитриевичем в ФИАНе. Их цель — добавить несколько штрихов к портрету Сахарова-физика без претензии на попытку раскрыть подлинные глубины его творческой личности. Здесь нужна серьезная и длительная работа с участием специалистов и пишущих о науке литераторов, которой должно предшествовать «открытие» хотя бы части закрытых работ Сахарова, воспоминаний его товарищей по работе и, конечно, публикация мемуарных и автобиографических трудов самого А. Д. Более того, по убеждению автора этих строк, проникнуть в образ Сахарова-ученого трудно в отрыве от анализа его общественной деятельности — и там, и здесь проявлялись одни и те же черты его неповторимой личности. Ведь чем она крупнее, тем обманчивее внешние впечатления (кто, например, мог предположить, не зная А. Д., что за его мягкой интеллигентной внешностью стоит железный характер негнбимого борца). Обо всем этом думаешь, глядя на полученный от четы Сахаровых подарок — два абсолютно неотличимых внешне шарика, один из которых упруго отскакивает от пола, а другой «прилипает» к нему.

Каждый, кто соприкасался с А. Д. по науке, в той или иной степени ощущал особенности, отличавшие его творческую личность. Сюда относится,

прежде всего, необычайная широта научных интересов. Если что и роднило те крайне разнородные проблемы, которыми он занимался, то это их глобальность. Имеется в виду глобальность по существу (теория строения и эволюции Вселенной как целого) или по их общечеловеческой значимости (проблема использования энергии синтеза ядер или же последние проекты по безопасной ядерной энергетике и предупреждению землетрясений). Часто спрашивают: к чему больше тяготела душа А. Д. — к фундаментальным или прикладным проблемам? Думается, скорее к последним. Во всяком случае, когда А. Д. был отлучен от прикладных работ и получил возможность сосредоточиться на фундаментальной деятельности, он стремился включиться в работы по лазерному термоядерному синтезу, обещавшие человечеству новый источник энергии. Надо думать, что здесь проявлялся не только склад его творческой личности, но и общественная позиция — желание принести людям прямую и зримую пользу.

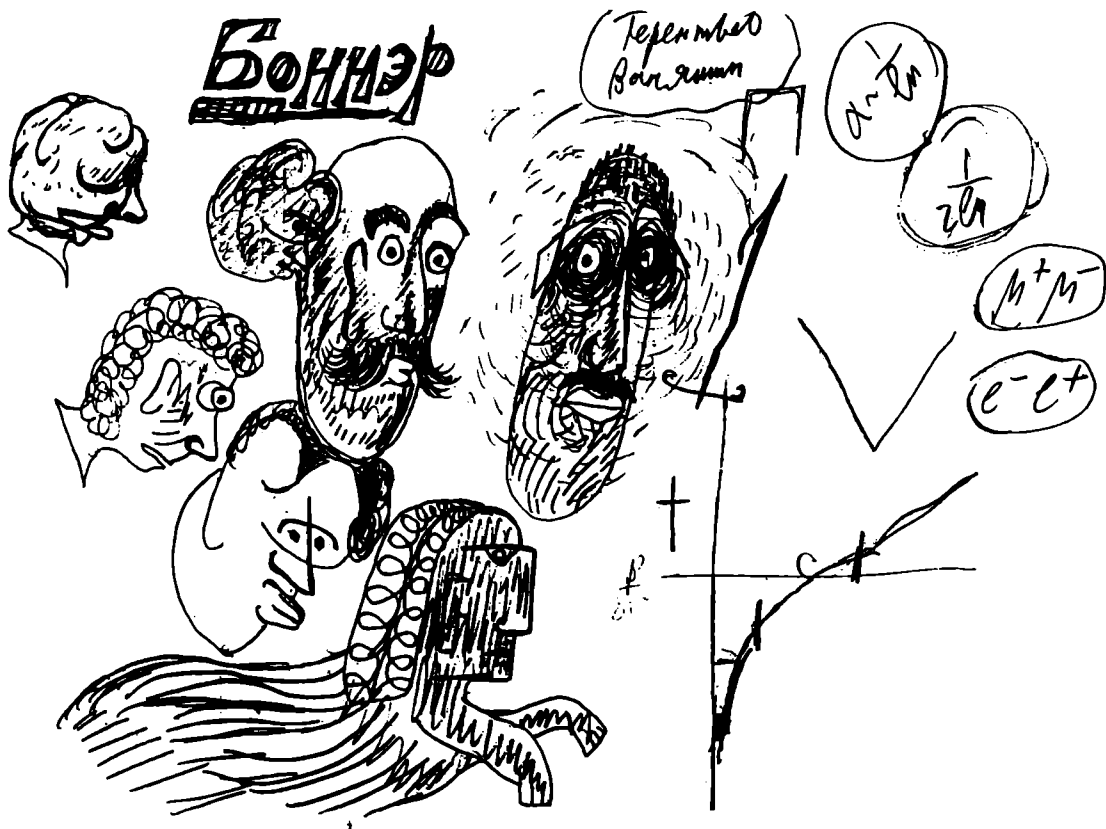
Важно отметить, что, занимаясь глобальными проблемами, А. Д. не ограничивался высказыванием общих идей, предоставляя другим воплощать их в конкретную форму. В этом смысле он не страдал ни дальновзоркостью, ни близорукостью — деревья для него не заслоняли леса, а лес деревьев. По свидетельству коллег по прикладной работе, он умел доводить дело до числа по меньшей мере не хуже других и находил вкус к этой работе. Но разве не такое же отсутствие «аристократизма» мы видим в общественной деятельности А. Д., который не только создавал такие

документы эпохи, как меморандум «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе» или проект новой Конституции, но и лично «пробивался» на закрытые судилища или трибуну парламента?

Сахаров-ученый выделялся удивительной независимостью и оригинальностью физического мышления. И. Е. Тамм, его учитель, вспоминал, что уже при поступлении в аспирантуру Сахаров поразил экзаменаторов своим нестандартным подходом к самым простым и, казалось бы, очевидным вещам. Слушая доклады А. Д. или дискутируя с ним, приходилось ловить себя на мысли, что ему известен какой-то свой, более прямой путь от посылки к следствию — настолько быстро он постигал далекие последствия обсуждающегося утверждения. Сахаровские идеи нередко изумляли своей неожиданной простотой и очевидностью (становящейся явной, разумеется, лишь после того, как они высказаны) — как будто А. Д. срывал растущий у самой дороги гриб, мимо которого проходили, повинуясь привычным представлениям, все остальные. Надо думать, что независимость мышления А. Д. имела своим истоком присущие ему внутреннюю свободу и органический неконформизм, которые столь зримо проявились в его общественной деятельности.

Характерной чертой творческой личности А. Д. была и мощь его физической интуиции¹.

¹ Пожалуй, одним из наиболее показательных примеров проявления физической интуиции был подвиг русского летчика К. К. Арцеулова



Прекрасно владея аппаратом теоретической физики, он был

во время первой мировой войны (и А. Д. был согласен с такой оценкой, услышав мой рассказ об этом). Арцеулов поставил на карту собственную жизнь, проверяя правильность своих интуитивных представлений о механизме штопора и способе выхода из него. Он почувствовал, что для этого нужно делать нечто прямо противоположное тому, к чему вызвали инстинкт самосохранения и тогдашний опыт пилотирования, — нужно не противодействовать тем уклонениям от курса, которые ведут к сваливанию в штопор, а, напротив, усиливать их! Именно так — и только так — можно сохранить управляемость аэроплана, потеря которой и вела обычно к гибели пилота. Первым в истории авиации Арцеулов сознательно ввел машину в штопор и благополучно вышел из него, создав методику, спасшую жизни множества летчиков. И лишь через десяток лет ученые-аэродинамики обосновали эту методику.

в высокой степени наделен способностью предвидеть результат до всяких вычислений (его коллеги по прикладной деятельности уверяют, что он нередко предсказывал даже величину численных коэффициентов). Иногда, поражаясь способности А. Д. предельно ясно представлять детали поведения электрона или нуклона, трудно было отделаться от ощущения, что он умеет мысленно перевоплощаться в эти частицы, как бы самой кожей ощущая то, что «выпало» на их долю. Не подобная ли способность к перевоплощению порождала сострадание, подавившее А. Д. и на защиту преследуемых правозащитников, и на борьбу за лучшую участь нашего несчастного народа?

С физической интуицией тесно связан образный характер мышления. Не берусь утверждать, что А. Д. была свойственна симметрия между лево- и правополушарной активностью,

хотя именно на эту тему мы шутили, зачарованно наблюдая, как во время докладов А. Д., дописав строку, перекидывал мел в левую руку и столь же свободно продолжал писать ею. Во всяком случае, во время наших визитов в Горький А. Д., внимательно слушая новости, непрерывно рисовал на листах бумаги (позднее мною похищенных) разные фигурки: усатые рожицы, сфинксов и т. п. Быть может, приведенные факты что-то скажут психологам, если им попадутся на глаза эти строки.

Еще одна отличительная черта Сахарова-ученого — научная смелость. В самом деле, каким еще словом охарактеризовать пророческую идею о распаде протона, идущую вразрез с тогдашними представлениями о микромире, или гипотезы о том, что в процессе эволюции Вселенной менялось направление времени и существовала стадия, когда отсутство-

Дорогие Давид Абрамович и Андрей Андреевич
 Спасибо за хлопоты по моему ^{статье} ~~статье~~, ^{и просьбу}
 продолжить. Я вновь переписал статью,
 попом дали еще вставки и исправления, и
 посылал еще раз. Может вы сможете еще
 раз просмотреть статью, и сделать ~~некоторые~~
 при необходимости критические замечания.
~~Если же~~ (или хотя бы один из вас)
 Если вы считаете возможным перепечатать
 статью в том виде, что я прислал, то
~~пожалуйста~~ пожалуйста действуйте.
 Видно, опыт надо перенести, и
 приложу за это извинения. ~~Мне~~
 Я посмотрел статью Виленкина
 майки на-днях. Я не морщился,
 т.к. Андрей сказал, что статья ошибоч-
 ная. Оказалось, что основная идея
 автора — та же, что основная идея и

вало всякое движение (мир Парменида, по терминологии А. Д.)? Впрочем, сочетанием слов «Сахаров» и «бесстрашие» теперь никого не удивить.

И в заключение несколько запомнившихся эпизодов, которые, надеюсь, дадут дополнительные штрихи к портрету Сахарова-ученого. После одного из докладов А. Д. выступил молодой самоуверенный теоретик, который, явно поучая докладчика, заявил, что-де один результат можно получить более строгим путем, другой имеется еще у Ю. Швингера и т. п. Ожидая, что докладчик просто отмахнется от этой критики, мы немало были удивлены тому, что после семинара А. Д. подошел к своему не слишком тактичному оп-

поненту и еще долго, сидя с ним, обсуждал детали доклада. По-видимому, А. Д. почувствовал в нем специалиста, а все остальное уже не имело никакого значения.

Другой эпизод относится к моему вместе с другим сотрудником (который заметно уступал А. Д. в росте и объеме) визиту в Горький. Когда мы сели за стол и начали работать, А. Д. сказал: «Что-то мне холодно, пойду надену куртку». По его возвращении я заметил, что куртка сидит на А. Д. как-то странно. Через несколько часов напряженной работы, когда мы собирались уходить, сотрудник попросил: «А. Д., верните, пожалуйста, мою куртку». В процессе

Фрагмент письма Д. А. Киржицы к А. Д. Линде из Горького.

работы А. Д. было не до физических неудобств.

Еще один факт. Он характеризует А. Д. как человека щепетильного в отношении ссылок на чужие работы. Нужно сказать, что соответствующие моральные стандарты не слишком высоки: далеко не все ссылаются на работу, выполненную независимо и близко по времени, и почти никто, если она вдобавок содержит ошибки. А вот цитата из письма А. Д. посланного из Горького А. Д. Линде и мне: «Я посмотрел статью Виленкина только на днях. Я не торопился, т. к. Андрей сказал, что статья ошибочная. Оказалось, что основная идея автора — та же, что основная идея у меня. (...) Если даже в дальнейшем автор в чем-то ошибается — не это главное. Я поэтому не мог не сослаться на Виленкина самым серьезным образом...»

Существует легенда, что путь Сахарова в науке предопределила случайная встреча Тамма с отцом А. Д. — физиком Д. И. Сахаровым, который будто бы сказал: «Игорь Евгеньевич, есть у меня сын Андрюша, он конечно, не NN, но все-таки поговорите с ним — вдруг из него выйдет толк». Правда это или нет, но в конечном счете А. Д. стал учеником Тамма и, следовательно, как физик-теоретик принадлежал к школе Мандельштама — Тамма. Удивительно (а может быть, как раз неудивительно), насколько личность А. Д. соответствовала научным, человеческим и гражданским принципам этой школы, хотя он во многих отношениях далеко шагнул за ее пределы, воплощая эти принципы в жизнь.

Товарищ школьных лет

А. М. Яглом,

доктор физико-математических наук
Институт физики атмосферы АН СССР
Москва

Я НИКОГДА не писал воспоминаний, но сейчас понимаю, что должен нарушить это обыкновение. Дело в том, что я, видимо, знал А. Д. Сахарова дольше всех, с кем он продолжал встречаться до конца жизни. Это обстоятельство вместе с уверенностью, что все касающееся Сахарова должно быть сохранено, заставило меня взяться за перо.

Я познакомился с Андреем Сахаровым в 8-м классе — в конце 1935 или в начале 1936 г. До этого (вместе с братом-близнецом, теперь, увы, покойным) учился в семилетней школе. После ее окончания те из нас, кто собирался учиться дальше, были вынуждены перейти в другую школу. По совету знакомых мы с братом подали заявления в школу № 114 на Большой Грузинской улице; однако некоторые ученики нашего класса выбрали школу № 113 на 2-й Брестской улице.

В 7-м классе мы с братом считались лучшими математиками; и вот один приятель из 113-й школы сообщил нам, что в его новом классе тоже есть сильный математик — Андрей Сахаров. Так мы встретились с Андреем Сахаровым (Андрюшей мы его никогда не называли). Во время первой встречи говорили главным образом о математике (мы с братом гораздо больше, чем Андрей, который всегда был не очень разговорчивым) и, кажется, понравились друг другу — во всяком случае, обменялись телефонами и договорились встретиться. Мы сразу же рассказали новому приятелю о математическом кружке при МГУ, который посещали, и об университетских воскресных лекциях для школьников; Андрей слушал с интересом, но желания присоединиться к нам не выразил.

Тем не менее встречаться стали довольно часто. Мы рассказывали Андрею о том, что узнавали на заседаниях математического кружка и из журналов «Математика в школе» и «Математическое просвещение», которые регулярно читали; ему это было интересно, и нередко он удивлял нас неожиданными замечаниями, освещавшими обсуждаемую математическую проблему с новой для нас стороны. Несколько раз он пробовал предложить нам задачи по физике, но они у нас энтузиазма не вызывали: в те годы школьный курс физики не включал никаких задач, кроме совсем уж тривиальных упражнений, и потому вкуса к решению физических задач у нас не было. Кажется, весной 1936 г. мы уговорили Андрея пойти с нами на воскресную математическую лекцию в МГУ, но что это была за лекция и какое она произвела на Андрея впечатление, я не помню, как не помню, о чем еще, кроме математики и физики, мы говорили во время наших встреч. Помню лишь, что договорились до следующего учебного года вместе ходить на секционные заседания математического кружка при МГУ.

И действительно, перейдя в 9-й класс, Андрей Сахаров начал вместе с нами посещать одну из секций математического кружка при МГУ. Занятия проходили в определенный день недели по вечерам в одной из аудиторий мехмата в старом здании университета на Моховой и обычно продолжались около двух часов. Они включали небольшое собрание руководителя секции — студента старшего курса или аспиранта; попутно предлагался ряд задач, а затем начинался разбор решений, иногда предложенных участниками тут же, но чаще найденных дома. Изложение решений нередко превращалось в довольно длинный доклад, но Анд-

рей Сахаров редко выступал с длинными сообщениями. Задачам на доказательство теорем он явно предпочитал задачи на построение или популярные в школьных кружках комбинаторные задачи, где требовалось найти ответ, и нередко первым указывал правильное решение, но объяснения его часто были непонятны другим без дополнительных комментариев руководителя кружка, а иногда и его ставили в затруднение.

Я невольно вспомнил об этом, когда гораздо позже в ходе одного из моих разговоров с Сахаровым (происходившего, вероятно, в начале 70-х годов) пожаловался, что очень медленно и с трудом пишу статьи; в ответ же услышал, что он вообще не умеет писать длинных статей, так как в течение ряда лет привык ограничиваться краткими рецензиями и предсказаниями результатов — подробных объяснений от него не требовалось.

Мы с братом были увлечены школьным математическим кружком, но когда в начале 10-го класса позвонили Андрею и предложили снова пойти в МГУ, то услышали, что он в этом году занятия математического кружка решил не посещать. При этом он добавил: «Если бы в университете имелся школьный физический кружок, я бы непременно туда пошел». Такой кружок при МГУ был организован лишь двумя годами позже, но мне кажется, что в 1937—1938 гг. математика вообще была гораздо популярнее среди московских школьников, чем физика. Поэтому разговор с Андреем нас немного удивил, мы даже подумали: ему не нравилось, что так много времени на занятиях уделялось строгим доказательствам теорем.

Летом 1938 г. Андрей Сахаров и мы с братом закончили школу и поступили в Московский университет; больших

конкурсов тогда не было, и поступить было нетрудно. Андрей, естественно, выбрал физический факультет, я тоже поступил туда, а мой брат — на мехмат (мы договорились параллельно учиться на обоих факультетах). Сокурсников Сахарова по университету пока еще, к счастью, сохранилось довольно много, но, думаю, что по крайней мере в первые годы я был с Андреем ближе других (ведь мы дружили еще в школьные годы). Не могу сказать, однако, что я был его близким другом — мне кажется, в те годы у него вообще не было близких друзей. Возможно, из-за интенсивной внутренней жизни он долго был как бы отгорожен от других. Был всегда доброжелателен — не было никого на нашем курсе, кто бы его недолюбливал, но близко к себе не допускал.



40-е годы.

Учился он хорошо, но не блестяще; мне кажется, преподаватели его не всегда до конца понимали; кроме того, сдавая экзамены, он обычно говорил медленно и как бы неуверенно; поэтому в зачетной книжке у него наряду с пятерками было довольно много четверок. Особенно плохо ему давались общественные дисциплины; видимо, тогда они ему были бесконечно далеки, а способностью гладко и бессодержательно рассуждать на общие темы он ни в коей мере не обладал. Поэтому по общественным дисциплинам у него были и тройки, а как-то даже пришлось пересдавать один из этих экзаменов. Когда в конце 60-х годов я прочел прекрасно написанные сахаровские «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе», то был поражен — казалось, что написал их другой человек, а не хорошо мне знакомый Андрей, отрешенный от всего, что не касалось физики. А ведь в конце его жизни вся страна не отходила от телевизоров и с огромным волнением следила за выступлениями Сахарова — блестящим оратором он так и не стал, но говорил предельно четко и ясно, поразительно умея в нескольких словах сказать самое важное. Мне кажется, всю свою жизнь он внутренне развивался, медленно, но предельно основательно, все додумывал до

конца, в отличие от людей другого типа — быстро созревающих, но рано останавливающихся на достигнутом уровне.

Но вернусь к нашим университетским годам. Учился Сахаров не блестяще — чисто формально я или, например, М. Л. Левин считались на курсе лучшими студентами, чем Сахаров. Но, следуя обычаю школьных лет, мы с ним часто разговаривали «про науку», и у меня сложилось убеждение, что он сильнее меня — понимает что-то, недоступное мне. Приведу хорошо запомнившийся пример. На третьем курсе на лекциях по математической физике мы узнали про функции Бесселя и связь нулей функции Бесселя нулевого порядка с собственными частотами колебаний круглой мембраны. Вскоре Андрей рассказал мне про придуманный им метод оценки нулей функции Бесселя нулевого порядка. Как это случилось и раньше, понять его до конца было трудно (мне часто казалось, что Андрей пропускает какие-то не очень простые логические шаги, которые ему представляются очевидными; с этим, возможно, была связана и его нелюбовь к длинным логически безупречным доказательствам теорем), но у меня осталось впечатление, что «здесь что-то есть». Для проверки я

предложил ему взять лист бумаги и вычислить несколько первых нулей. Он согласился и через короткое время принес результаты расчетов. Мы пошли в университетскую библиотеку, разыскали справочник — оказалось, что вычисленные им значения первых трех или четырех нулей почти не отличаются от указанных в таблице. Я воспринял это как чудо (мне казалось, что его теория не может не быть весьма грубой) и запомнил на всю жизнь; а Андрей даже не испытал особого удовлетворения — он был совершенно уверен в результате.

К сожалению, третий курс физфака оказался последним, на котором я учился вместе с Сахаровым. Летом 1941 г. началась война. В первые дни многие из нас безуспешно пытались записаться добровольцами в армию (из тех, кому это удалось, никто с войны не вернулся), а в июле — августе 1941 г. нас направили на строительство оборонительных укреплений в Смоленской области (Андрея, не помню, по какой причине, с нами не было). В сентябре всех студентов курса призвали в Военно-воздушную академию, но Андрей и я не прошли медкомиссию. 16 октября МГУ должен был эвакуироваться в Ташкент. Последний раз осенью 1941 г. я видел Сахарова за два

дня до предполагаемой эвакуации, когда он помог нам с братом доставить вещи на физфак, откуда их должны были вывезти в Ташкент. Но 16 октября эвакуация не состоялась — рано утром по радио передали ужасную сводку Совинформбюро; в Москве началась паника, студентам объявили, что университет закрывается и всем рекомендуется уходить пешком на восток вдоль линий железных дорог. Многие так и поступили; я же остался с родителями в Москве, и 20 октября в вагонах метро наша семья была вывезена в Свердловск вместе с остатками Наркомчермета, где работал отец. Университет же 20-го снова начал функционировать, и через несколько дней Андрей вместе с большой группой студентов, аспирантов и преподавателей был эвакуирован, но уже не в Ташкент, а в Ашхабад.

Следующая моя встреча с Сахаровым состоялась в Москве в 1945 г. Он вернулся из Ульяновска, где после окончания университета работал на военном заводе и там же женился; я тоже окончил университет и, проработав полтора года в научном институте в Свердловске, поступил в Москве в аспирантуру Математического института АН СССР. При этом я очень интересовался теоретической физикой и регулярно посещал руководимый И. Е. Таммом семинар теоретического отдела ФИАН. Андрей же мечтал об аспирантуре в ФИАНе; по его просьбе мы с нашим сокурсником П. Е. Куниным (в то время аспирантом Тамма) привели его в ФИАН и познакомили с Игорем Евгеньевичем. (Позже я узнал, что Дмитрий Иванович Сахаров, отец Андрея, приезде сына в Москву передал какую-то его научную рукопись Тамму через работавшего в пединституте математика А. М. Лопшица, давнего знакомого Игоря Евгеньевича.) Тамм сообщил Андрею, что для поступления в аспирантуру необходимо сдать вступительный экзамен в форме доклада на семинаре теоретдела; тему доклада поступающий может или выбрать по своему усмотрению, или же попросить, чтобы ему назначили. Андрей выбрал тему сам (что-то о дифракции

электромагнитных волн на твердых телах); мы с Куниным были на докладе и дружно решили, что доложил он очень неудачно, но Игорь Евгеньевич нашел доклад замечательным и тут же объявил, что принимает Андрея к себе в аспирантуру.

В годы аспирантуры и первые годы после ее окончания я часто встречался и много разговаривал с Андреем; беседы на физические темы были всегда интересны, но нередко мне приходилось позже додумывать то, что я услышал во время них. Одно лето он снимал дачу на канале Москва — Волга, недалеко от ст. Водники, где лаборатория, в которой я работал, проводила в тот год измерения характеристик атмосферной турбулентности; тогда я ближе узнал его первую жену Клавдию Алексеевну и познакомил его с заведующим моей лабораторией А. М. Обуховым и его женой, с которыми Андрей и Клава быстро подружились. Затем Андрей надолго исчез из поля зрения: он напряженно работал вне Москвы и был практически недосыгаем.

После возвращения Андрея в Москву я встречался с ним нечасто. Помню, летом 1971 г. (через два года после смерти Клавды) мы гуляли с женой в Переделкине и встретили там Андрея с его второй женой Еленой Георгиевной (Люсей) Боннэр, которую я до того не знал. Сахаров в то время собирал подписи под письмом об отмене смертной казни; я сказал, что, по-моему, отмена смертной казни — не самое первое, чего следовало бы добиваться в СССР в эти годы, и, кроме того, смертную казнь за террористические акты следовало бы сохранить, чтобы не множить захватов заложников с целью освобождения арестованных террористов. Андрей негромко, как бы убеждая самого себя, возражал: «Нет, не может быть закона, требующего убийства людей. А ты подумал о тех, кто будет приводить в исполнение смертную казнь?» (Я убежден, что все, что он говорил, было им давно продумано, но ведь и на его научных сообщениях часто создавалось впечатление, что он придумывает по ходу доклада.) Больше к этому вопросу мы не

возвращались; конечно, тогда прав был он, а не я. Помню еще, что во время прогулки мы все радовались лесу, траве и солнцу, а Люся сказала, что это замечательно, так как до знакомства с ней Андреем никогда не гулял в лесу.

Осенью следующего года мы с женой столкнулись с Андреем и Люсей в буфете гостиницы в Тбилиси, куда приехали на несколько дней. Два моих грузинских аспиранта предложили на следующий день повезти нас на автомобилях в Мцхету и к храмам Аteni и Кинцвиси с очень интересными фресками XII в. Я тут же пригласил Андрея и Люсю. Поездка была чудесной; в ней приняли участие сестра моей жены и бывший тогда ее мужем Юра Туvin, который тут же влюбился в Андрея Дмитриевича и позже трогательно ухаживал за ним и Люсей в Москве, помогая, чем только можно.

Благодаря дружбе с Тувиным я неожиданно оказался свидетелем того, как Андрей узнал о присуждении ему Нобелевской премии мира 1975 г. Осенью, когда Люся уехала на Запад лечиться, Андрей Дмитриевич договорился прийти как-нибудь вечером к Юре в гости; когда дата визита была уточнена, Юра позвонил мне и предложил провести вечер в приятной компании (но не сказал, кто у него будет — имя Сахарова тогда предпочитали по телефону не называть). Неожиданно оказалось, что именно в этот день в Осло было объявлено о присуждении Сахарову Нобелевской премии. Множество журналистов попытались связаться с новым лауреатом, но телефон у него не отвечал, и никто не знал, где его искать. Наконец кто-то из друзей Сахарова (кажется, Лидия Корнеевна Чуковская) в ответ на очередной звонок из-за рубежа, сказал, что Сахаров, возможно, находится у Ю. Тувина, и указал его телефон и адрес. Ничего не подозревая, я пришел к Юре как раз в тот момент, когда в квартиру хлынула толпа иностранных журналистов и связанных с Сахаровым правозащитников. Вечер мне хорошо запомнился — он был очень радостным (меньше всего радовался, как мне показало, сам Андрей), но из идеи

Юры уютно посидеть в узкой компании, естественно, ничего не получилось.

На следующий день мы с Юрой пошли еще раз отпраздновать присуждение премии к Андрею на ул. Чкалова, где застали много знакомых. Телефон звонил не переставая; на все звонки из-за границы отвечал Л. З. Копелев, хорошо знающий несколько иностранных языков, но когда он ушел, а из-за рубежа позвонили снова, Юра обратился ко мне: «Возьми трубку, ты ведь можешь говорить по-английский». Не знаю, заметил ли Сахаров мое смущение или просто догадался, что мне это может быть неприятно, но он тут же вмешался: «Нет, тебе не стоит говорить от меня по телефону». (Мне действительно не хотелось говорить с этого, безусловно, прослушиваемого телефона с заграничной: я был уверен, что такой разговор обязательно привлечет ко мне внимание КГБ.)

Между 1975 г. и высылкой Сахарова в Горький в начале 1980 г. я всего пару раз видел Андрея. Как-то во время одной из встреч (по-моему, еще до 1975 г.) я спросил, не смущало ли его, что его научная работа была связана с созданием супербомбы, предназначенной для уничтожения людей. (Этот вопрос меня особенно интересовал, так как сам я по окончании аспирантуры в конце 1946 г., будучи очень увлечен теоретической физикой, все же отказался пойти работать в ФИАН, поскольку часть времени мне пришлось бы заниматься прикладной тематикой, связанной с работами над атомной бомбой.) Андрей внимательно меня выслушал и, подумав, ответил: «Нет, знаешь, тогда я над этим не задумывался; уж очень интересно было выяснить, заработает ли все, что мы придумали». Я знаю, что на тот же вопрос Андрей иногда отвечал и иначе — он считал наличие бомбы у обеих сторон лучшей гарантией, что ее никогда не применят. Тем не менее интересным мне кажется и ответ, данный мне; я убежден, что оба ответа правдивы (неправдивых у Сахарова вообще быть не могло), но, вероятно, оба соображения играли для него определенную

роль. Возможно, первое точнее отражает его чувства в начале работы, а второе относится к более поздней стадии — ведь Сахаров все время находился в процессе развития, и взгляды его претерпели много изменений.

После возвращения Сахарова из горьковской ссылки я сразу же позвонил ему, чтобы поздравить с приездом; мне очень хотелось повидаться, но он все время откладывал встречу, так как был занят. Тем не менее я довольно часто звонил ему и всегда слышал: «Хорошо, что ты звонишь, звони еще». Не знаю, было ли это проявлением его редкой деликатности и мягкости или ему действительно, несмотря на неизменную занятость, всегда были приятны звонки столь старого друга.

Летом 1988 г. мы встретились на конференции в Ленинграде, посвященной 100-летию со дня рождения А. А. Фридмана, где Сахаров выступил с очень интересным научным докладом (видимо, последним в его жизни) и как-то очень по-детски радовался возможности говорить с физиками о физике. Он, в частности, с чувством глубокой жалости и восхищения рассказал мне о своем разговоре с С. Хокингом — крупным английским ученым, почти полностью парализованным в результате редкой болезни. Говоря о Фридмане, в ответ на мое замечание, что Фридман как будто бы сам воспринимал найденное им точное решение уравнений Эйнштейна (позже оказавшееся прекрасно согласующимся с данными наблюдений, до которых Фридман не дожил) как чисто математическое упражнение, Андрей возразил, что в это не верит: «Каждый физик, найдя новое красивое решение, сразу начинает искать, чему в природе это решение должно соответствовать».

Мы несколько раз встречались с Андреем также на заседаниях «Московской трибуны» и, увы, на похоронах. Весной 1988 г. он пришел на похороны моего брата. В начале декабря 1989 г., незадолго до смерти, он присутствовал на похоронах А. М. Обухова — директора нашего Института физики

атмосферы; этот факт заслуживает комментариев. Дело в том, что Обухов, друживший с Андреем домами, подписал известное письмо 40 академиков, направленное против Сахарова. После этого какое-то время наш директор пытался оправдать свой поступок и охотно цитировал отравительные высказывания о Сахарове некоторых высоких академических чинов, но вскоре замолк, а в разговорах со мной жалел Сахарова и по поводу своей подписи говорил, что «влип в неприятную историю»: его, оказывается, не было в первоначальном списке тех, кому надлежало подписать письмо, и его вытащили в последний момент взамен кого-то, кого не могли найти. В одном из разговоров я упомянул Обухова, и Сахаров тут же сказал: «Я понимаю, что на него надавил Келдыш, и он не смог отказаться; я на него не в обиде» (он, кажется, никогда не был в обиде на тех, кто причинял зло лично ему). Поэтому я не удивился, увидев его на похоронах Обухова; позже я узнал, что дочери покойного он сказал: «Передай маме, что я обязательно напишу ей длинное письмо»; это обещание он, к сожалению, выполнить уже не успел.

Через день состоялись похороны адвоката С. В. Каллистратовой, много лет защищавшей всех несправедливо преследуемых, давнего друга нашей семьи. Увидев там Андрея, я сказал ему: «Как бы мне хотелось хоть полчасика пообщаться с тобой не на похоронах». Он очень серьезно ответил: «Знаешь, у меня совсем нет времени, но ты обязательно звони». Возможно, под влиянием этого разговора после отпевания С. В. Каллистратовой в церкви он подошел ко мне: «Нас с Люсей ждет машина — давай мы отвезем тебя домой». Я ответил, что не могу не поехать на кладбище. Мы пару минут поговорили, Андрей сказал, что ему нравится процедура церковного отпевания («как-то это по-человечески»), затем вспомнил похороны моего брата, где сын брата с друзьями читали над гробом еврейские молитвы. На прощание мы расцеловались, а через неделю пришла ужасная весть — Сахарова не стало.

"Ничего же из этого не выйдет, Андрей!"*

И. С. Шкловский

[Осень 1941 г. Эвакуация в Ашхабад]

...Налево от меня на нарах лежал двадцатилетний паренек совершенно другого склада, почти не принимавший участия в наших бурсацких забавах. Он был довольно высокого роста и худ, с глубоко запавшими глазами, изрядно обросший и опустившийся (если говорить об одежде). Его почти не было слышно. Он старательно выполнял черновую, грязную работу, которой так много в эшелонной жизни. По всему было видно, что мальчика вихрь войны вырвал из интеллигентной семьи, не успев опалить его. Впрочем, таких в нашем эшелоне, среди его «болота», было немало. Но вот однажды этот мальчишка обратился ко мне с просьбой, показавшейся совершенно «дикой»: «Нет ли у Вас чего-нибудь почитать по физике?» — спросил он почтительно «старшего товарища», т. е. меня. Надо сказать, что большинство ребят обращались ко мне на «ты», и от обращения соседа я поморщился. Первое желание было на БАМовском языке послать куда подальше этого маменькиного сынка с его нелепой просьбой. «Нашел время, дурачок», — подумал я, но в последний момент меня осенила недобрая мысль. Я вспомнил, что на самом дне моего рюкзака, взятого при довольно поспешной эвакуации из Москвы 26 октября 1941 г., лежала монография Гайтлера «Квантовая теория излучения». (...)

Хорошо помню, что только что вышедшую в русском переводе монографию Гайтлера я купил в апреле 1940 г. в книжном киоске на Моховой, у входа в старое здание МГУ. Книга соблазнила возможностью сразу же

погрузиться в глубины высокой теории и, тем самым, быть «на уровне». Увы, я очень быстро обломал себе зубы: дальше предисловия и самого начала первого параграфа (трактующего о процессах первого порядка) я не пошел. Помню, как я был угнетен этим обстоятельством — значит, конец, значит, не быть мне физиком-теоретиком! Где мне тогда было знать, что эта книга просто очень трудная и к тому же «по-немецки» тяжело написана. И все же, почему я запихнул ее в свой рюкзак?

«Веселую шутку я отчебучил, выдав мальчишке Гайтлера», — думал я. И почти сразу же забыл про странного юношу, которого я изредка бессознательно фиксировал боковым зрением: при слабом, дрожащем свете копилки, на фоне диких песен и веселых баек паренек тихо лежал на нарах и что-то читал. И только подъезжая к Ашхабаду, я понял, что он читал моего Гайтлера. «Спасибо», — сказал он, возвращая мне эту книгу в черном, сильно помятом переплете. «Ты что, прочитал ее? — неуверенно спросил я. «Да, а что?» Я, пораженный, молчал. «Это трудная книга, но очень глубокая и содержательная. Большое Вам спасибо», — закончил паренек.

Мне стало не по себе. Судите сами — я, аспирант, при всем желании не мог даже прочитать хотя бы первый параграф этого проклятого Гайтлера, а мальчишка, студент 3-го курса, не просто прочитал, а проработал (вспомнилось, что читая, он еще что-то писал), да еще в таких, мягко выражаясь, экстремальных условиях! Но горечь быстро прошла, а за ней — удивление, ибо началась совершенно фантастическая, веселая и голодная, ни на что не похожая ашхабадская жизнь. (...)

Поразившего мое вообра-

жение паренька я изредка видел таким же оборванным и голодным, какими были мы все. Кажется, он иногда подрабатывал разнорабочим в столовой, или, как мы ее называли, «суп-станции» (были еще такие словообразования: «суп-тропики», т. е. Ашхабад, «супо-стат» — человек, стоящий в очереди за супом впереди тебя, и т. д.). (...)

В апреле 1943 г. — ранняя пташка! — я вернулся из эвакуации в Москву, показавшуюся совершенно пустой. В конце 1944 г. вернулся из эвакуации мой шеф по аспирантуре милейший Николай Николаевич Парийский. Встретились радостно — ведь не виделись три года, и каких! Пошли расспросы, большие и малые новости. «А где Х? А куда пропала семья Y?» Кого только не вспомнили. Все имеет свой конец, и список общих друзей и знакомых через некоторое (немалое!) время был практически исчерпан. И разговор вроде бы пошел уже не о самых животрепещущих предметах. Между прочим Н. Н. сказал: «А у Игоря Евгеньевича (Тамма — старого друга Н. Н. — И. Ш.) появился совершенно необыкновенный аспирант. Таких раньше не было, даже В. Л. [Гинзбург] ему в подметки не годится!» «Как же его фамилия?» «Подождите, подождите, главное, такая простая фамилия, все время вертится в голове — черт побери, совсем склеротиком стал!» Ну, это было так типично для Николая Николаевича, известного в астрономическом мире своей легендарной рассеянностью. А я подумал тогда: «Ведь весь выпуск физфака МГУ военного времени прошел передо мною в ашхабадском эшелоне. Где же был там этот выдающийся аспирант?» И в то же мгновение я нашел его: это мог быть только мой сосед по нарам в теплушке, который так удивил

* Орывки из сборника новелл «Эшелон». Семейный архив Шкловских.



С. Э. Теллером. Вашингтон, ноябрь 1988 г.

[Январь 1967 г. США]

меня, проштудировав Гейтлера. «Это Андрей Сахаров?» — спросил я Николая Николаевича. «Во-во, такая простая фамилия, а выскочила из головы!»

Я не видел его после Ашхабада 24 года. В 1966 г., как раз в день моего 50-летия, меня выбрали (с пятой попытки) в члены АН СССР. На ближайшем осеннем собрании Академии Яков Борисович Зельдович сказал мне: «Хочешь, я познакомлю тебя с Сахаровым?» Еле протискавшись через густую толпу, забившую фойе Дома ученых, Я. Б. представил меня Андрею. «А мы давно знакомы», — сказал тот. Я его узнал сразу — только глаза глубже запали. Странно, но лысина совершенно не портит его благородного облика.

В конце мая 1971 г., в день 50-летия Андрея Дмитриевича, я подарил ему чудом уцелевший тот самый экземпляр книги Гейтлера «Квантовая теория излучения».

...Было уже пять минут седьмого, когда я вошел в залитый светом роскошный коттедж знаменитого физика, «отца американской водородной бомбы». На приеме у Теллера присутствовала американская научная элита. Нобелевских лауреатов было по меньшей мере шесть. (...) К моему крайнему смущению, как только я вошел в дом, Теллер кинулся ко мне и стал выпытывать, что я думаю об этих непонятных квазарах. Тем самым он поставил меня в центр внимания, между тем как единственное мое желание было ступешаться. (...) Эта попытка продолжалась не меньше четверти часа. И тогда я решил каким-нибудь неожиданным образом отвязаться от него. Без всякой связи с проблемой квазаров я сказал: «А знаете, мистер Теллер, несколько лет назад Ваше имя было чрезвычайно популярно в нашей стране!» Теллер весьма заинтересовался моим заявлением. А я имел в виду

известный «подвал» в «Литературной газете», крикливо озаглавленный «Людоед Теллер». Пытаясь рассказать хозяину дома содержание этой статьи, я к своему ужасу, забыл, как на английский язык перевести слово «людоед». На размышление у меня были считанные секунды, и я, вспомнив, что Теллер — венгерский еврей, а следовательно, его родной язык — немецкий, сказал: «Menschenfresser». «О! — радостно простонал Эдвард, — каннибал! Но как это звучит по-русски?» «Лю-до-ед», — раздельно произнес я. Теллер вынул свою записную книжку и занес туда легко произносимое русское слово. «Завтра у меня лекция студентам в Беркли, и я скажу им, что я есть лю-до-лед!» (...) Я рокировался в угол веранды. У меня было время обдумать реакцию Теллера на обвинение в каннибализме.

(...) Через шесть лет после разговора с Теллером, лежа в больнице Академии наук, я спросил у часто бывавшего в моей палате Андрея Дмитриевича

ча Сахарова, страдает ли он комплексом Изерли¹ «Конечно, нет», — спокойно ответил мне один из наиболее выдающихся гуманистов нашей планеты.

[Ноябрь 1973 г. Больница АН СССР]

...Лежа в своей отдельной палате, я стал постепенно устанавливать контакты с внешним миром через посредство моего маленького приемника «Сони». Я по нескольку часов в день слушал разного рода «вражьи голоса». Эти «голоса» очень много внимания уделяли тогда личности Андрея Дмитриевича Сахарова и его супруги, давно известной мне под именем «Люся», хотя по паспорту ее имя было Елена. Ее все время тягал на допрос прокурор тов. Маларов. Каждый день академическая чета сообщала иностранным журналистам все перипетии своих сложных отношений с властью, так что я был в курсе дела.

Как-то, прослушав очередную порцию подобного рода новостей, я забылся в полудремоте. Когда я очнулся по причине какого-то шума, я понял, что уже не на этом свете. Судите сами, что же я мог подумать другое: в пустой палате, рядом с моей койкой стояли собственной персоной академик Сахаров и его супруга! Когда до меня наконец дошло, что это не навязчивое, я, естественно, обрадовался, увидев давно мне знакомую чету. Тут же выяснилась и причина их появления в академической больнице. Это была неплохая идея — спастись от тов. Маларова в означенной больнице. И вот вчера, в пятницу вечером, они как снег на голову свалились на дежурного в приемном покое. Этого дежурного можно было, конечно, пожалеть. Ему надо было решать непростою задачу. В конце концов после консультации с больничным

начальством было принято соломоново решение: академика — в отдельную палату-люкс (никуда не денешься — закон есть закон!), а его жену определить в общую палату! Возмущенные этим произволом, супруги пришли ко мне (они каким-то образом знали, что я в больнице) как к «старожилу» этих мест, дабы посоветоваться, как с этим безобразием бороться. «Только не надо устраивать пресс-конференцию», — сказал я. — В выходные дни тут никакого начальства нет. Потерпите еще два дня — и в понедельник Вас воссоединят». Так оно и вышло.

Начался новый, очень яркий этап моей больничной жизни. В спешке бегства от тов. Маларова супруги, подобно древним иудеям, бежавшим из плена египетского, забыли одну важную вещь. Если упомянутые евреи забыли дрожжи, то академическая чета забыла транзисторный приемник. По этой причине каждый вечер после ужина Андрей Дмитриевич, либо один, либо вместе с женой, приходил ко мне в палату слушать всякого рода «голоса». Трогательно было смотреть на них, когда они, сидя у моей постели и слушая радио, все время держали друг друга за руку. Даже молодожены так не сидят... Заваню, конечно, было слушать с ними вместе по «Би-Би-Си», что, мол, академика Сахарова насильно доставили в больницу и московская прогрессивная общественность этим обстоятельством серьезно обеспокоена...

Моя больничная жизнь по причине регулярных визитов Андрея и Люси значительно осложнилась. Сразу вдруг резко увеличилось количество посещений палаты разного рода гостями. Многих из них я до этого не видел долгие годы. Визиты были преимущественно вечерние — каким-то образом они пронюхали время посещения моей палаты знаменитой супружеской парой. Частенько, когда мы вечерами слушали радио, неожиданно открывалась дверь, и оттуда высовывалась какая-нибудь совершенно незнакомая и весьма несимпатичная физиономия. Гости рассказывали мне, что в ожидании прихода ко мне Сахарова по всему коридору сидели хо-

дячие больные — основной контингент академической больницы. Задолго до того, как академик и его супруга проследуют по коридору моего отделения ко мне в палату, этот контингент занимал места получше (приходили со своими стульями) и терпеливо ждал «явления», благо времени у них было достаточно. В результате такого насыщенного яркими впечатлениями образа жизни во время вечерних обходов мое кровяное давление подскакивало на 20 пунктов.

Несмотря на все эти сложности, ежевечерние беседы с одним из самых замечательных людей нашего времени доставляли мне огромное наслаждение. Они дали мне очень много и позволили лучше понять моего удивительного собеседника. Мы много говорили о науке, об этике ученого, о «климате» научных исследований. Запомнил его замечательную сентенцию: «Вы, астрономы, счастливые люди: у вас еще сохранилась поэзия фактов!» Как это верно сказано! И как глубоко надо понимать дух, в сущности, далекий от его собственных интересов области знания, чтобы дать такую оценку ситуации!

«...» Я был поражен щепетильной объективностью и беспредельной доброжелательностью Андрея Дмитриевича в его высказываниях о своих коллегах — крупных физиках. «...» Доброта, доброжелательность и строгая объективность Сахарова особенно ярко выступали во время этих бесед.

Мы разговаривали, конечно, не только о науке. Как-то я спросил у Андрея: «Веришь ли ты, что можешь чего-нибудь добиться своей общественной деятельностью в этой стране?» Не раздумывая, он ответил: «Нет». «Так почему же ты так ведешь себя?» «Иначе не могу!» — отрезал он. Вообще, сочетание негибкой твердости и какой-то детской непосредственности, доброты и даже наивности — отличительные черты его характера.

[1972 г. Москва]

«...» Настроение мое было препаришное. Начинаясь очередная полоса тяжелых испыта-

¹ Клод Изерли — полковник американской армии, сбросивший с бомбардировщика «В-29» первую атомную бомбу на Хиросиму. Через некоторое время после этого измученный раскаянием слабовольный полковник впал в тяжелую депрессию и окончил свои дни в психиатрической больнице.

ний. За пару месяцев до этого в начале февраля, меня случайно за день до моего очередного отъезда в Малеевку, буквально поймал Андрей Дмитриевич Сахаров и попросил, чтобы я написал вместе с ним бумагу, адресованную прокурору СССР. В бумаге содержалась просьба дать нам ознакомиться с делом некоего Кронида Любарского, дабы изучить возможность отпустить его на поруки до суда по причине плохого состояния здоровья. «Ну что же — значит такая у меня судьба!» — мгновенно

сообразил я. Андрей мне доказывал, что мы действуем в строгом соответствии с уголовно-процессуальным кодексом. А подписей почему-то надо две; «вроде двух ориентаций спина электрона», — не совсем уместно пошутил академик. «Одна подпись моя, а вторая, естественно, будет твоя, ведь он же астрофизик, твой коллега!» Что и говорить, Андрей большой знаток закона. Этого Любарского я немного знал, занимался он полупрофессиональным образом планетами в секторе марсиан-

ской астроботаники у Г. А. Тихова в Алма-Ате. Я перестал бы себя до конца моих дней уважать, если бы не поставил своей подписи рядом с подписью этого высокоуважаемого мною человека. И, ясно понимая, что попал в аварию, — подписал (иначе я просто не мог). «Ничего же из этого не выйдет, Андрей!» — сказал я. «Я тоже так думаю», — довольно спокойно ответил он. Ни до, ни после этого Андрей Дмитриевич ко мне с подобными просьбами не обращался.

"Уголовное дело"

Б. М. Болотовский,
доктор физико-математических наук
Москва

В 1948 г., спустя несколько месяцев после того, как Андрей Дмитриевич Сахаров был включен в научно-исследовательскую группу по разработке термоядерного оружия, которую возглавил Игорь Евгеньевич Тамм, в Москве прошла печально знаменитая августовская сессия ВАСХНИЛ. Сахарова и Тамма отделяла от внешнего мира напряженная сверхсекретная работа. Но события в биологии, несущие с собой тотальный разгром генетики, не могли пройти мимо их внимания. И наверняка можно сказать, что мнение Тамма по этому вопросу имело тогда решающее значение для молодого Сахарова.

Через несколько десятилетий Андрей Дмитриевич так вспоминал о годах своей работы «на объекте»: «После рабочего дня я приходил в коттедж Игоря Евгеньевича, и мы вели разговоры по душам. Так у нас с ним продолжалось три года, потом ему разрешили вернуться к науке, и это было правильно, он к этому был наиболее приспособлен. А я остался, еще очень драматические события в разработке наших изделий ждали впереди. В Москве я бывал не часто, но всякий раз приходил к Игорю Евгеньевичу, наши отношения оставались близкими. Хотя я с

течением времени как-то дальше эволюционировал».

Сахаров пошел гораздо дальше Тамма как общественный деятель, но в ту пору, о которой пока идет речь, Тамм был учителем Сахарова во многих отношениях.

Для Игоря Евгеньевича биология была родственной стихией. Он интересовался ею со студенческих, а может быть, даже гимназических лет. В 1918—1920 гг. он близко сошелся с А. Г. Гурвичем, известным исследователем физиологии клеточного деления, и пристально следил за его работами. Проблемой жизни Игорь Евгеньевич интересовался и как физик. В своих воспоминаниях о Я. И. Френкеле он упоминает, что в годы совместной работы в Таврическом (ныне Симферопольский) университете они не раз обсуждали вопросы термодинамики живых систем, которыми Яков Ильич тогда занимался.

Узнав о сессии ВАСХНИЛ, Тамм расценил ее результаты однозначно. Поскольку у Игоря Евгеньевича было обыкновение, даже потребность, обсуждать все более или менее важные новости, можно не сомневаться, что в беседах с Андреем Дмитриевичем он немало рассуждал

о «вейсманизме-морганизме» и «мичуринской биологии». Это предположение легко укладывается в рассказ Сахарова: «Помоему, с полным правом можно сказать, что для всех нас было большим счастьем, что Игорь Евгеньевич оказался рядом с нами. Без него многое сложилось бы иначе — и в деловом, и в научном, и в психологическом плане. Во время вечерней прогулки Игорь Евгеньевич был нашим старшим товарищем, немного усталым и молчаливым, вдыхающим вместе с нами влажные запахи леса. За чашкой чая зато обсуждались любые вопросы, И. Е. много рассказывал о своей жизни и просто о том, что он знал и услышал (а знал он очень многое). За доской в служебном кабинете мы получали урок методики теоретической работы. На совещании у начальства мы получали урок деловой, человеческой и научной принципиальности. И в любой обстановке — урок добросовестности, трудолюбия и вдумчивости»².

ИСТОРИЯ ОДНОЙ ЛЕГЕНДЫ

Вспоминая о первых испытаниях водородной бомбы (август 1953 г.), Сахаров рассказывал, что никто точно не пред-

ставлял себе, как все это будет выглядеть. Были причины опасаться радиоактивных осадков, но ученым не очень-то верили. От Тамма и Курчатова потребовалось большое мужество, много сил, чтобы настоять на дорогостоящей эвакуации населения из прилегающих районов. Потом оказалось, что это было необходимо.

После успешных испытаний Тамм и Сахаров были награждены и на ближайших выборах стали академиками. Тамма выдвигали и раньше, но дело до голосования не доходило — его кандидатура отклонялась всемогущим руководством, он считался неблагонадежным. На сей раз он был избран вместе со своим учеником.

Но в сознании Сахарова созрел перелом. «Я однажды признался Игорю Евгеньевичу, — рассказывал Андрей Дмитриевич, — как мне тяжело, мучительно сознавать, каким ужасным все-таки делом мы занимаемся. Он очень чутко воспринял мои слова, хотя они и были для него неожиданными. Ведь нас захватывало ощущение масштабы, грандиозности дела, которым мы занимались»³.

В работу на «объекте» были вовлечены огромные человеческие и материальные ресурсы. Понимание, что выполняется работа колоссального значения, придавало силы ее исполнителям. Но у Сахарова появились новые заботы.

По ФИАНу ходило много рассказов об Андрее Дмитриевиче, которые воспринимались как легенды. Потом выяснилось, что они, как правило, имеют под собой основания. В конце 50-х годов я услышал, будто бы за две недели до каждого испытательного взрыва Сахаров записывается в своем кабинете и начинает вычислять, сколько калек и уродов появится на Земле в результате радиоактивного заражения атмосферы. (Речь шла о взрывах на значительной высоте над Землей).

Детали легенды несущественны. Важно, что она отражала реальную ситуацию. Во второй половине 50-х годов Сахаров перешел от сознания опас-

ности, которую несет человечеству ядерное оружие, к попыткам оценить ее количественно. Следовательно, с генетикой он в ту пору уже был неплохо знаком.

Вот что он писал позднее: «Начиная с 1957 года (не без влияния высказываний по этому поводу во всем мире таких людей, как А. Швейцер, Л. Полинг, и некоторых других) я ощутил себя ответственным за проблему радиоактивного заражения при ядерных испытаниях. Как известно, поглощение радиоактивных продуктов ядерных взрывов миллиардами населяющих Землю людей приводит к увеличению частоты ряда заболеваний и врожденных уродств (за счет так называемых непороговых биологических эффектов, например за счет поражения молекул ДНК — носителей наследственности). При попадании радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу каждая мегатонна мощности ядерного взрыва влечет за собой тысячи безвестных жертв. А ведь каждая серия испытаний ядерного оружия (все равно — США, СССР, Великобритании или Китая и Франции) — это десятки мегатонн, т. е. десятки тысяч жертв»⁴.

После смерти Сталина строгий запрет, наложенный на генетику, стал смягчаться. Это объяснялось как некоторой либерализацией общества, так, в частности, и расширением работ с радиоактивными веществами, необходимостью выяснить их влияние на наследственность человека. Стала развиваться радиационная генетика. Открылись генетические лаборатории в ряде физических институтов. В ФИАНе начал работу семинар по биологии под руководством Тамма. Но Лысенко и его сторонники сохраняли командные высоты.

Я помню, как Игорь Евгеньевич в те годы говорил: «Генетики теперь получили возможность работать. Их больше не преследуют, их берут на работу, они могут сами определять тематику исследований, полученные ими результаты публикуют-

ся. Но многие из них не могут сейчас работать в полную силу. Они видят свою главную задачу в том, чтобы дать, наконец, принципиальную оценку всем тем безобразиям, которые натворили Лысенко и его сторонники».

И так получилось, что честную и беспощадную оценку результатов печально знаменитой сессии ВАСХНИЛ одним из первых дал Андрей Дмитриевич Сахаров.

В 1964 г. проводились академические выборы. Лысенко выдвинул в академики своего ближайшего сотрудника Н. И. Нудина. При голосовании в Отделении биологии сработало лысенковское большинство. На этом этапе Нудин прошел (получив 4 голоса «за» и 2 «против»). Предстояло утверждение на Общем собрании Академии. И вот здесь был дан бой — фактически не Нудину, а Лысенко. Андрей Дмитриевич активно участвовал «в боевых действиях». Выступал и Тамм. Я слышал от него рассказ об этом и тогда же записал.

РАССКАЗ ТАММА

Пришел ко мне Энгельгардт и говорит, что по Отделению биологии выставлена кандидатура Нудина и на выборах в этом отделении он прошел в академики. Этот человек — противник формальной генетики, причем, что самое плохое, не по научным убеждениям, а по соображениям другого характера. Я об этом знал и до разговора с Энгельгардтом. Мне один биолог рассказывал о своей встрече с Нудиним незадолго до сессии ВАСХНИЛ в августе 1948 г. Нудин спросил, чем этот биолог (фамилию я тогда не записал, а теперь забыл. — Б. Б.) в настоящее время занимается. Тот начал рассказывать об изучении мутаций на каком-то объекте. Нудин его слушал, слушал, а потом положил руку на плечо и говорит: «Не на того коня ставишь!» Вы понимаете? Он во всем разбирался, но знал, что на генетику наложить запрет.

Я спрашиваю у Энгельгардта, что можно сделать. Он отвечает, что надо выступить против Нудина на Общем соб-

⁴ Сахаров А. Мир, прогресс, права человека. Статьи и выступления. Л., 1990. С. 5.

³ См. сноску 1.

рании. Я сказал, что могу, но мне неудобно, если биологи будут молчать. Если же хоть один из них скажет свое слово, то я тоже готов.

Энгельгардт задумался, но тогда еще решения не принял. Незадолго до собрания Владимир Александрович сообщил мне, что выступать будет. Стал и я готовиться.

Прихожу в зал. Приступаю к утверждению. Первым берет слово представитель партгруппы Общего собрания. Объявляет, что партгруппа рассмотрела итоги выборов по отделениям и решила голосовать за всех избранных. Ну, думаю, плохо дело, пройдет Нуждин. Но все же решил взять слово. Когда дошла очередь до Нуждина, выступил Энгельгардт. Потом Андрей Дмитриевич. Я тоже кое-что сказал. Очень коротко и без всяких резкостей. Я сказал, что, исходя из государственных интересов, биологической науке нужно создать все условия для развития. В частности, необходимо всячески поддерживать тех, кто биологию развивает, и бороться с теми, кто этому развитию препятствует. Исходя из таких задач, я буду голосовать против Нуждина. Разгорелось обсуждение. В результате подавляющим большинством голосов Нуждин не прошел.

После голосования подходят ко мне участники собрания, жмут руку, благодарят за выступление. Я одному из них говорю: вы член партгруппы. Как же вы заранее приняли решение голосовать за всех избранных по отделениям? А он отвечает: мы же не знали того, что выяснилось. Спасибо вам за ваше выступление.

СО СЛОВ СЫРОВАТСКОГО

Тогда же я слышал более подробный рассказ о том же от Сергея Ивановича Сыроватского, ныне покойного, а в то время — одного из сотрудников теоретического отдела ФИАна. Он тоже был на этом собрании и очень красочно его описал.

Первым выступил Энгельгардт. Он сказал примерно следующее. За последние годы в журналах не появилось ни одной статьи Нуждина, в работах

других авторов нет ссылок на его труды, нет благодарности ему за советы или обсуждения. Это значит, что сам он не работал, учеников не имел и на ход развития науки не влиял. Кроме того, докторскую диссертацию он защитил по формальной генетике, а в члены-корреспонденты избран за работы по мичуринской биологии. По-видимому, в академии он выдвинут по совокупности этих взаимно исключавших друг друга работ. Исходя из этих соображений, Энгельгардт заявил, что будет голосовать против Нуждина.

Потом слово было предоставлено Сахарову. Сергей Иванович довольно точно пересказал содержание его речи. Но воспользуемся текстом стенограммы:

«Я очень кратко выступлю, — сказал Андрей Дмитриевич. — Все мы признаем, все мы знаем, что научная репутация академика советской Академии наук должна быть безупречной. И вот, выступая по кандидатуре Нуждина, мы должны внимательно подойти к этому вопросу. В том документе, который нам выдан, есть такие слова: «Много внимания уделяет Н. И. Нуждин также вопросам борьбы с антимичуринскими извращениями в биологической науке, постоянно выступая с критикой различных идеалистических теорий в области учения о наследственности и изменчивости. Его общеполитические труды, связанные с дальнейшим развитием материалистического учения И. В. Мичурина и других корифеев биологической науки, широко известны не только в нашей стране, но и за рубежом». Дело научной совести каждого из тех академиков, которые будут голосовать, как понимать — какое реальное содержание скрывается за этой борьбой с антимичуринскими извращениями, философскими трудами других корифеев биологической науки и т. д. Я не буду читать эту выдержку второй раз.

Что касается меня, то я призываю всех присутствующих академиков проголосовать так, чтобы единственными бюллетенями, которые будут поданы «за», были бюллетени тех лиц, которые вместе с Нуждиным,

вместе с Лысенко несут ответственность за те позорные, тяжелые страницы в развитии советской науки, которые в настоящее время, к счастью, кончаются (аплодисменты)».

Интересно, что рассказ Сыроватского несколько расходится с содержанием стенограммы. В частности, он рассказывал, я об этом хорошо помню, что Сахаров упомянул в своей речи о тысячах генетиков, которых после сессии ВАСХНИЛ сняли с работы, о том, что многие из них подвергались преследованиям. А закончил Сахаров свою речь, по словам Сыроватского, так: «Пусть за Нуждина голосуют те, у кого руки обгренны кровью советской биологии».

Этих слов в стенограмме нет. Возникает подозрение, что она смягчена. Не приведены самые резкие высказывания Сахарова. Об этом косвенно свидетельствует и рассказ Тамма, который несколько раз подчеркнул, что он, Тамм, «сказал корректно». Я тогда не понял, почему Игорь Евгеньевич это подчеркнул. Наконец, сошлемся и на прямое высказывание самого Сахарова, сделанное им 8 июля 1988 г. в беседе с Б. Л. Альтшулером. «В стенограмме моего выступления отсутствуют фразы, расшифровывающие, в чем состоят позорные, тяжелые страницы в развитии советской науки, а именно — о развале советской генетики и физическом уничтожении ученых».

Еще Андрей Дмитриевич сказал, что не знал об уговоре Тамма с Энгельгардтом и выступил независимо, по собственной инициативе.

Когда Сахаров закончил, Лысенко с места попросил слова. Председательствующий (президент АН СССР М. В. Келдыш) ответил, что следующим записан Тамм, а после него слово будет предоставлено Лысенко.

Как выступил Тамм, мы знаем. Но Сыроватский упомянул в своем рассказе любопытную подробность. Когда Сахаров вернулся на свое место, то обнаружил, что сидит недалеко от Лысенко. До этого он его в лицо не знал. Так вот, пока выступал Тамм, а Лысенко ждал своей очереди, он несколько раз, нервно потирая руки, произнес: «Уголовное дело!»

Взойдя на трибуну, Лысенко назвал слова Сахарова клеветой и повторил это несколько раз на разные лады. Далее, он потребовал, чтобы президент и президиум определили свое отношение к выступлению Сахарова. Келдыш заявил сначала, что президиум не несет ответственности за точку зрения Сахарова. Но Лысенко не удовлетворился таким ответом, тогда Келдыш сказал, что не разделяет точку зрения Сахарова, а также думает, что ее не разделяет и президиум. Было видно, что Келдыш относился к Лысенко с опасением, а также что Лысенко остался недоволен Келдышем.

Последним выступил Я. Б. Зельдович. Для такого случая он надел все три свои звезды Героя и придал своему лицу простодушное и глуповатое выражение (что было не просто). Он сказал, что ему, не специалисту в биологии, приходится делать выводы, исходя из

имевшей место дискуссии. Против утверждения кандидатуры Нудина выступили три человека — Энгельгардт, Сахаров и Тамм. Они высказали ряд соображений, по которым намерены голосовать против утверждения. В защиту Нудина выступил Лысенко. Но он в основном критиковал Сахарова и не ответил на возражения, выдвинутые против Нудина. Зельдович подчеркнул, что все возражения остались без ответа. И заявил, что будет поэтому голосовать против Нудина.

Нудин не прошел. Результаты голосования: приняли участие 137 академиков; «за» было 23, остальные — «против». Поскольку партгруппа Общего собрания насчитывала примерно 80—90 человек, то получается, что и она голосовала вопреки своему же решению.

По общему мнению, речь Сахарова сыграла решающую роль. Это было его первое граж-

данское выступление, которое можно расценивать как начало борьбы против погнания правды, чести и совести. Оно примечательно и в другом отношении. «Тогда впервые, — вспоминал он, — мое имя появилось в советской прессе в статье президента Академии сельскохозяйственных наук, содержащей самые беспардонные нападки на меня»⁵. Но Андрею Дмитриевичу предстояло еще убедиться в том, что это были не самые беспардонные нападки.

⁵ Там же. С. 7. Андрей Дмитриевич имел в виду статью М. Ольшанского «Против дезинформации и клеветы» («Сельская жизнь» от 29 августа 1964 г.), в которой среди прочего был и такой пассаж: «...На одном из собраний Академии наук СССР академик А. Д. Сахаров, инженер по специальности, допустил в своем публичном выступлении весьма далекий от науки оскорбительный выпад против ученых-мичуринцев в стиле подметных писем...»

РЕДАКТОРУ ОТДЕЛА НАУКИ ГАЗЕТЫ «ИЗВЕСТИЯ»

Являясь постоянным читателем «Известий», обращаюсь в связи с опубликованием в газете «Сельская жизнь» от 29 августа 64 г. статьи Ольшанского, содержащей недопустимые искажения истины не только в отношении меня лично, но и в отношении принципиальных вопросов развития советской науки. Последнее обстоятельство требует опубликования в советской печати информации, более точно освещающей дело. Рекомендую опубликовать статью известного ученого-генетика Эфроимсона В. П., который также упомянут в статье Ольшанского (и также с сокрытием истины).

Коротко о себе и о своем отношении к биологической науке. Я по образованию физик-теоретик, ученик академика Тамма И. Е., причем не только в вопросах науки. 16 лет я работаю в большом коллективе людей, которые посвятили себя жизненно важным для нашей родины вопросам техники. Все мы глубоко убеждены, что нет для ученого ничего важнее абсолютной научной и деловой объективности. Личные интересы, научное окружение, работа над проблемами действия ядерных зарядов на здоровье людей (опубликованы 2 статьи) привели к тому, что я хорошо знаю положение в биологической науке, которое так трагически отличается от положения в физико-технических и математических науках.

В 30-х годах возникла и в 1948 году окончательно сформировалась лженаучная группировка, которая при помощи демагогии, фальсификации

фактов, ложных обещаний, политической провокации, запугивания и репрессий захватила ключевые посты в советской биологии. К сожалению, приходится констатировать, что эта возникшая в годы культа личности группировка пустила настолько глубокие корни во все важнейшие партийные и государственные органы, что ее основанное на обмане существование продолжается и много лет спустя после XX съезда партии, нанося огромный ущерб нашему сельскому хозяйству, медицине, международному авторитету нашей родины.

Эта группировка выступает под ложным знаменем мичуринской биологии, но фактически представляет собой беспринципное объединение по карьерным соображениям и на основе разных форм давления вокруг Лысенко, почему и известна как «лысенкоизм».

Лысенкоизм характеризуется следующими чертами:

1. Научная несостоятельность. В век успехов химической генетики, которые обещают невиданное господство над живой природой, лысенкоизм уводит советскую науку от дарвинизма к идеалистическим взглядам Ламарка. Бесчисленные анекдотические высказывания содержатся в «трудах» Лысенко и его последователей; десятки из них получили пожизненную ренту от Высшей аттестационной комиссии, например за работы о самопроизвольном превращении видов под влиянием среды.

2. Политические провокации, лжеинформация на всех уровнях, включая ЦК КПСС. (...)

3. Хозяйственный авантюризм (подробно разобран в статье Эфроимсона), который стоил нам миллиарды.

4. Разрушение системы подготовки научных кадров, научных традиций, научной пропаганды. Даже школьный учебник для 9 класса пропитан лысенкоизмом.

5. Лишение возможности плодотворно работать всех инкомыслящих, что, между прочим, приводит к тому, что многие менее мужественные, но способные люди (некоторые из них упомянуты Ольшанским) служат лживой рекламой группировки, не разделяя ее методов. Но главное следствие этой особенности — недопустимое отставание советской науки, огромный экономический и моральный ущерб.

Все эти пункты могут быть подтверждены обширным документальным и научным материалом.

Зная все эти факты, я не считаю себя вправе молчать, присоединяя свой голос к голосам тех честных советских ученых-биологов, которые в трудных условиях ведут борьбу за торжество научной истины в интересах нашей родины.

А. Сахаров

ПИСЬМО Н. С. ХРУЩЕВУ

Дорогой Никита Сергеевич!

Упоминание моей фамилии на Пленуме ЦК КПСС дает мне смелость обратиться в Ваш адрес с некоторыми разъяснениями.

В последнее время в мой адрес раздаются обвинения в клевете (со стороны «обиженного» Лысенко) и в некомпетентности.

По поводу «некомпетентности». Сейчас в биологию все больше проникают самые современные идеи точных наук, и тут физик, следящий за советской и иностранной научно-популярной литературой в области биологии, пожалуй, оказывается в лучшем положении, чем более узкий специалист. Автору письма пришлось встретиться с проблемами радиационной генетики не только умозрительно. Я хорошо знаю трагически-ненормальное положение в советской биологии и не могу о нем молчать. Не требуется большой специальной компетенции, а только общенаучные навыки, чтобы отличить плодотворную научную теорию (хромосомную биохимическую теорию наследственности) от беспомощного лепета о влиянии среды, внутривидовой взаимопомощи, самопроизвольном превращении овса в овсюг и т. п. (...) Еще меньше требуется специальных знаний, чтобы отличить честных ученых от фальсификаторов и демагогов.

По поводу «клеветы». Я сказал только, что Лысенко несет ответственность за самый мрачный и позорный период в истории советской науки (это лишь малая доля того, что я о нем думаю). Голосование 114 академиков (из 137) против кандидатуры «верного соратника» Лысенко Нуждина Н. И. показало, что никого не шокировало это обвинение. Выступления академиков Энгельгардта, Тамма и мое были встречены аплодисментами. Итак, для 114 академиков вопрос ясен.

Но в целом пути лысенкоизма еще на ногах нашей науки. (...)»

Мы знаем, как велики практические успехи генетики, выведения новых пород животных и новых сортов растений в области гибридных сортов и пород, в области выведения методами радиогенетики новых продуктивных микроорганизмов для промышленной микробиологии и т. п. за рубежом. Нет сомнения, что аналогичные успехи были бы у нас, если бы не лысенкоизм.

1) Объем работ в области молекулярной биологии, т. е. наиболее важные теоретические исследования [едавания], позорно мал. Мы тут из-за нехватки кадров, оборудования, реактивов и ассигнований плетемся в хвосте мировой науки, и это создает угрозу катастрофического отставания. В отношении тех областей науки, которые дают практический выход уже сегодня, положение еще хуже.

2) Все ключевые позиции, обеспечивающие возможность постановки дорогостоящих опытов или практического их внедрения, все сортоиспытательные станции, большинство научных учреждений, имеющих выход в практику, находятся под контролем лысенковцев.

В этой связи я обращаю Ваше внимание на интересную, основанную на изучении большого документального материала рукопись тов. Ж. Медведева. (...)»

Иоффе, Курчатова, Мандельштам, С. И. Вавилов взяли в свое время на свои плечи бремя ответственности за целые отрасли физики. В биологических науках одним из руководителей такого масштаба являлся великий ученый и патриот нашей Родины Н. И. Вавилов. ...Его гибель, гибель десятков других выдающихся ученых, отстранение от работы тысяч честных ученых — несомненное пятно на лысенкоизме. На протяжении почти 30 лет было дезорганизовано обучение молодежи, этот вред сразу не поправишь. ...Огромный вред принес стране хозяйственный авантюризм безответственных лжеученых (яровизация, посев по стерне, догматическое травополье в масштабе страны, гнездовые посадки леса и многое другое). Все эти «великие открытия» проталкивались при помощи фальсифицированных опытов и демагогии, а неудачи прощались — ведь Лысенко был свой человек. Тормозились многие важные начинания, если они шли вразрез с догмами (гибридная кукуруза на базе самоопыляющихся линий, работы по искусственному многоплодию овец, работы по мутагенным веществам, по медицинской генетике и многое другое). Лысенко и его сторонники, проникшие на многие ключевые посты парт[ийного] и гос[ударственного] аппарата, составляют группировку, от которой нельзя ждать научной объективности, так как это противоречило бы ее самосохранению. Демагогия лысенкоизма не обманет тех, кто знает его позорную историю. К сожалению, в печати все еще встречается затруднения открытое обсуждение вопросов истории биологической науки в СССР. Даже многие руководящие партийные работники не знают этой истории. Но я убежден, что общее оздоровление политической жизни в нашей стране означает неизбежный и скорый конец лысенкоизма.

30/VII—64

А. Сахаров

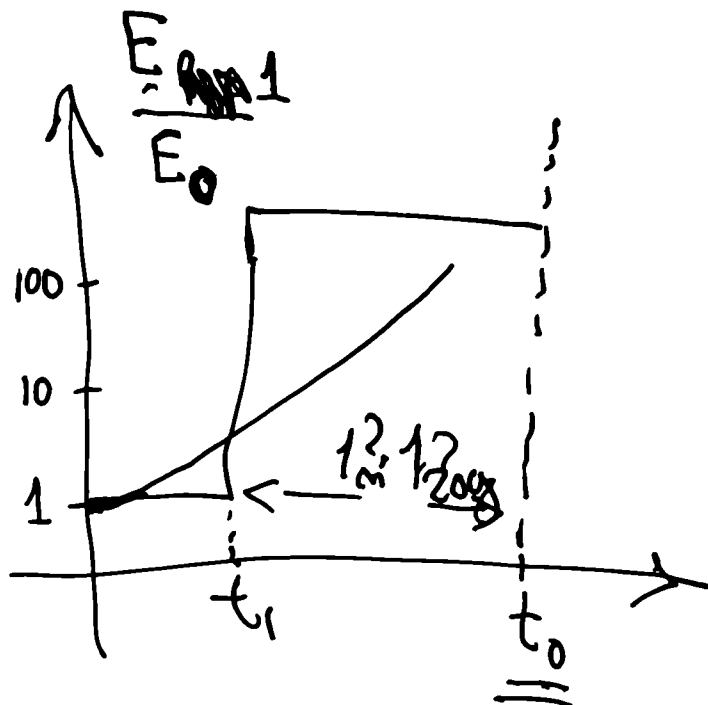
Об одном научном докладе А. Д. Сахарова

Г. И. Баренблатт,
доктор физико-математических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР
Москва

С 10 по 14 октября 1988 г. в Ленинграде, в историческом здании Академии наук проходил советско-американский семинар «Нелинейные системы в прогнозе землетрясений», созданный Национальной академией наук США и Академией наук СССР. Идея семинара, по замыслу его основных организаторов — В. И. Кейлиса-Борока (СССР) и Л. Кнопфа (США), заключалась в том, чтобы, собрав вместе крупных специалистов в той области, которая сейчас называется нелинейной наукой (non-linear science), предпринять «мозговую штурм» проблемы. По замыслу организаторов, такой мозговой штурм позволит предложить принципиально новые идеи и существенно продвинуться в трудной и актуальной области прогноза землетрясений.

Трудность прогноза землетрясений, как представляется, связана прежде всего зависимостью этого явления от очень большого числа различных факторов. Уже давно И. М. Гельфанд (также участвовавший в семинаре) высказал точку зрения, что математика, адекватная проблемам биологии, еще не создана — именно вследствие многофакторности этих проблем. Может быть, проблема землетрясений в этом смысле переключается с биологическими проблемами?

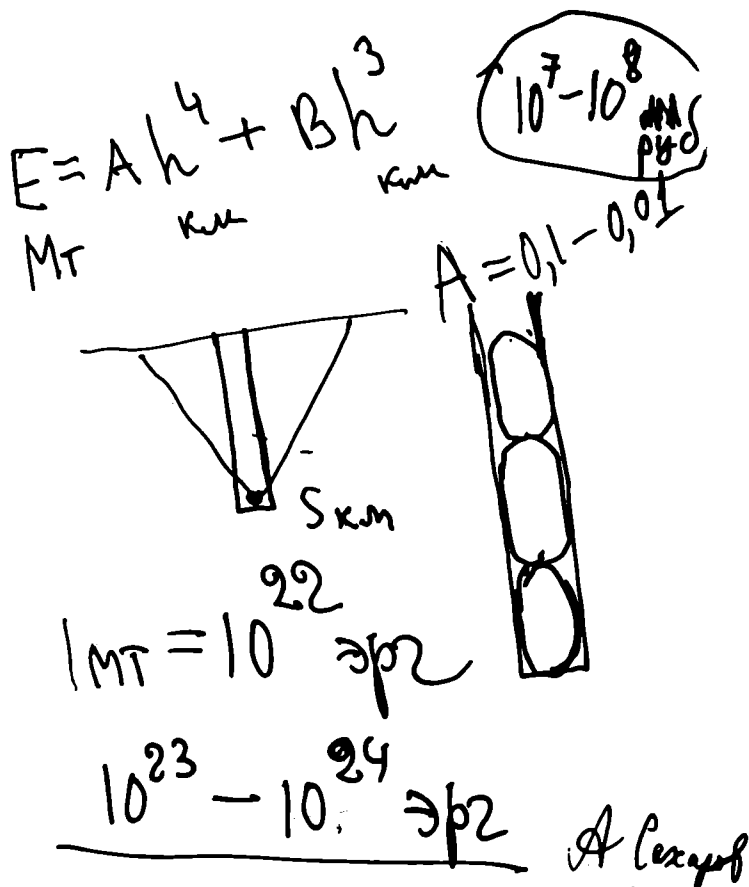
В пятницу, 14 октября, в последний день работы семинара, его участники, приехав из гостиницы в здание Академии, увидели в коридоре перед залом заседаний А. Д. Сахарова. Расписание докладов было смещено: АДС выразил желание выступить с докладом и предупредил, что очень торопится в связи с другими делами.



АДС высказал мнение, что можно искусственно вызывать землетрясения, используя в качестве спускового механизма ядерный взрыв на большой глубине. Проблема предсказания землетрясений, отметил он, остается нерешенной, и цель такого воздействия — сбросить накопившуюся энергию, пока еще не ставшую критической, и, таким образом, избежать больших потерь. АДС подчеркнул, что он не является специалистом в сейсмологии, он — аутсайдер, но проблему больших взрывов знает и хотел бы обсудить на семинаре это предложение.

Ядерный взрыв, по словам АДС, выбирается потому, что расходы на эквивалентный обычный тротильный взрыв гораздо больше, и существенно больше технические трудности его осуществления. Еще в 1961 г. было проведено испыта-

ние 100-мегатонного заряда, относительно просто произвести и более сильный взрыв. Взрыв следует осуществить на большой глубине — это требуется и по соображениям безопасности, и по соображениям эффективности взрыва как спускового механизма землетрясения. Можно реально говорить о глубине во много километров, но достаточной представляется глубина 5 км. Целесообразно пробурить на такую глубину скважину-шахту диаметром порядка метра (это технически возможно и относительно недорого) и укладывать заряды один на другой, после чего надежно изолировать скважину. Течение пластовых жидкостей в пористых пластах — достаточно медленный процесс, так что за время их течения радиоактивность продуктов термоядерного взрыва затухнет. Это тем более так, что полость, возникшая при



Мт) на глубине h (в км) АДС предложил формулу

$$E = Ah^4 + Bh^3,$$

где для коэффициента A он дал оценку 0,1—0,01. Стоимость проекта АДС оценил в 10—100 млн. руб., считая оптимальным равное распределение этой суммы между стоимостью заряда и стоимостью шахты-скважины. Суммарную энергию взрыва АДС оценил в 10^{23} — 10^{24} эрг (10—100 Мт). В конце доклада он привел качественный график зависимости отношения энергии E_1 , высвобождающейся при землетрясении, к энергии E_0 начального взрыва от времени, отсчитываемого с момента самопроизвольного землетрясения t_0 . А наибольший интерес, по мнению АДС, представляет промежуток времени от года до месяца до самопроизвольного землетрясения.

После доклада было интересное обсуждение. Некоторые американцы ворчали: кто его пустит с его бомбой в Калифорнию, на разлом Сант-Андреас, где гнездятся основные очаги землетрясений. Я собрал прозрачные пленки, которые АДС использовал для иллюстраций, и при полном одобрении других участников попросил его расписаться на одной из них.

Я много лет знал АДС и привык к тому, что любая его мысль, какой бы парадоксальной и нереальной она ни казалась вначале, должна быть тщательно изучена и сохранена. Этому предназначена служить и настоящая публикация.

взрыве, будет покрыта стекловидной коркой. Серьезной проблемой (АДС подчеркнул это специально, отвечая на вопрос профессора У. Ньюмена, США) являются трещины, образования которых можно ожидать при

подземном взрыве. По трещинам перенос радиоактивных продуктов происходит гораздо быстрее, однако эта трудность, по-видимому, преодолима.

Для определения безопасной мощности взрыва E (в

"От нас ждут хорошей программы"

М. Ю. Хлопов,
доктор физико-математических наук
Научный совет по комплексной проблеме
«Космология и микрофизика» АН СССР
Москва

Я ХОЧУ рассказать о деле, в котором Андрей Дмитриевич вынужден был вы-

полнять глубоко противные ему научно-организационные функции. Но сознавая, что волей обстоятельств он оказался единственным человеком, способным это сделать, в последние два года жизни он взял на себя

бремя забот по созданию при Президиуме АН СССР Научного совета по комплексной проблеме «Космология и микрофизика». Ближкое соприкосновение с Сахаровым в этой работе дает мне возможность добавить не-

которые штрихи к его портрету.

Ко второй половине 80-х годов становилось все очевиднее, что процесс взаимопроникновения космологии и микрофизики должен привести к становлению единой науки, объединяющей физиков и астрономов. Поэтому Сахаров как один из основоположников этой науки с самого начала представлялся естественной фигурой, способной обеспечить ее научно-организационное оформление и развитие. Но когда весной 1987 г. встал вопрос о создании такого совета, Андрей Дмитриевич, только что вернувшийся из ссылки, отказался от предложения возглавить его, ссылаясь, среди прочего, и на то, что Я. Б. Зельдович значительно активнее работает в этой области; кроме того, как утверждал Сахаров, он более склонен был просто «отдельным теоретиком», изучающим вопросы на стыке космологии и теории элементарных частиц, нежели организатором научных исследований в этом направлении. Но в декабре 1987 г., когда Зельдович умер, а совет так и не был сформирован, стало ясно, что только авторитет Андрея Дмитриевича сможет преодолеть междисциплинарные барьеры и объединить усилия ученых самых разных направлений. Все очевиднее становилось это и Сахарову, трудно приходившему к выводу о том, что «чаша сия его не минует».

Зельдович как-то сравнил наших ученых со связанным по рукам и ногам бегуном, получившим, однако, задание добиться олимпийского рекорда в беге с препятствиями. Сложившаяся в науке закостенелая система нагромождала на пути любого разумного дела барьеры, которые надо было преодолевать.

Согласие Андрея Дмитриевича продолжить начатое Зельдовичем поначалу многим казалось не более, чем благородным, но символическим жестом. «Разрабатывать программу, соединяющую лабораторные, космические и астрономические исследования, — задача очень трудная, требующая сил и времени», — предупреждали Андрея Дмитриевича. «Но ведь это



Во время заседания Комиссии по космологии и микрофизике. Москва, конференц-зал ГАИШ, 29 сентября 1989 г.

нужно», — отвечал он и, несмотря на сильную занятость, старался вникнуть и в суть отдельных проектов, и в специфику проблем, связанных с их осуществлением. Довольно скоро выяснилось, что его роль в создании совета не может быть чисто номинальной. Проходы сквозь дебри официальных коридоров требовали особых знаний и навыков (и сколько раз казалось, что дебри эти непроходимы!). Но в истории создания совета по космомикрофизике как в маленьком осколке зеркала отразилось течение процесса, живым олицетворением которого был Сахаров. В конце 1988 г. Общее собрание АН СССР избирает его членом Президиума — и неожиданно все преграды рушатся.

Как рассказывал мне Сахаров, первые слова, с которыми обратился к нему как к члену Президиума президент Академии, были: «Андрей Дмитриевич, Вы возглавите наш самый крупный Научный совет. Мы ждем от Вас большой, хорошей программы». Напоминать в тот момент об организационных трудностях, по мнению Сахарова, было не к месту: от нас ждут хорошей программы, мы

должны ее подготовить. И работа началась.

Андрей Дмитриевич сразу же передал в «Вестник АН СССР» подготовленный группой энтузиастов материал с анализом причин и обстоятельств возникновения новой науки — космомикрофизики, обсуждением задач и перспектив ее развития в СССР¹. Предваряло эту публикацию введение, написанное самим Сахаровым и отражающее его отношение к проблеме. Надо сказать, Андрей Дмитриевич очень бережно относился к авторству тех или иных идей и проектов и не считал для себя возможным хоть в малой степени встать над их непосредственными авторами и исполнителями. Столь же внимательным он был и к наследию Зельдовича при формировании Научного совета, проводя организационные изменения в его структуре и составе лишь в случае их явной необходимости.

12 сентября 1989 г. после доклада Сахарова Президиум АН СССР утвердил структуру и состав Научного совета по комп-

¹ Сахаров А. Д. Космомикрофизика — междисциплинарная проблема // Вестн. АН СССР. 1989. № 4. С. 39.

лексной проблеме «Космология и микрофизика». Была сформулирована и его задача — создание общесоюзной программы исследований на стыке теории элементарных частиц и космологии.

Готовя первое заседание совета, Андрей Дмитриевич считал необходимым разделить крупные долгосрочные проекты и небольшие задачи, решить которые можно было бы в ближайшие годы. «Мы должны начать с небольших проектов — минимальных по затратам и максимально результативных. Тогда дело пойдет», — говорил он, определяя повестку дня заседания и весьма придирчиво выясняя основные идеи каждого намеченного выступления.

29 сентября 1989 г. совет собрался на свое первое заседание. Астрономы и физики, инженеры и математики, за-

полнившие конференц-зал Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга, были в основной своей массе мало знакомы друг с другом. Можно было по пальцам перечесть тех, кто лично знал всех остальных членов совета. И это составляло одну из сложностей в его будущей работе. Председатель же совета должен был не только знать каждого, но и представлять специфику его работы. Понимая это, Андрей Дмитриевич буквально на глазах у всех активно восполнял пробелы в своих знаниях. Принципиально отказавшись от председательского возвышения, он занял место в первом ряду и неукоснительно выслушивал чередующиеся физические и астрономические доклады. Большинство проектов-предложений относилось к областям, не входившим в сферу не-

посредственных научных интересов Сахарова, но необходимо было разобраться в них — и он задавал вопросы, схватывая на лету идею в целом и обсуждая детали ее предлагаемых реализаций.

Мужественно выдержав более чем четырехчасовое заседание, Андрей Дмитриевич не был им полностью доволен. Многие казалось ему еще не отработанным и сырым.

Ему оставалось жить чуть более двух с половиной месяцев, и, наверное, в контексте всего им незаконченного, занятие советом по космофизике может показаться отвлечением от главного. Но чувство ответственности и простые, но столь трудно дающиеся нам этические нормы отразились и в этом, далеко не самом важном для него деле.

Из выступлений на Сахаровских чтениях (Горький, 27 января 1990г.)

Академик А. В. Гапонов-Грехов (Институт прикладной физики АН СССР):

Открытие в Горьком Сахаровских чтений связано для меня (и, возможно, для многих из нас) с противоречивыми ощущениями.

Здесь и чувство стыда за ту роль, которая была отведена нашему городу в жизни этого великого человека, и за то, как наш город эту роль сыграл; и чувство вины за отчуждение и отстранение, которым в течение многих мучительных лет был подвергнут Андрей Дмитриевич. Здесь и чувство безмерного удивления и восхищения всей его жизнью, богатой творчеством, успехами и борьбой и в то же время ясной, чистой и до конца отданной человечеству. И, конечно, невольное сопоставление с печальной судьбой многих русских талантов, не признаваемых и гонимых в своем стран-

ном Отечестве в смутное, тревожное время.

Я мало знал Андрея Дмитриевича — наверное, не более десяти встреч за два десятка лет. И каждая оставила в памяти такие черты этой замечательной личности, которые (как потом осознаешь) оказываются совершенно нетривиальными. Уже первый наш серьезный разговор показал терпимость и благожелательность Андрея Дмитриевича при самой строгой принципиальности. Это было, помнится, в 1972 г., когда он подготовил два письма-обращения в правительство: одно — с просьбой об амнистии политическим заключенным, другое — об отмене смертной казни. Когда мы встретились, он попросил меня подписать эти обращения. Я подписал просьбу об амнистии и не подписал обращения об отмене смертной казни. Сейчас я бы, наверное, поставил свою подпись под обоими обращениями — и не потому, что стал больше уважать Сахарова, просто мои взгляды изменились. Тогда отмена смерт-

ной казни казалась мне преждевременной. Андрей Дмитриевич не стал меня осуждать и перубеждать, а отнесся к моему мнению с уважением и терпимостью, которые я по достоинству оценил гораздо позже.

Вообще, я убежден, что его трудно, скорее, просто невозможно втиснуть в обычные человеческие рамки. Люди — я имею в виду, конечно, прежде всего людей сильных, талантливых — обычно проявляются либо в творчестве, либо в практической работе, либо в организационной и общественной жизни, политике. Возможно, это не вполне удачное определение, можно сказать точнее и правильнее, но если сформулировать коротко — все люди либо творцы, либо строители, либо борцы. И никогда эти разные по своей сути качества не совмещаются в одном человеке: одни делают революции, другие строят, а третьи творят, сидя «в башне из слоеной кости». Мало кому, даже из самых великих, удавалось добиться равных или сопо-

ставимых успехов хотя бы в двух из этих трех видов человеческой деятельности, потому что они фактически противоречат друг другу.

Абсолютная исключительность Андрея Дмитриевича в его равновеликости во всех ипостасях: как ученого, инженера и общественного деятеля. Причем его значимость настолько превышает возможности одного человека, что невольно возникает аналогия с Пушкиным — по Синявскому, он стоял над добром и злом, со свойственной ему бескомпромиссностью, но с бесконечным терпением и благожелательностью.

Однако безвременная смерть Андрея Дмитриевича показала, что он не был бесстрастным, а очень близко к сердцу принимал и судьбу нашего народа, и судьбу всего человечества, и судьбу каждого отдельного человека.

Не стоит взвешивать каждую из сторон его деятельности. Может быть, самое главное, что мы, знавшие Андрея Дмитриевича, жившие рядом с ним, будем помнить всегда: в трудное для нашего народа время — время торжества посредственности, конформизма и застоя — он дал нам эталон Человека, сочетающий абсолютную честность, высочайший интеллект и полное бесстрашие.

Это те качества, которые обеспечивают истинную духовную свободу.

М. Л. Левин, доктор физико-математических наук (Московский радиотехнический институт АН СССР):

Мое выступление в самом начале чтений оправдано лишь тем, что я единственный среди сидящих в зале, кто знал Андрея Дмитриевича с юности.

И еще. Среди присутствующих я, видимо, единственный физик, который за 7 лет его пребывания в Горьком был у него не по казенной надобности, не в командировке, не по поручению института, а сам по себе. И, может быть, поэтому я видел его, так сказать, в свободном состоянии, не связанного формальными ограничениями.

Великие люди не часто рождаются на свет. Когда умер



А. Д. Сахаров — почетный доктор Болонского университета. 1988 г.

Маяковский, были накладки на похоронах, и милиционер успокаивал писателей — не волнуйтесь, в следующий раз все будет в порядке. Он не знал, что великие поэты рождаются и умирают не так часто.

Я начну с молодых лет Андрея Дмитриевича, но сразу хочу предупредить: есть опасность некоего мифотворчества, оно уже началось при его жизни, продолжается после смерти, и мне бы не хотелось в этом участвовать. Хотя, сами понимаете, создать миф о юном гении, которого сразу все восприняли как гения, очень легко. Можно удариться в другую крайность — что он был «дуб двоячный», а потом вдруг стал замечательным ученым.

Андрей Дмитриевич не был ни «дубом», ни самым блестящим студентом на нашем курсе. Его необычайную силу и преподаватели, и студенты поняли скоро, да только не понимали его самого, его способ рассуждений, не понимали, что его «логические ступени» гораздо крупнее, чем у обычных людей. Скажем, я позднее, уже взрослым человеком читая о за-

мечательных математиках Галуа и Рамунаджане, которых не понимали современники, как-то соизмерил их с Андреем Дмитриевичем. По отношению к нам — а у нас был сильный курс — он находился примерно в том же положении, как мы с вами — по отношению к философу, привыкшему рассуждать по законам формальной логики. Так, для нас фраза «Петр смертен» очевидна, а философу нужны «ступеньки»: Петр — человек, люди смертны, следовательно, Петр смертен.

Я бы не хотел еще одного мифа — чтобы меня принимали за близкого друга Андрея Дмитриевича. Я им не был, и у меня ощущение, что и в молодые, и в средние годы близких друзей у него не было. Были товарищи по работе, в последние годы — по великому делу. А по-настоящему близкого друга я знаю только одного — это его жена.

Я был для него (это очень четкое определение принадлежит ему самому и сказано упомянутому КГБ, с которым мы столкнулись во время нашей первой встречи на улицах Горького) — его старый университет-

ский товарищ. На самом деле это немало. Старые университетские товарищи, особенно если потом они не работали вместе, не варились в каком-то деловом «котле», академических кулуарных или не совсем кулуарных отношениях, остаются любимыми товарищами, потому что каждый любит свою молодость, а университетские друзья несут печать этого. Не хочу сравнивать нас с лицеистами прошлого века, но что-то похожее есть. Думаю, именно этим объясняется радость, которую мне посчастливилось ему доставить своими посещениями: в Горьком мы встречались четырежды, и с этим связано какое-то олицетворение возвращенной молодости.

Вернусь к тому, с чего начал. Андрей действительно был трудно понимаем, и это у него оставалось очень долго и в университетские годы. Так вот, результаты, выводы у него всегда были правильными — задачи он решал правильно, ответы на вопросы давал правильные — а понять его было трудно. И продолжалось это долго. Но когда мы увиделись после большого перерыва (мы учились вместе 3 года до войны, а потом встретились после XX съезда партии), я вдруг заметил, что он ясно излагает свои мысли. Он объяснил: да, научился — пришлось иметь дело с начальниками в генеральских погонах, объяснять им, научился говорить на их языке.

И сейчас в газетах иногда пишут, что он был косноязычным. Это неверно, «косноязычным» он выглядел в молодости, но и это было не косноязычие, а слишком крупные шаги, которые он делал в своих рассуждениях и за которыми не поспевали остальные.

Могут привести еще один пример. Когда мы с ним встретились и я познакомился с его первой женой, Клавдией Алексеевой, она с какой-то гордостью сказала мне, что они познакомились в конце войны, и она, может быть, единственная в стране женщина, которой предложили руку и сердце в письменном виде. Он написал — не от застенчивости, просто иначе она не поняла бы, о чем речь.

Потом он научился говорить, и, по-моему, по ясности

изложения никаких претензий к нему не было.

Теперь о Горьком. Для меня вся история пребывания Андрея Дмитриевича в этом городе — незаживающая рана. Когда 10 лет назад его отправили в Горький, все возмущались. Но для меня в то же время было каким-то облегчением узнать, что это именно Горький: я очень люблю этот город. Я провел здесь 6 лет своей жизни, и мои начальные условия были тоже непростые. Я приехал в Горький с правом преподавания в университете и проживания на Бору, и хотя время было лихое и крутое — в Горьком мне было очень хорошо. Это было чувство воли после Бутырки и «шараги». Появились друзья и ученики, и, не считая внешних огорчений, от жизни в Горьком у меня остались самые светлые впечатления. Поэтому я и считал, что раз в Горьком столько замечательных физиков, столько настоящих людей, ему там будет хорошо.

Не знаю, как произошло, но в день его высылки, 22 января 1980 г., по удивительному (думаю, случайному) совпадению в газете «Горьковский рабочий» появилась заметка к 95-летию начала нижегородской ссылки Короленко. В ней рассказывалось о том, как в 1885 г., после долгой якутской ссылки, Короленко перевели сюда и как его встретил Нижний.

Короленко оказался в Нижнем Новгороде, и сразу вокруг него стала группироваться передовая интеллигенция. Здесь не было ни университета, ни политехнического, ни академических институтов. Были гимназии, духовная семинария, чиновники, врачи, адвокаты, и сразу вокруг Короленко образовалось интеллектуальное ядро. Лучшее всего об этом сказал Горький, который именно в Нижнем Новгороде получил благословение Короленко. В заметке приведены его слова, их смысл — можно говорить об эпохе Короленко в Нижнем.

Не ручаюсь за точность слов — возможно, не эпоха, а эра Короленко в истории Нижнего Новгорода. Но вот что хочу напомнить: 1885 год, 4 года после убийства Александра Второго и 3 — до последнего, несостояв-

шегося покушения на Александра Третьего, так что можно себе представить, какая была атмосфера в стране. И тем не менее — Короленковская эпоха в Нижнем.

А вот Сахаровской эпохи в Горьком не было. Были горьковские годы в жизни Сахарова.

Я тогда подсознательно надеялся, что через 100 лет произойдет что-то аналогичное... Горьковская интеллигенция, и прежде всего физики... Ведь редкая, уникальная возможность иметь в своей среде такого замечательного физика — и теоретика, и несравненного специалиста по прикладной физике. Я пребывал в такой надежде некоторое время, пока не выяснилось, что все не так.

Вспоминать это горько, и даже горше, чем о том, как «лучшие представители Академии» подписывали «осуждающие письма» — это было, конечно, противно, но меня лично не задевало.

Во время первой голодовки, когда речь шла о Лизе Алексеевой, наблюдалось большое волнение в коридорах Президиума Академии наук; разные бродили там люди, но доминировала мысль — если Андрей Дмитриевич помрет, нам за границей никто не подает руки, нам там делать нечего. Вот что их волновало!

Но ведь здесь все было не так! Здесь были настоящие люди, которых я люблю и уважаю. Что же заставило их принять граничные условия, установленные начальством? Мне до сих пор непонятно. Я понимаю, что в коллективе жить — по-волчьи выть, что «нужно делать свое дело» и, так сказать, жалуеть царя, а не псарь... и приходится «христианничать» (извините за каламбур), но, в конце концов, может быть, стоило попробовать?...

А у меня снова появилась надежда в середине горьковского периода Андрея Дмитриевича, когда на весь мир президент Академии наук заявил о том, как гуманно поступило наше правительство, отправив Андрея Дмитриевича в Горький, где замечательные условия, много академических институтов, и тамашние ученые академического ранга отнюдь не стремятся покинуть Горький.

Все это было сказано в интервью журналу «Ньюс уик», в том знаменитом интервью, где утверждалось, что у Андрея Дмитриевича серьезный психический сдвиг. Заявление президента Академии о райских условиях в Горьком неоднократно повторялось «профессионально выездными» учеными, когда их за границей спрашивали, что у вас там в Сахаровых?

Именно тогда и следовало попробовать: приглашать Андрея Дмитриевича на конференции, ходить к нему советовать по науке. Надо было не улавливать с полуслова волю начальства, а с мудрой швейковской тупостью вести себя в соответствии с опубликованным утверждением президента.

Ничего подобного, к сожалению, не произошло. И это меня мучает до сих пор.

Сегодня я был на открытии памятной доски и внимательно слушал все выступления. Боюсь, создалась неправильная картина, оправдывающая непонятное поведение горьковчан, — мол, Андрей Дмитриевич был здесь в столь глухой осаде и так трудно было к нему проникнуть, что мы могли сделать?

Мне кажется, это не так, «жесткий прессинг» предназначался в основном для московских диссидентов. Их действительно старались не допускать к Андрею Дмитриевичу, им трудно было прорваться. Правда, некую роль играло и то, что когда они отправлялись к нему, об этом знали в Москве. Трудно было удержаться и не сказать хотя бы близким друзьям. Даже я знал, что такой-то едет. А вот я первые три раза был в Горьком по предварительному уговору, но заранее об этом никому не говорил.

Первый раз, впрочем, совершил ошибку — не сообразил, что мог подвести моих горьковских хозяев. Я был приглашен на конференцию и встретился с Андреем Дмитриевичем, когда она подходила к концу. Произошло это через два месяца после его высылки. Потом устроителям конференции, по их сло-

вам, были «ватык» и предупреждение, что если подобное еще раз повторится — не помню точно — не то москвичей не пустят, не то конференции прикроют. После этого я никогда не приезжал повидать Андрея Дмитриевича за казенный счет, а только во время отпуска, и никого не подводил.

Так вот, по-моему, самое неприятное, что грозило большинству тех, кто посещал Андрея Дмитриевича или пытался его посетить, была отправка в Москву и даже иногда бесплатно. Вряд ли такая мера пресечения могла угрожать жителям Горького.

Со мной было проще. Убедившись, что я не эмиссар той или иной группы, а действительно, как сообщил Андрей Дмитриевич, его старый университетский товарищ, меня не отправляли, и я уехал сам. Потом во всех случаях мне с ним никто общаться не мешал. Правда, фото- и киноплёнку расходовали, не жалея.

Напоследок я расскажу про удивительное пересечение двух разнесенных во времени событий, о котором я не успел спросить Сахарова.

Последний раз я разговаривал с Андреем Дмитриевичем 8 декабря, за 6 дней до его смерти, на похоронах С. В. Каллистратовой¹. Гражданская пани-

хида проходила в коллегии адвокатов на Пушкинской, а отвечали ее в Обыденском переулке, около станции метро «Кропоткинская». Мы вместе ехали туда на машине и проезжали через район нашей общей юности. И тут в машине возникли воспоминания об этих местах. Речь, в частности, зашла о 110-й школе. И тут Андрей сказал, что начинается мифотворчество. Он в этой школе учился недолго и толком мало кого знал и помнил. Но уже нашлись ученики, «вспоминавшие», каким гениальным был Андрей Сахаров и как все преподаватели на него молились, девочки им восхищались, а мальчики ему завидовали.

Так что он меня вроде предупредил, чтобы я не занимался мифотворчеством, и я, по-моему, от этого удержался.

До войны нас в университете очень серьезно учили астрономии. Сейчас ее на физфаке совсем не преподают, а у нас читался курс, велись семинарские занятия, и мы отрабатывали практику в институте Штернберга; вел ее замечательный наблюдатель — потом он уехал в Пулково — М. С. Зверев.

Сидели мы как-то в обсерватории довольно долго, ждали, когда небо станет ясным, и вот одна из девочек пожаловалась, что никак не может запомнить порядок спектральных классов Дрэпера по температуре. Они идут в такой последовательности — О, В, А, F, G, K, M, N, запомнить трудно, а экзаменизаторы требуют. Зверев сказал, что когда он учился в университете в 20-х годах, у них была мнемоническая фраза, правда, не очень осмысленная, но зато в ней одно слово содержало подряд три нужные буквы: О, Боже, АФГанистан! Куда Мы Несемся!.

И вот вечером 8 декабря, возвращаясь домой, я вдруг вспомнил эту фразу, получившую 40 лет спустя безнадежно ясный смысл, тесно связанный с высылкой Андрея Дмитриевича в Горький.

¹ За 5 дней до этого умер Александр Михайлович Обухов, директор Института физики атмосферы, который когда-то дружил с Андреем Дмитриевичем. Потом он написал это знаменитое «письмо сорочка». Ну, естественно, у Андрея Дмитриевича было ощущение разочарования, огорчения. Но он был на похоронах Обухова. Во время похорон Каллистратовой зашел разговор о предательстве друзей, и я спросил: «Как тебе было на похоронах Обухова?» И он мне сказал: «Знаешь, для меня сейчас фамилия Обухова ассоциируется только с одним человеком — врачом из Горького. Когда меня там искусственно кормили и привязывали, я впервые понял, что испытывали в Древнем Риме рабы, когда их распинали». (Из стенограммы. — Прим. ред.)

Грустный юмор в эпоху "противостояния"

Г. А. Аскарьян

Институт общей физики АН СССР

У МЕНЯ было до боли мало прямых научных контактов с Андреем Дмитриевичем (или, более привычно, А. Д.). Всего два-три кратких обсуждения сверхсжатия магнитных полей взрывом в применении к лазерным вспышкам для управляемого термоядерного синтеза (70-е годы) да предварительная попытка обсудить с ним экологически вредные последствия СВЧ-разрядов в стратосфере (1988 г.). Помню, меня поразило, как быстро он входил в курс дела и сколь критичными были его доводы. У меня возникало ощущение, что А. Д. изголодался по аргументированному противостоянию в научном споре. Во всяком случае, я сразу почувствовал не trivialность и силу его логического мышления.

Будучи тогда сотрудником ФИАН я имел возможность наблюдать в течение многих тяжелых лет поведение А. Д., отношение к нему окружающих и его снисходительность к слабостям человеческого характера.

Я попытаюсь воспроизвести атмосферу доброжелательного, но грустного юмора, с помощью которого и А. Д., и сотрудники ФИАН пытались смягчить и разрядить напряженную обстановку.

Поздравление ко дню рождения

Это был период начала противоборства: меморандум Сахарова передавался по «голосам», в нашей печати велась оголтелая критика с обвинениями в антисоветской пропаганде.

На семинаре теоретического отдела, посвященном юбилею, поздравляют его и дарят радиоприемник.

А. Д. смущенно благодарит и добавляет: «Правда, многие сейчас считают, что мне

больше подошел бы радиопередатчик».

Самая благодарная аудитория

Мы стоим у входа во двор ФИАН. Подкатывает такси с А. Д., но он не вылезает, что-то доказывая шоферу при включенном счетчике. Мы фиксируем время: 40 мин. Наконец, А. Д. заканчивает лекцию. Шофер выключает счетчик, зажигается зеленый огонек. А. Д., с ужасом посмотрев на счетчик, расплывается и вылезает, здоровается с нами. Кто-то глубокомысленно замечает, что можно было бы и выключить счетчик.

«Теперь я понимаю, почему он проявил такую заинтересованность в моей теории конвергенции», — отвечает с улыбкой А. Д.

А он все о своем

На семинаре, посвященном юбилею В. Л. Гинзбурга, Д. А. Киржниц делает шуточный доклад, в котором обращает внимание аудитории на то, что на статьи и книги плодovitого В. Л. Гинзбурга ушло 10 килотонн бумаги, для чего были уничтожены тысячи гектаров леса.

Думающий о чем-то своем А. Д. роняет реплику: «От 10 килотонн не может погибнуть столько леса».

В хозяйстве ничего не должно пропадать

А. Д. после семинара выходит из ФИАН. С ним толпа фиановцев. К воротам подкатывает академическая «Волга». За ней — еще одна машина. (Сопровождения? Слежки? Охраны? В то время контакты с А. Д. контролировались и пресекались.) А. Д. садится в первую и предлагает подвезти. «А кто не поместится — садитесь во вторую», — добавляет он, указав рукой на машину «сопровождения». Из нее угрюмо смотрели два похожих лица. Немая сцена.

Еще несколько зарисовок,

характеризующих поведение сотрудников ФИАН в связи с ситуацией с А. Д.

Парторг теоретдела Б. М. Болотовский, которому парткомом было поручено «перевоспитание» А. Д., так объяснял в парткоме неэффективность своей миссии: «А. Д. мне все говорит и все вроде логично, а я ему не могу столь же весомо возразить — ведь он академик, а я простой профессор. Вот если бы вы меня академиком сделали, то мой голос был бы гораздо авторитетнее».

Хочу отметить, что даже в самые тяжелые годы научные ссылки на работы А. Д., по крайней мере в моих статьях, не выбрасывались. Проходили и упоминания о нем на юбилеях и капутниках.

Вот два примера.

В годы «обострения противостояния», когда А. Д. объявил голодовку протеста, проходил юбилей П. Л. Капицы. Я выступил на капутнике и прочел «письмо» от дирекции Третьяковской галереи с предложением об организации встречных платных выставок картин: академик Капица выставляет в Третьяковке хранящуюся у него в личном собрании картину Кустодиева «Молодые Капица и Семенов у самогонного аппарата», а Третьяковка для экспонирования в Президиуме АН — картины Шишкина «Дубы, освещенные солнцем» и Сурикова «Боярыня Морозова». Поняв слабый намек, слушатели потеряли ко мне всякий интерес, но после следующей за этим фразой: «Вырученные деньги пойдут в фонд помощи семьям голодающих академиков» — шквал аплодисментов переполненного зала Института физических проблем слился с радостными восклицаниями самого П. Л. Капицы.

На юбилейном семинаре В. Л. Гинзбурга я зачитывал якобы переданную по западно-

му радио энциклику папы римского о громадном значении Гинзбурга и его семинара в объединении верующих — христиан и закончил фразой о Великом физике: «И поразит Андрей Первозванный мечом своим разделяющиеся боеголовки Змея Горыныча и спасет землю Российскую от супостата...» В обоих случаях последствий не было: в партком не вызывали, не беседовали, не предупреждали, может быть, потому, что я был тогда в научной ссоре с секретарем парткома ФИАНа, не разговаривал и не здоровался с ним, а может быть, потому, что мне не нужно было проходить обсуждение в парткоме, так как за границу я не ездил, защищать докторскую не готовился и т. д.

Не забуду бережного от-

ношения А. Д. к окружающим: в самый разгар травли, когда доступ к нему ограничивался и контролировался, А. Д. перестал здороваться со многими на людях, дабы не навлечь на них «политическую порчу». Я даже обиделся, когда он перестал обращать на меня внимание. Но вернувшись из Горького, он снова признал всех своих старых знакомых.

Все эти осколки большого разбитого временем зеркала памяти не снимают нарастающего чувства нашей вины: мы не смогли по-настоящему помочь этому великому человеку, так как были опутаны нитями кажущегося благополучия, долга перед семьями и родственниками, нитями, которые могли легко порваться. И поэтому мы пытались убедить се-

бя в том, что А. Д. донкихотствует, что он не политик, верит в воздушные замки, единство человечества, что ему легче так вести себя в силу своего особого положения и больших заслуг. А он оказался провидцем, мессией, стратегом гуманизма и прошел через нашу жизнь почти одиноким, с горькой улыбкой, угловатый, неловкий, косноязычный, но с гордо поднятой головой. Так шли герои на эшафот.

И я начинаю понимать, что наши шутки были для нас всего лишь имитацией поддержки в почти безболезненном для нас виде. Он эту игру принимал и иногда в ней участвовал, но тоже (или только) для нас. Чтобы нам не было так горько и стыдно за свое неучастие в его великом деле.

По просьбе авторов гонорар за публикацию в этом номере будет перечислен в фонд Общественной комиссии по увековечению памяти академика А. Д. Сахарова и его наследия на счет № 1700930 в Бауманском отд. Жилсоцбанка г. Москвы.

Составители номера:
И. Н. АРУТЮНЯН, Н. Д. МОРОЗОВА

Номер готовили:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ
Н. Д. МОРОЗОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художник П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

Использованы фотографии:
Л. Н. ШЕРСТЕННИКОВА
Ю. Н. РОСТА
В. Р. ЛАГРАНЖА
В. И. ЕГУДИНА

В художественном оформлении номера принимали участие
О. Н. ЗОТОВА
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 28.05.90
Подписано в печать 13.07.90
Т — 07791

Формат 70x100 1/16
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1041,4 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1.
Тираж 65 250 экз.
Заказ 1131.
Цена 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области



Советско-американский эксперимент на Черном море продемонстрировал принципиальную возможность создания технических средств контроля за наличием ядерного оружия морского базирования.

Барсуков В. Л., Карпов В. С., Щеглов О. П.
НАУКА — ПРОЦЕССУ РАЗРЯДКИ

В НАЧАЛЕ 1991 Г. В «ПРИРОДЕ» БУДУТ ОПУБЛИКОВАНЫ ПОДБОРКИ МАТЕРИАЛОВ:

ПРОБЛЕМЫ БОЛЬШОГО ГОРОДА (о различных аспектах опасности современной городской среды),

РИСК В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

ЧТО ТАКОЕ ПСИХОИММУНОЛОГИЯ?

Сарапульцев Б. И., Гераськин С. А. БИОЛОГИЧЕСКИЙ СМЫСЛ РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Фролов В. П. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ, «КРотовые норы» и «МАШИНА ВРЕМЕНИ»

Васильев А. П., Симоненко В. А. ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ... для улучшения экологической обстановки

Садовский М. А., Писаренко В. Ф. ЯВЛЕНИЕ ПОДОБИЯ В ГЕОФИЗИКЕ

Торн К. С. ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И АСТРОФИЗИКИ (фрагменты из готовящейся к публикации книги)

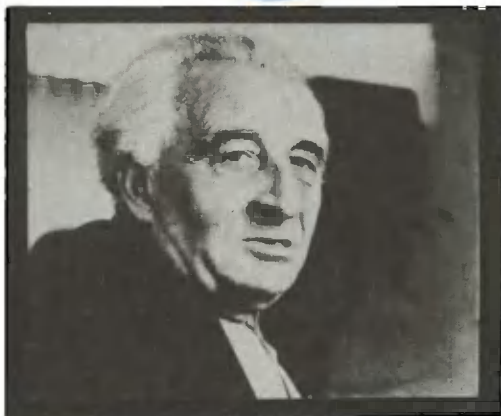
Виленкин Н. Я. ФОРМУЛЫ НА ФАНЕРЕ (тернистый путь советской математики)

Сонин А. С. ГРУСТНАЯ СУДЬБА ВЕЛИКОГО ОТКРЫТИЯ (идея «горячей» Вселенной Фридмана в «холодное» время Сталина)



Издательство «Наука»
© журнал «Природа» 1990

ПРИРОДА 9⁹⁰



В судьбе крупнейшего отечественного биолога Н. В. Тимофеева-Ресовского как в зеркале отражается отношение общества к науке, людям, жизнь которых отдана служению ей. Вот почему вопрос о его реабилитации, так до сих пор и не решенный, важен и принципиален.

«Я ПРОЖИЛ СЧАСТЛИВУЮ ЖИЗНЬ»

Маленькие штрихи к большой биографии



Когда под натиском мелиорации исчезали болота, мы пребывали в эйфории от пользы, которую принесут новые земли. Но осушение обернулось многими бедами — от экологических до потери ягодников.

НУЖНЫ ЛИ ПРИРОДЕ БОЛОТА?

ПРИРОДА

80 к.
Индекс 70707

ISSN 0032-874X. Природа. 1990. № 8. — 128.

