

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

К 90-летию со дня рождения Андрея Дмитриевича Сахарова

Научная сессия Отделения физических наук
Российской академии наук, 25 мая 2011 г.

PACS number: 01.10.Fv

DOI: 10.3367/UFNr.0182.201202f.0181

25 мая 2011 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (РАН) состоялась научная сессия Отделения физических наук РАН, посвящённая 90-летию со дня рождения Андрея Дмитриевича Сахарова.

Объявленная на web-сайте ОФН РАН www.grad.ac.ru повестка заседания содержала следующие доклады:

1. **Месяц Г.А.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Вступительное слово. Приветствия.*

2. **Ритус В.И.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *А.Д. Сахаров: личность и судьба.*

3. **Альтшулер Б.Л.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Научное и общественное наследие А.Д. Сахарова сегодня.*

4. **Илькаев Р.И.** (Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, г. Саров, Нижегородская обл.). *Путь гения. Сахаров в КБ-11.*

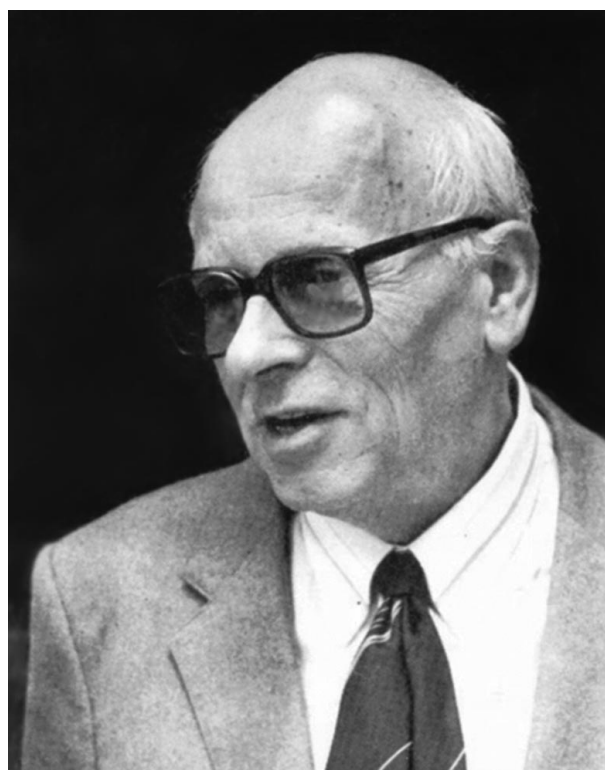
5. **Новиков И.Д.** (Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Кротовые норы и многоэлементная Вселенная.*

6. **Азизов Э.А.** (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва). *Токамаки — 60 лет спустя.*

7. **Кардашёв Н.С.** (Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Космические интерферометры.*

8. **Лукаш В.И.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *От космологической модели к образованию Хаббловского потока.*

9. **Гришук Л.П.** (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва; School of Physics and Astronomy, Cardiff University, Cardiff, United Kingdom). *Космологические сахаровские осцилляции и квантовая механика ранней Вселенной.*



А Сахаров

Андрей Дмитриевич Сахаров
(21.05.1921 – 14.12.1989)

Статьи, написанные на основе докладов 2–4, 6, 8 и 9, публикуются ниже. Доклад 5 близок по содержанию к опубликованным в УФН статьям: "Многокомпонентная Вселенная и астрофизика кротовых нор" И.Д. Новикова, Н.С. Кардашёва, А.А. Шацкого [УФН 171 1017 (2007)] и "Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной" А.А. Шацкого, И.Д. Новикова, Н.С. Кардашёва [УФН 178 481 (2008)]. Доклад 7 близок по содержанию к статье Н.С. Кардашёва «"Радиоастрон" — радиотелескоп много больше Земли. Научная программа» [УФН 179 1191 (2009)].

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Д. САХАРОВА

А.Д. Сахаров: личность и судьба

В.И. Ритус

А.Д. Сахаров был поразительно одарённым человеком, обладавшим талантами физика и изобретателя, благодаря которым "физические законы и связи явлений были для него непосредственно зримы и ощутимы во всей своей внутренней простоте" (И.Е. Тамм). Будучи автором основных идей по созданию водородного оружия и термоядерного реактора и осознавая своё значение в науке и обществе, он оставался скромным, глубоко порядочным человеком, доверчиво относящимся к людям, обсуждавшим с ним свои и его проблемы. Хотя исследования и успехи в решении принципиальных проблем физики и космологии доставляли ему наибольшее удовлетворение, судьба и долг заставили его заняться проблемами общечеловеческой значимости, в особенности проблемами прав человека, изнурительной борьбе за которые были отданы многие годы его жизни.

PACS numbers: 01.60. + q, 01.65. + g, 01.75. + m

DOI: 10.3367/UFNr.0182.201202g.0182

Содержание

1. "Мы не выбираем себе судьбу" (182).
 2. Работа над водородной бомбой в КБ-11 (183).
 3. Главный поворот в судьбе Андрея Сахарова (184).
 4. Начало открытых общественных выступлений (184).
 5. Смерть жены и возвращение в ФИАН (185).
 6. Люся — "моя вторая и лучшая жизнь". Нобелевская премия (185).
 7. Ссылка в Горький (186).
 8. Один день Андрея Дмитриевича (186).
 9. "Ты мог бы быть счастливей" (187).
- Список литературы (187).

В одном из интервью 1988 года Андрей Дмитриевич сказал: "... моя судьба оказалась крупнее моей личности. Я лишь старался быть на уровне собственной судьбы" [1].

Это утверждение одинаково скромно и точно.

1. "Мы не выбираем себе судьбу"

Осенью 1961 года, получив сообщение об успешном испытании на Новой Земле самой мощной 50-мегатонной водородной бомбы, АД поехал в Москву, чтобы навестить больного отца. Уже в Москве он узнал об успешном испытании другой бомбы, "изделия", которым он усиленно занимался и называл "инициатив-

ным". По одному из параметров оно было абсолютно рекордным.

Приехав в больницу, он не знал тогда, что Дмитрию Ивановичу оставалось жить всего пять недель. Вот как вспоминает АД эту важную в своей жизни встречу и слова, сказанные ему Дмитрием Ивановичем:

"Когда ты учился в университете, ты как-то сказал, что раскрывать тайны природы — это то, что может принести тебе радость. Мы не выбираем себе судьбу. Но мне грустно, что твоя судьба оказалась другой. Мне кажется, ты мог бы быть счастливей".

"Я не помню, — пишет АД, — что я ему ответил. Кажется, как-то присоединился к его мысли, что мы не выбираем себе судьбу. Что я ещё мог ему сказать в тот ноябрьский день 1961 года? ... Повороты судьбы, которые могли бы его глубоко обрадовать — или напугать, — были ещё впереди. Рассказать же о прошедшем испытании я не мог, да это и не отвечало бы на его вопрос. Не мог я и говорить с ним, что озадачен проблемой испытаний. О моих мирно-термоядерных работах папа знал, гордился ими. Но этого было мало, чтобы он не чувствовал психологического дискомфорта. Пожалуй, единственное, что я мог ему сказать, — что я собираюсь всерьёз заняться физикой и космологией. Но и это тогда мне рисовалось очень туманно" [2].

Обратите внимание на фразу о психологическом дискомфорте: отец чувствует его у обоих.

В своём докладе я хотел бы рассказать о тех поворотах судьбы, которые сыграли, на мой взгляд, существенную роль в жизни Андрея Дмитриевича. По-моему, их было шесть или даже семь. Но прежде чем сделать это, вернёмся к 1945 году, радостному году окончания войны.

В 1945 году АД стал аспирантом Игоря Евгеньевича Тамма и в 1947 успешно защитил кандидатскую диссертацию. Это были годы бурного развития квантовой

В.И. Ритус. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Ленинский просп. 53, 119991 Москва, Российская Федерация
Тел. (499) 132-65-23, (499) 132-64-26. Факс (499) 135-85-33
E-mail: ritus@lpi.ru

Статья поступила 1 июля 2011 г.

электродинамики, вызванного двумя фундаментальными экспериментальными открытиями.

Во-первых, Лэмб и Ризерфорд (1947) радиоспектроскопическими методами с большой точностью подтвердили расщепление уровня $n = 2$, $j = 1/2$ атома водорода на два уровня $2S_{1/2}$ и $2P_{1/2}$. Это расщепление, едва замеченное оптическими методами ещё в 1934 г., противоречило релятивистской теории Дирака для атома водорода, согласно которой эти уровни должны совпадать.

Во-вторых, Куш и Фоли (1947–1948) также радиоспектроскопическим путём обнаружили относительно маленькую, порядка 10^{-3} , добавку к магнитному моменту электрона, равному борновскому магнетону согласно теории Дирака.

У АД возникла идея, что расщепление вырожденного уровня атома водорода возникает из-за взаимодействия электрона с квантовыми флуктуациями электромагнитного поля в вакууме, точнее — из-за различия этого взаимодействия для электрона, связанного в атоме, и свободного электрона. Хотя высокочастотные флуктуации поля вносят в каждое из этих взаимодействий бесконечный вклад, он одинаков для связанного и свободного электронов и исчезает при вычислении разностного эффекта, определяемого флуктуациями поля внутриатомных частот.

К сожалению, Игорь Евгеньевич не поддержал эту идею АД, сославшись на работу Данкова, которая оказалась ошибочной. В это же время Бете (1947) сообщил о своём нерелятивистском вычислении разности уровней $2S_{1/2}$ и $2P_{1/2}$. Его работа через 20 лет была удостоена Нобелевской премии.

"Так я упустил возможность сделать самую главную работу того времени (и самую главную, с огромным разрывом, в своей жизни)", — пишет АД [2]. Как мы знаем теперь, своей лучшей работой он считал работу о барионной асимметрии Вселенной. По-видимому, огромным разрывом он отделяет её от той, которую он когда-то обдумывал и мечтал сделать.

Теоретическое объяснение "аномальной" добавки к магнитному моменту электрона было дано Швингером в том же году, что и её экспериментальное обнаружение. Оно свелось к учёту того же взаимодействия электрона с флуктуациями электромагнитного поля в вакууме. Работа Швингера вызвала восхищение у АД. Докладывая её на семинаре Тамма, он "чувствовал себя посланцем богов". Спустя 17 лет и эта работа была удостоена Нобелевской премии.

2. Работа над водородной бомбой в КБ-11

Не нужно думать, что первый поворот в судьбе Сахарова произошёл, когда он вместе с Беленьким, Гинзбургом и Романовым вошёл в группу Тамма для проверки расчётов группы Зельдовича по созданию водородной бомбы.

Не произошёл он и тогда, когда Андрей Дмитриевич и Виталий Лазаревич предложили свои "первую" и "вторую" идеи, легшие в основу нашей первой водородной бомбы РДС-6с.

Он произошёл в начале 1949 г., когда И.Е. Тамма и А.Д. Сахарова пригласил к себе Б.Л. Ванников — начальник Первого главного управления — могущественной организации, руководившей Атомным проектом СССР. Он сообщил, что Сахаров должен быть переведён

на работу к Харитону, это необходимо для успешной разработки темы.

Игорь Евгеньевич стал говорить, что Сахаров — очень талантливый физик-теоретик, который очень много может сделать для науки в самых важных разделах её переднего края. Ванников внимательно слушал, слегка улыбаясь, пока не раздался телефонный звонок. Лицо его стало напряжённым.

— Да, они у меня... Разговаривают, сомневаются.

Пауза.

— Слушаюсь, я это им передам.

Повесив трубку, он сказал:

— Это звонил Лаврентий Павлович. Он очень просит вас принять наше предложение.

Выйдя на улицу, Игорь Евгеньевич произнёс:

— Дело, кажется, принимает серьёзный оборот.

Никому не хотелось целиком погружаться в лоно секретной физики.

В марте 1950 года Сахаров, Романов и чуть позже Тамм приехали на постоянную работу в КБ-11. Я появился в этой группе в мае 1951 года после окончания физфака МГУ и неожиданного "откомандирования" из аспирантуры. Это был крутой поворот и в моей судьбе.

Работа над РДС-6с шла полным ходом. Не прошло и года моего участия в работе, как настало время составления основного математического задания для детального расчёта физических процессов и энерговыделения "слойки", требующего численного решения системы уравнений в частных производных.

Андрей Дмитриевич в моей рабочей тетради написал план задания, а меня попросил проверить его и дополнить необходимыми подробностями, что я и проделал в течение нескольких дней. После прочтения АД и учёта сделанных им замечаний я переписал задание своей авторучкой с зеленовато-синими чернилами на специально выданный мне большой лист в клеточку [3].

Теперь документально известно, что задание написано 5 апреля 1952 года, озаглавлено "Постановка задачи о действии МЗ" и подписано Сахаровым и мной (МЗ — это многослойный заряд) [4]. Оно было направлено сначала в группу Ландау, для которой было первым, исходившим от группы Тамма, а затем переправлено в группу Тихонова.

Через несколько дней Тамм получил от Ландау совсекретную записку следующего содержания:

"Дорогой Игорь Евгеньевич,

В присланной Вами очень поучительной записке к сожалению отсутствуют значения скоростей частиц всех групп. Просьба срочно прислать их нам.

Ваш Л. Ландау 11/IV 52."

Это явно был мой промах. В задании скорости нейтронов трёх групп фигурировали просто как v_1 , v_2 , v_3 .

Обе группы выполнили задание к концу декабря 1952 г. со значениями энерговыделений в 250 и 220 килотонн.

Энерговыделение "слойки", испытанной 12 августа 1953 г., оказалось заметно бóльшим — 400 килотонн — за счёт большего, чем в расчёте, реального сечения DT-реакции и использования трития не только в первом, как в расчёте, но и во втором лёгком слое. Это был блестящий успех группы Тамма. ИЕ и АД стали Героями соцтруда, получили очень большие Сталинские премии, дачи и машины.

Я не знаю, почему АД попросил именно меня участвовать в составлении этого важного задания. Возможно, хотел заинтересовать меня более высоким уровнем расчёта "изделия" и одновременно познакомить с элитой советской теоретической физики, — с Ландау, Лифшицем, Халатниковым, Мейманом, к которым я поехал через 2 месяца, чтобы выписать данные о выгорании Li⁶.

Позднее Е.М. Лифшиц был оппонентом моей докторской диссертации, а в трудные для АД годы при встречах в редакции *ЖЭТФ* уводил меня в сад института и подробно расспрашивал о нём. Такое же сочувствие к АД проявлял Г.Н. Флёров, но я встречался с ним значительно реже.

Моё участие позволило АД избежать преждевременной оценки группой Ландау его личности и его детища — МЗ. Я помню, как подробно они расспрашивали меня о нём, стараясь присвоить ему "звёздный номер" по классификации Ландау. Оказалось, они никогда не видели его и не читали документов, написанных его рукой.

Была ещё одна причина взять меня в соавторы, которую я понял, посетив после группы Ландау группу Тихонова. С ней Сахаров взаимодействовал уже несколько лет. И мне почти все её члены были знакомы: Тихонов читал нашему курсу лекции, Самарский принимал у меня экзамен, Рождественский был моим однокурсником. Не знал я только В.Я. Гольдина, но он встретил меня такой улыбкой, будто мы только вчера расстались, и сказал: "Владимир Иванович, вы так понятно написали задание, пишите нам всегда". По-видимому, задания, написанные Сахаровым, были рассчитаны на "суперменов". Я знал, что понимать АД было не легко.

3. Главный поворот в судьбе Андрея Сахарова

Слухи о громадном энерговыделении в американских термоядерных испытаниях "Майк" и "Браво" заставили наших учёных задуматься об атомном обжати "слойки". Коллективные обсуждения и, по-видимому, некоторые элементы идей из сверхсекретных материалов Фукса 1948 г. [5] привели к "третьей идее" — обжатию "слойки" излучением обычной атомной бомбы. Идея была реализована, вместе с двумя предыдущими, в водородной бомбе РДС-37.

Её испытание 22 ноября 1955 года на Семипалатинском полигоне завершилось банкетом, на котором маршал Неделин предложил АД произнести первый тост. АД сказал, я цитирую [2]:

"— Я предлагаю выпить за то, чтобы наши изделия взрывались так же успешно, как сегодня, над полигонами и никогда — над городами.

За столом наступило молчание, как будто я произнёс что-то неприличное. Все замерли. Неделин усмехнулся и, тоже поднявшись с бокалом в руке, сказал:

— Разрешите рассказать одну притчу. Старик перед иконой с лампадкой, в одной рубашке, молится: "Направь и укрепи, направь и укрепи". А старуха лежит на печи и подаёт оттуда голос: "Молись только об укреплении, направь я и сама сумею". Давайте выпьем за укрепление.

⟨...⟩ Несколько секунд все в комнате молчали, затем заговорили неестественно громко. ⟨...⟩ Прошло много лет, а до сих пор у меня ощущение, как от удара хлыстом".

Да, это был хлесткий удар по самолюбию АД и его скрытому пацифизму. Он произвёл новый, быть может главный поворот в судьбе АД. Конечно, он понимал, что использование страшного оружия будет целиком зависеть от партийной и военной власти. "Но одно дело — понимать, и другое — ощущать всем своим существом как реальность жизни и смерти". Убеждение, что "это хорошая физика" и что "эта работа необходима", стало постепенно уходить на второй план и уступать моральной, общечеловеческой позиции сохранения мира.

Успех испытания 1955 г. принёс АД вторую медаль Героя соцтруда. Вместе с тем АД всё более осознавал опасность ядерных испытаний: если в 1953 г. возникла необходимость срочного массового отселения жителей от полигона, то в 1955 г. погибли девочка и солдат и были серьёзно травмированы люди вдали от полигона. В 1958 г. появились две статьи АД о радиационной опасности ядерных испытаний с кратким выводом: каждый мегатонный взрыв приводит в будущем к десяти тысячам жертв онкологических заболеваний.

В том же году Сахаров безуспешно пытался повлиять на продление объявленного СССР моратория на атомные взрывы, убедил Курчатова, но тот не смог убедить Хрущёва.

Во время следующего моратория Сахаров, по-видимому, решил повысить свой авторитет в глазах власти разработкой "изделия" небывалой мощности. В результате мораторий был прерван в 1961 г. испытанием этой сверхмощной 50-мегатонной водородной бомбы скорее политического, чем военного характера, за создание которой АД был награждён третьей звездой Героя соцтруда. Эта противоречивая деятельность по разработке оружия и запрещению его испытаний, пройдя через острые конфликты с коллегами и властями, особенно в 1962 г., была своеобразным зигзагом в его судьбе, но имела в 1963 г. и положительный результат — Московский договор о запрещении испытаний в трёх средах.

Зигзаги и противоречия, по-видимому, неизбежны и потому простительны для человека, осознающего свой реальный научно-технический вклад в Атомный проект, не меньший вклада других трёхзвёздных Героев — Зельдовича, Курчатова, Харитона, Щёлкина. Тем более простительны для человека, идущего много дальше уже по пути общечеловеческой значимости.

4. Начало открытых общественных выступлений

В 1964 г. АД успешно выступил в Академии наук против избрания биолога Н.И. Нуждина академиком, считая его, как и Лысенко, ответственным за "позорные тяжёлые страницы в развитии советской науки". В 1966 г. он подписал письмо 25 знаменитостей против реабилитации Сталина, познакомился с Р. Медведевым и его книгой о Сталине, заметно повлиявшей на эволюцию взглядов АД. В 1967 г. АД направил письмо Брежневу в защиту четырёх инакомыслящих. Ответом властей было лишение его одной из двух должностей на "объекте".

В июне 1968 г. в иностранных газетах появилась большая статья АД "Размышления о прогрессе, мирном

существовании и интеллектуальной свободе" — об опасностях термоядерного уничтожения, экологического самоотравления, дегуманизации человечества, необходимости сближения социалистической и капиталистической систем, преступлениях Сталина и отсутствии демократии в СССР. На это раз АД был полностью отстранён от работы на "объекте".

26 августа 1968 г. произошла встреча АД с А.И. Солженицыным, выявившая их разные взгляды на необходимые общественные преобразования.

5. Смерть жены и возвращение в ФИАН

8 марта 1969 г. скончалась жена АД, оставив его в состоянии отчаяния и горя, сменившемся затем долгим опустошением. Это был жестокий удар судьбы для АД, который, по существу, был большим ребёнком, находившимся всю жизнь под опекой бабушки, мамы, а затем — Клавдии Алексеевны. По существу, у него не было и настоящих друзей.

Е.Л. Фейнберг поехал к АД домой и от имени Тамма и сотрудников теоротдела предложил ему возвратиться в ФИАН. АД сразу согласился и написал заявление директору института Д.В. Скобельцыну. Подключился и тяжело больной Игорь Евгеньевич, обратившийся к президенту Академии наук М.В. Келдышу с просьбой помочь. Спустя три месяца санкция была получена и АД снова стал старшим научным сотрудником ФИАН.

С 1967 по 1980 гг. АД опубликовал более 15 научных работ: о барионной асимметрии Вселенной с предсказанием распада протона (по мнению АД, это его лучшая чисто теоретическая работа; она повлияла на формирование научного мнения в последующее десятилетие), о космологических моделях Вселенной, о связи тяготения с квантовыми флуктуациями вакуума и др.

В эти же годы усилилась его общественная деятельность. В начале 1970 г. вместе с В. Турчиным и Р. Медведевым он написал Меморандум о демократизации и интеллектуальной свободе. Через несколько месяцев — инициировал обращения за освобождение из психиатрических больниц Григоренко и Ж. Медведева. Письмо в защиту Медведева было подписано и сотрудниками теоротдела — Ренатой Каллош, Юрой Гольфандом и мной. Каково же было наше удивление, когда через 19 дней Медведева выпустили. Эта победа воодушевила АД.

В октябре 1970 г. АД ездил в Калугу на суд "самоздатчиков" Пименова и Вайля, где познакомился с активной правозащитницей Е.Г. Боннэр. В ноябре с Чалидзе и Твердохлебовым участвовал в организации Комитета по правам человека.

В это же время АД неожиданно пригласил меня к себе домой. Дверь в квартиру была приоткрыта. На моё удивление он ответил, что ничего не скрывает. Речь пошла о письме в защиту участников "самолётного дела". Я не подписал этого письма. С чувством глубокого неудобства перед АД 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 надёжного иммунитета против репрессий властей. Мне показалось, что и у самого АД не было внутренней убеждённости. Возможно, он предчувствовал просьбу своей новой знакомой Е.Г. Боннэр, заинтересованной в этом деле.

Так или иначе, коллективного письма не получилось. АД ограничился телеграммой Брежневу и письмом Подгорному, в которых просил смягчить приговор "самолётчиком".

6. Люся — "моя вторая и лучшая жизнь". Нобелевская премия

Радикальным поворотом судьбы АД была женитьба на Елене Георгиевне Боннэр, ставшей его обожаемым другом, в котором он так нуждался. АД, как и близкие, называл её Люсей. Она сосредоточила деятельность АД на защите прав конкретных людей. Мне же казалось, что ему нужно ограничиться и сосредоточиться на составлении программных статей и выступлениях 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. Однажды на приёме в семье И.Е. Тамма, посвящённом его памяти, я поделился об этом с Еленой Георгиевной. Она воскликнула: "Да я всё время ему об этом говорю!" Однако я чувствовал, что для АД было очень важно добиться победы в любом, даже малом, правозащитном деле. И он добивался, но какой ценой!

Несмотря на идейные расхождения с Сахаровым, в разгар правозащитной деятельности АД и газетной кампании против него Солженицын предложил в 1973 году присудить Сахарову Нобелевскую премию мира, которую АД получит через два года. Непосредственно её вручат жене АД, находившейся в это время за границей на лечении. Удивительно то, что отрицательное отношение к получению премии проявили Ж. Медведев и Зельдович, последний — не только устно, но и письменно.

Вместе с тем, новое семейное положение и ФИАН внесли некоторый порядок в жизнь АД. Он аккуратно посещает в институте вторичные и даже пятничные семинары, кратко резюмирует содержание сообщений в своём дневнике [6]. Я посмотрел записи, касающиеся сорока одного семинара, и приведу только те две, которые помимо резюме содержат замечания АД, относящиеся к докладам, а также запись о семинаре с докладом самого АД.

"7 февраля 1978 гт. В ФИАНе — доклад Захарова — феноменологическая теория, исходящая из хромодинамики и дисперсионных соотношений для описания резонансов в области

$$2m_\pi \ll \sqrt{t} \ll 1,5M_N$$

с привлечением гипотезы

$$\langle 0 | F_{ik}^a F_{ik}^a | 0 \rangle = \mu_1^4,$$

$$\langle 0 | \psi_\mu^b \bar{\psi}_\mu^b | 0 \rangle = \mu_2^3.$$

(Конечная величина этих вакуумных ожиданий, как Я считаю, не следует из хромодинамики, инвариантной относительно масштабного преобразования, а спонтанное нарушение масштабного преобразования приведёт к появлению "масштабных" голдстоунов, которые не наблюдаются в природе.)

25 апреля 1978 вт. Володя Ритус в ФИАНе докладывал свою работу о радиационных поправках к лагранжевой функции электрона в сильном электромагнитном поле (методом собственного времени в переменных ε, η (поля в системе, где $\mathbf{E} \parallel \mathbf{H}$) есть член $\Delta m \sim -|\mathbf{E}|$) ($\sim -|\varepsilon|$). Я сказал, что член подобного рода открывает возможность решения проблемы удержания (см. мою запись от 20 числа, на которую я не сослался).

Был также доклад Игоря Тютиня о фазовых переходах в калибровочном поле по работе 'т Хофта".

В действительности, моя работа (через два дня я отвёз её в редакцию ЖЭТФ) посвящена массовому оператору электрона в сильном электромагнитном поле, который тесно связан с двухпетлевой лагранжевой функцией этого поля, рассмотренной мною в 1975 и 1977 гг.

Запись идеи, на которую АД хотел сослаться, сделана не 20, а 22 числа. Вот она:

22 апреля 1978 суб. $\langle \dots \rangle$ А у меня идея — возможно, очень глупая, что образование "струны" связано с взаимодействием вида $|E_i| \varphi_i^2$,

E_i — электроподобное поле SU_3 ,

φ_i — поле типа Хиггса, т.е. $\langle \varphi_i \rangle \neq 0$.

В струне — фазовый переход к $\langle \varphi_i \rangle = 0$ ".

Любопытны дальнейшие события. Первого мая АД позвонил мне и попросил срочно приехать к нему домой в Шукино поговорить о моей работе. Я взмолился: "АД, 1-е мая, у меня другие планы, давайте отложим на 3-е". Удалось уговорить, но всё равно пришлось поговорить и по существу. Вот как это отражено в дневнике АД:

1 мая 1978 пон. Имел длинный разговор с Володей Ритусом по телефону о его и моих идеях. Не всё ясно.

2 мая 1978 вт. Весь день занимался, пытаюсь методом Фока — Швингера получить член $\varphi \varphi |\varepsilon|$. Безуспешно. На другой день (3/V) долго — 3 часа говорил с Володей. Выяснил, что эффект его $\alpha_x E_x$, что меня мало интересует".

Формулу $\alpha_x E_x$ я не понимаю. АД получил её, по-видимому, после моего ухода для своего неабелева случая. Моя формула для сдвига массы электрона в электрическом поле ε такова

$$\Delta m = -\frac{1}{2} \alpha \beta m, \quad \beta = \frac{\hbar |\varepsilon|}{m^2 c^3} \ll 1,$$

α — постоянная тонкой структуры, β — ускорение в единицах mc^3/\hbar . При этом важно, что речь идёт о равноускоренном электрическом заряде — источнике векторного поля. У равноускоренного скалярного заряда (источника скалярного поля) сдвиг массы отсутствует, т.е. налицо явная зависимость сдвига от спина собственного поля заряда.

АД продолжает работать над своей идеей и через месяц в его дневнике появляется запись:

31 мая 1978 ср. $\langle \dots \rangle$ Вычисление взаимодействия $A \varphi^2$ в линейном по полю пределе даёт нуль".

А вот и запись о собственном докладе АД на пятничном семинаре:

13 октября 1978 пятн. Я в ФИАНе делал доклад "Барионная асимметрия Вселенной", было много гостей (Зельдович, Окунь, Комар и др.). К сожалению, у меня ещё не всё было в порядке в оценках. Эффект по Иошимури $\sim q^{-1/2}$. Я утверждал $q^{+1/2}$, а надо — не зависит!!! (понял это 21/XI)"

7. Ссылка в Горький

Вступление наших войск в Афганистан привело к наиболее острому повороту в судьбе АД. После интервью газете "Нью Йорк таймс" о положении в Афганистане и его исправлении и телеинтервью компании ABC АД без суда был выслан в Горький, лишён всех правительственных наград. Мы все, включая наших правителей, должны быть благодарны АД за смелое осуждение этой войны против дружественной нам страны и её народа.

Лишённый контактов с иностранцами и людьми, нуждающимися в правовой защите, АД мог бы теперь сосредоточиться на научной работе. Но возникли проблемы с отъездом за границу Лизы Алексеевой и самой Елены Георгиевны. Решение АД добиться права выезда голодовками я считаю неправильным и разделяю формулировку многих близких ему людей: "Личное счастье не может быть куплено страданиями великого человека". В частности, и я во время своего второго визита в Горький просил АД хотя бы повременить с голодовкой, так как в Москве ходят слухи о болезни генсека (и действительно в этот день Андропов умер, его сменил Черненко, но отложенная голодовка ничего не решила).

К сожалению, голодовки, насильственные госпитализации и мучительные кормления продолжались и в результате мы имеем то, что имеем.

Было очень много поездок к АД сотрудников теоретдела. К сожалению, они были чисто информационными. Вот две, оказавшиеся для АД наиболее интересными [7]:

30 марта 1986 воск. Написал 10 вопросов, которые я хочу задать Каллош и Васильеву, но не знаю, смогу ли понять их учёные ответы.

2 апреля 1986 ср. Сегодня были Каллош и Васильев. Рената интересно рассказывала про суперструну, хотя я многое не понимал, и главным образом поэтому было очень утомительно слушать.

21 мая 1986 ср. Приехали Володя Файнберг и Аркадий Цейтлин. Был очень интересный разговор с Аркадием. Он не признаёт интерпретации струны через индуцированную гравитацию, а пользуется интерпретацией через σ -модель. Что-то в этом подходе есть, подумаю. Но в основном, по-моему, он не прав. Я им рассказал про мнение Вайскопфа. Володя тоже несколько сомневается".

А вот грустные размышления в праздничный день.

8. Один день Андрея Дмитриевича

4 мая 1986 воск. 1-ый день Пасхи. Утром отметил Пасху, разбив ещё одно крашеное яйцо и сварив какао. В доме ужасно холодно. Сажу в красной кофте поверх кофты. Ходил за хлебом и в овощной (там нет ничего, в том числе свёклы — хоть шаром покати. Купил бутылку яблочного сока).

Бегло просматривал много статей, отбирал те, которые надо попытаться понять (некоторые из них я уже много раз пытался понять). К сожалению, надо признать, что я уже не в силах освоить всю супернауку на должном уровне. За 5 месяцев, имея все статьи перед собой, я этого не смог. Конечно, у меня нет некоторых исходных статей, но не это главное. Главное в том, что я очень многое упустил, начиная с 1948 года. А в 1969 г., попав опять в ФИАН, я не занимался наукой с должной последовательностью. Много меня отвлекало. Семи-

нары посещал только вторичные, а реально заниматься современной физикой (калибровочными полями, квантовой теорией поля вообще, новой космологией, особенно суперсимметрией) — не занимался и не мог. Фактически только в Горьком у меня появилась такая возможность, но всё ещё многое отвлекало (в особенности последние годы, но и раньше), а главное — сил и свежести ума уже мало. Надо сказать, что и в молодости — в 40-ые годы — мне тоже была трудна теория поля — тогда ещё в очень ребяческом состоянии. А что с ней сделали десятки острых умов за эти 40 лет! Чудеса и только. Особенно сильно я это почувствовал последние месяцы. Конечно, это я переживу, как человек психически вполне устойчивый, счастливый в личной жизни, достаточно самокритичный и готовый в принципе довольствоваться тем, что сделано. Но в каком-то плане это всё же для меня огромная интеллектуальная трагедия!!! Постараюсь всё же что-то сделать "на обочине", то, что в моих скудеющих силах. Да, мне надо много воли и мужества. Надо смотреть в глаза фактам и надо работать. Не разбрасываться и доводить дело до конца.

На улице +5°C, дома +14°C. Иду ужинать (0 ч. 20 мин.)".

9. "Ты мог бы быть счастливей"

После возвращения из ссылки в Москву и выборов на съезд народных депутатов для АД снова наступили острые, нервные времена. Грустно было видеть на трибуне его долговязую фигуру с поднятыми руками и сжатыми кулаками. Так и видится позади него тяжкий крест, так и слышатся злобные крики "Распни его!".

После выступления 2 июня о преступной войне в Афганистане вечером я позвонил ему домой. Телефон неожиданно оказался незанятым, трубку взял АД. Я стал было успокаивать его, выражая свою поддержку, он сказал, что спокоен, чувствует свою правоту, что уже давно привык к такому отношению к себе. Елена Георгиевна осведомилась у него, кто звонит. Мы поговорили ещё немного, и я сам успокоился.

Только после смерти АД я узнал нечто для меня новое, неожиданное и даже противоречивое в этом скромном необычном человеке.

Оказывается, он был хорошим знатоком Пушкина, воспринимал его как близкого человека, помогавшего ему ощутить самого себя.

Оказывается, после смерти Сталина он написал жене (зная, что письма из КБ читаются): "Я под впечатлением смерти великого человека. Думаю о его человечности". Я же помню наши трезвые разговоры о возможных изменениях в стране и его слова о государственной машине, слишком инерционной, чтобы что-то изменилось.

Оказывается, он проектировал термоядерную торпеду в 100 мегатонн и обосновывал её применение в разговоре с адмиралом Фоминым, который назвал проект "людоедским".

Много нового, откровенного о своих отношениях с АД искренне сообщает нам Елена Георгиевна [6–8]. Её откровения лишь подтверждают правильность впечатлений Солженицына [2, 8, 9].

В трёхтомном издании дневников АД [6–8] есть список почти 2300 фамилий упоминаемых там людей. Большая часть из них нуждалась в помощи АД и вместе с Еленой Георгиевной он делал всё возможное, чтобы оказать её. Но значительная часть этих людей, к сожалению, относилась к нему потребительски, ослабляя его идейную, нравственную позицию по сравнению с жёсткой позицией Солженицына.

Был ли счастлив АД? По-видимому, да. Но тогда вернитесь и прочтите, что пишет он 4 мая 1986 г. Ведь это пишет лауреат Нобелевской премии мира — высшей премии в том направлении, куда повернула его судьба. Так счастлив ли он?

Список литературы

1. Сахаров А Д, Газета "Молодежь Эстонии" 11 октября 1988 г., интервью
2. Сахаров А Д *Воспоминания* Т. 1 (М.: Права человека, 1996)
3. Ритус В И *Природа* (12) 57 (2004)
4. Киселев Г В *УФН* **178** 947 (2008) [Kiselev G V *Phys. Usp.* **51** 911 (2008)]; Киселев Г В *УФН* **178** 1371 (2008)
5. Рябев Л Д (Общ. ред.), Гончаров Г А (Отв. сост.) *Атомный проект СССР. Документы и материалы* Т. 3 *Водородная бомба. 1945–1956* Кн. 1 (М.: Наука, 2008)
6. Сахаров А Д, Боннэр Е Г *Дневники* Т. 1 (М.: Время, 2006)
7. Сахаров А Д, Боннэр Е Г *Дневники* Т. 3 (М.: Время, 2006)
8. Сахаров А Д, Боннэр Е Г *Дневники* Т. 2 (М.: Время, 2006)
9. Солженицын А И *Бодался теленок с дубом* (М.: Согласие, 1996)

A.D. Sakharov: personality and fate

V.I. Ritus

*P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences,
Leninskii prosp. 53, 119991 Moscow, Russian Federation
Tel. +7 (499) 132 65 23, +7 (499) 132 64 26. Fax +7 (499) 135 85 33
E-mail: ritus@lpi.ru*

A.D. Sakharov was an amazingly gifted person for whom, with his combined talents as a physicist and an inventor, "physical laws and relation between phenomena were directly visualized and tangible in all their inherent simplicity" (I.E. Tamm). The author of key ideas involved in the hydrogen weapons and fusion reactor programs, and well aware of his scientific and public status, Sakharov was, nevertheless, a modest and highly decent man, always trusting in people who happened to discuss with him their or his problems. Although his greatest satisfaction lay in successfully solving fundamental problems in physics and cosmology, the fate and duty made him turn to matters of universal human significance, particularly human rights, to gruelling struggle for which he devoted many years of his life.

PACS numbers: **01.60. +q**, **01.65. +g**, **01.75. +m**

DOI: 10.3367/UFNr.0182.201202g.0182

Bibliography — 9 references

Received 1 July 2011

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **182** (2) 182–187 (2012)

Physics–Uspekhi **55** (2) (2012)

Научное и общественное наследие Сахарова сегодня

Б.Л. Альтшулер

В течение 20 лет (1948–1968 гг.) А.Д. Сахаров участвовал в создании советского ядерного щита, и столько же лет (1969–1989 гг.) он, движимый тем же патриотическим чувством долга, отдал защите прав человека, предотвращению самоликвидации человечества в термоядерной войне. Свободное от этих занятий время он посвящал своему самому любимому делу — теоретической физике. И хотя эти работы выполнены, по выражению самого Сахарова, "на обочине", значение многих из них оказалось непреходящим. В докладе названы основные востребованные сегодня научные результаты Сахарова, а также суммированы в высшей степени нетривиальные и не утратившие актуальности действия и подходы, применявшиеся им для решения общественных задач.

PACS numbers: 01.60.+q, 01.65.+g, 98.80-k

DOI: 10.3367/UFNr.0182.201202h.0188

Содержание

1. Введение (188).
2. Непрошедшее прошлое (188).
3. Научные идеи А.Д. Сахарова сегодня (191).
4. Общественное наследие А.Д. Сахарова сегодня (192).
5. Заключение (193).

Список литературы (194).

1. Введение

«Мы несколько раз слышали, как он читал наизусть Пушкина, тихо, почти про себя: "Когда для смертного умолкнет шумный день...". Он сказал однажды: "...хочется следовать Пушкину... Подражать гениальности нельзя. Но можно следовать в чём-то ином, быть может, вышем..."» (из воспоминаний Раисы Орловой и Льва Копелева [1]). Говоря о наследии Сахарова сегодня, я имею в виду, в первую очередь, его методы решения поставленных задач, достижения искомого результата. Конечно, "подражать гениальности нельзя", но поучиться есть чему.

23 мая 2011 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН) состоялись организованные фондом "Династия" публичные лекции, посвящённые 90-летию А.Д. Сахарова. Зал до отказа был забит молодёжью, и это вселяет надежду.

В течение 20 лет, с 1948 г. по 1968 г., Андрей Дмитриевич участвовал в создании ядерного щита России, и

столько же лет своей жизни, с 1969 г. по 1989 г., он, движимый тем же патриотическим чувством долга, отдал защите прав человека, предотвращению самоликвидации человечества в термоядерной войне. Свободное от этих занятий время он посвящал своему любимому делу — теоретической физике. И хотя эти работы выполнены, по выражению самого Сахарова, "на обочине" (Дневники [2], запись 4 мая 1986 г.), многие из них стали началом целых научных направлений: мирное использование термоядерного синтеза, объяснение барионной асимметрии Вселенной и возникновения первоначальных неоднородностей вещества на ранней стадии эволюции Вселенной, мюонный катализ, взрывомагнитные генераторы для получения сверхсильных импульсных магнитных полей... (см. [3]). Смелая для своего времени (1967 г.) идея об индуцированной гравитации получила полномасштабное развитие в теории струн, о чём Андрей Дмитриевич всегда говорил с большим удовлетворением. О современном состоянии некоторых из этих научных направлений я скажу ниже.

И также скажу о возможности применения "действий по Сахарову" для решения ряда острых общественных проблем современной России, таких как спасение отечественной науки, создание эффективной системы защиты детства и семьи, развитие общественного контроля и участия граждан страны в принятии решений, в том числе с использованием новых технологий интернет-демократии, совмещения мобильной связи и Интернета и т.п.

2. Непрошедшее прошлое

Но вначале — о том, что сделало Сахарова одной из самых значимых фигур XX века.

Всей своей общественной деятельностью Андрей Дмитриевич проводил в жизнь, внедрял в сознание общества, политиков, руководителей государств мысль

Б.Л. Альтшулер. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Отделение теоретической физики им. И.Е. Тамма, Ленинский просп. 53, 19991 Москва, Российская Федерация
E-mail: baltshuler@yandex.ru

Статья поступила 11 августа 2011 г.

о тесной увязке двух, на первый взгляд, совсем не связанных между собой сфер — защиты конкретных людей, соблюдения индивидуальных прав человека, с одной стороны, и международной безопасности, с другой. В этом, собственно, и состоит его главное послание человечеству, ясно выраженное в Нобелевской лекции 1975 года. По сути, речь идёт о практическом воплощении в глобальном масштабе знаменитого тезиса Ф.М. Достоевского — "счастье мира не стоит слезы ребёнка" — тезиса, нигде и никогда ранее не воспринимавшегося всерьёз политиками, реформаторами, революционерами разных мастей (Сахарова многие близоручие прагматики тоже считали и считают "наивным"). Успешная реализация такого подхода сделала Сахарова человеком Мира, поскольку именно эта увязка позволила человечеству отступить от края термоядерной пропасти. А возможность свалиться в эту пропасть была более чем реальна.

Угроза "гарантированного взаимного уничтожения", ядерное равновесие СССР и США, действительно, были важнейшим "мировотворческим" фактором, предотвратившим развязывание третьей мировой войны. Но, с другой стороны, постепенное накопление ядерных арсеналов делало достигнутое "равновесие страха" всё более и более неустойчивым. Нацеленные друг на друга ракеты с термоядерными боеголовками, которые в случае запуска уже не повернёшь обратно, "ядерный чемоданчик" и палец высших лидеров СССР и США на ядерной кнопке — от решения каждого из этих двух, как сейчас говорят, физических лиц зависело быть или не быть жизни на Земле. Все мы висели на волоске: любая ошибка систем раннего оповещения о ракетно-ядерном ударе противника могла закончиться вселенской катастрофой.

Ясно, что выход один — кончать с противостоянием двух систем, договариваться. Но это ясно сейчас. Представителям последующих поколений, как правило, всё ясно про давние события. (В.Л. Гинзбург шутил: "Хотел бы я быть таким умным вчера, как моя жена сегодня".) Сахаров тоже был дитя своей эпохи, сформировался в 1930-е годы и верил в то, что социализм — это будущее человечества, а капитализм исторически обречён. И очень постепенно пришёл к пониманию того, что хочешь не хочешь, а договариваться надо, что альтернатива этому — только взаимное уничтожение. Причём задача примирения двух систем представлялась абсолютно неразрешимой. Вспомним, что все ведущие идеологи и лидеры СССР (Ленин — Троцкий — Сталин — Хрущёв и т.п.) мыслили категориями мировой революции и неизбежности уничтожения капитализма — империализма, на это были нацелены вся политика и весь потенциал СССР. И тут Сахаров пишет "наверх" про какую-то интеллектуальную свободу и конвергенцию (закрытое письмо 1967 г. М.А. Сулову, обнаруженное в начале 1990-х годов в архиве ЦК КПСС историком физики Г.Е. Гореликом, [4, с. 422–427]). Сахарова на самом вершине советской властной пирамиды, конечно, хорошо знали, очень уважали и учитывали его мнения в вопросах обороны, производства ядерных боеприпасов. Ну а эти его "гуманистические" размышления были просто проигнорированы, ответа он не получил вообще.

И вот тогда начали происходить те чудеса, которые мог "производить" только Сахаров и которые его коллеги-физики весьма ярко обозначили как "наруше-

ние закона сохранения энергии", "Сахаров — говорящая лошадь" и т.п.

Не получив ответа от начальников страны, Андрей Дмитриевич те же самые идеи излагает в своём знаменитом Меморандуме "Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе", который в мае 1968 г. через друзей запускает в самиздат, сознавая, что документ уйдёт за рубеж. Причём подписывается своим настоящим именем, ни от кого не прячется. И это сделал сверхсекретный академик, работавший в сверхсекретном ядерном центре "Арзамас-16". В начале июля 1968 г. Меморандум был опубликован на Западе, и это был шок — в Кремле, в Министерстве среднего машиностроения, в Сарове. "Почему Вы решили обратиться к заграничке?" — спросил его мой отец, Л.В. Альтшулер, который в 1968 г. тоже ещё работал в Сарове и которого с Сахаровым связывали давние дружеские отношения. "Я решил обратиться к тем, кто готов меня слушать", — математически точно ответил Андрей Дмитриевич (Л.В. Альтшулер "Рядом с Сахаровым", в книгах [5, 6]).

И таких примеров "выхода за рамки заданных обстоятельств" множество. Особая настойчивость требовалась при спасении людей ("И спасти захочешь друга, да не выдумаешь как". — Юлий Ким, "19 октября"). Но "выдумывали", и Сахаров — в первую очередь. А если власти не уступали, то задача была сделать так, чтобы воздействие нарастало как снежный ком, принимая общемировой характер. По сути, таков был метод всего правозащитного движения. И сегодня для спасения ребёнка в современной России мы, детские правозащитники, вынуждены применять те же методы "глобального реагирования", поскольку в условиях тотального "местничества" и отсутствия работоспособной правовой системы иного способа воздействия на чиновников просто не существует. А говоря о прошлом, необходимо отметить особую роль, невероятную энергию и настойчивость в деле спасения конкретных людей Е.Г. Боннэр¹, о чём Андрей Дмитриевич пишет в *Воспоминаниях* [7].

Да, в течение многих лет своей правозащитной деятельности Сахаров постоянно выступал как терпеливый учитель, словом и делом "продвигая", казалось бы, простую, но на самом деле совершенно нетривиальную мысль: трагедия одного отдельного человека — беда не менее масштабная, чем трагедия миллионов. И вот знаменитый учёный и правозащитник, лауреат Нобелевской премии мира, едет в Сибирь навестить репрессированного диссидента, стоит под дождём перед зданиями судов, объявляет смертную бессрочную голодовку из-за "какой-то девчонки". Хорошо помню, какое раздражение вызывали эти "пустяковые" действия Сахарова даже у некоторых людей из его ближайшего окружения — они искренне его не понимали. Однако именно такой подход Сахарова изменил всю систему международной безопасности.

Об Андрее Дмитриевиче говорится много всяких нелепостей — и искренне, и "по заказу". Одна из самых устойчивых заведомо заказных "легенд" состоит в том, что вполне добропорядочного русского советского гения совратила на путь антисоветчины некая Елена Боннэр. В опровержение этой глупости напомним несколько эпизодов из жизни А.Д. Сахарова "до Е.Г. Боннэр".

¹ Елена Георгиевна Боннэр скончалась 18 июня 2011 г. в Бостоне после тяжёлой болезни. (Примеч. автора при публикации.)

— Ноябрь 1950 г., сталинская нешуточная эпоха, г. Саров. Работу ядерного центра КБ-11 проверяет важная московская комиссия. Среди прочего проводятся собеседования с ведущими учёными и задаётся стандартный вопрос: Вы согласны с политикой Коммунистической партии? Все разумные люди отвечают дежурным "да", но двое — А.Д. Сахаров и Л.В. Альтшулер — не согласились с политикой партии в области биологии (дело было через два года после разгрома генетики и торжества лысенковщины). В опубликованных в Российском федеральном ядерном центре — Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики (РФЯЦ — ВНИИЭФ) под редакцией Р.И. Ильяева сравнительно недавно рассекреченных документах КБ-11 есть и заключение этой комиссии: *"Такие заведующие лабораториями, как Альтшулер, Сахаров и другие, не внушающие политического доверия, выступающие против марксистско-ленинских основ советской науки, должны быть отстранены от руководства научными коллективами"* (см. в книге [6, с. 460]). Ясно, что если бы такие инструкции выполнялись, то никаких бомб у СССР не было бы.

— 1955 г., 22 ноября. Известный конфликт с маршалом М.И. Неделиным, когда на банкете после успешного испытания водородной сверхбомбы Сахаров произнёс шокировавший присутствующих пацифистский тост.

— 1962 г. Острый конфликт с Н.С. Хрущёвым в связи с требованием Сахарова отменить "двойное испытание".

— 1964 г. Выступление на Общем собрании Академии наук СССР против избрания в члены Академии ставленника Т.Д. Лысенко Н.И. Нуждина, кандидатуру которого поддерживал Н.С. Хрущёв. Против избрания Нуждина выступили также И.Е. Тамм, В.А. Энгельгардт и М.А. Леонтович. Но Андрей Дмитриевич выступил в совершенно необычном для такого собрания жёстком ключе, заявив об ответственности Нуждина за "позорное отставание советской биологии", "за гонение подлинной науки и подлинных учёных, за преследования, шельмование, лишение возможности работать, увольнение — вплоть до арестов и гибели многих учёных". Нуждина не избрали. Хрущёв был в бешенстве и решил разогнать АН СССР, изъяв из неё все научные институты. Тогда Академию спас государственный переворот 4 октября 1964 г., в результате которого место Н.С. Хрущёва занял Л.И. Брежнев. Возникает естественный вопрос: что сегодня спасёт Российскую академию наук?

— 1966 г. Сахаров совместно с другими известными учёными (П. Капица, М. Леонтович), деятелями искусства и литературы (М. Плисецкая и др.) — всего более 20 человек — обращается к XXIII съезду КПСС с письмом против попыток реабилитации И.В. Сталина.

— В сентябре 1966 г. Сахаров посылает телеграмму в Верховный Совет РСФСР с протестом против введения в Уголовный кодекс СССР статьи 190-1 (распространение заведомо ложных клеветнических измышлений, порочащих советский государственный и общественный строй) как предлога для преследования за убеждения.

— 5 декабря 1966 г. Сахаров принимает участие в демонстрации у памятника А.С. Пушкина (ежегодные демонстрации в День конституции за права человека и против антиконституционных статей уголовного кодекса. Ясную правовую основу для этих демонстраций создал известный математик Александр Сергеевич Есенин-Вольпин — сын Сергея Есенина. Вот так всё у нас пересекается).

— В феврале 1967 г. Сахаров пишет письмо в защиту Юрия Галанскова, Александра Гинзбурга, Веры Лашковой и Алексея Добровольского на имя Генерального секретаря ЦК КПСС Л. Брежнева. В результате Андрея Дмитриевича освободили в Сарове от должности начальника отдела. Летом 1967 г. Сахаров принимает участие в судьбе политзаключённого Ю. Даниэля.

— И в том же, 1967-м, году — упомянутое письмо М.А. Сулову, а через год — новое качество: выход на мировой уровень, отстранение от секретных работ и возвращение в Москву — в ФИАН.

Весной 1969 г. умирает от рака первая жена Сахарова К.А. Вихирева, мать его троих детей. Я познакомился с Андреем Дмитриевичем в 1968 г., в марте 1969 г. был на похоронах Клавдии Алексеевны, помню, что Андрей Дмитриевич плакал. Смерть жены он перенёс очень тяжело: *"жил как во сне, ничего не делая ни в науке, ни в общественных делах"*. А о детях своих он заботился всегда. И первая жена Сахарова была полностью в курсе всех перечисленных выше его "политических" действий, которые происходили задолго до его знакомства с Е.Г. Боннэр, состоявшегося примерно через два года после кончины Клавдии Алексеевны. Поженились Сахаров и Боннэр 7 апреля 1972 г. Говоря об этом союзе, нельзя не сказать о третьем его участнике — русской поэзии, стихах, которые для них обоих были формой существования. В этом они счастливо нашли друг друга — даже записки, передаваемые во время голодовок Сахарова, шифровали строками Пушкина [8].

Да, Сахаров и Боннэр, как и другие правозащитники-диссиденты, стали неразрешимой проблемой для тоталитарной системы. Достаточно набрать в поисковой системе Интернета слова "зверюга в юбке", и сразу найдётся стенограмма исторического заседания Политбюро ЦК КПСС 29 августа 1985 г. На нём М.С. Горбачёв поставил вопрос о том, что надо сделать, чтобы Сахаров прекратил полугодовую голодовку с требованием отпустить его жену в США на операцию (во время голодовки Сахарова подвергали мучительной процедуре принудительного кормления). Андрей Дмитриевич бился за то, чтобы его жена не погибла, т.е. поступал как настоящий мужчина. Так вот, обсуждая этот вопрос, "зверюгой в юбке" члены Политбюро называли жену Сахарова. А Горбачёв добавил: "Вот что такое сионизм". Но надо отдать ему должное: и разрешение Е.Г. Боннэр на лечение в США он продал через Политбюро, и через год с лишним вернул Сахарова и Боннэр в Москву. Вопрос: почему такое внимание к личности Елены Георгиевны на высшем политическом уровне СССР? Тот же вопрос — про Андрея Дмитриевича Сахарова. У меня нет ответа. Думаю, что это вопрос для будущих историков.

И совершенно поразительно, что всё это актуально и сегодня — это прошлое отнюдь не прошло. К 90-летию Сахарова "Первый канал" центрального телевидения показал "юбилейный" фильм, в котором слово в слово повторяется вся та грязь и клевета, которую компетентные органы распространяли о Сахарове и Боннэр четверть века назад. Андрей Дмитриевич умер 21 год назад, Елена Георгиевна из-за болезни сердца почти 10 лет не приезжала в Россию. Почему их имена всё так же невыносимы для "вечно вчерашних", унаследованных новой Россией от бывшего СССР? Странно всё это и тревожно.

3. Научные идеи А.Д. Сахарова сегодня

Большую, одноимённую с названием данного раздела, статью я написал для только что вышедшего юбилейного *Сахаровского сборника – 2011* [9]. В сущности, такова главная тема Научной сессии Отделения физических наук РАН, посвящённой 90-летию со дня рождения А.Д. Сахарова. Поэтому буду краток, стараясь не пересекаться с другими докладами.

Мирное использование термоядерного синтеза. Токамаки. В подготовленном Сахаровым совместно с И.Е. Таммом отчёте "Теория магнитного термоядерного реактора" (МТР) (1951 г.) впервые была предложена идея магнитной изоляции нагретой до нескольких миллионов градусов дейтерий-тритиевой плазмы ("магнитная ловушка", позднее эта конструкция получила название "токамак"). Эти работы Сахарова и Тамма признаются пионерскими. Дальнейшие исследования продолжались под руководством Л.А. Арцимовича, теоретические исследования возглавил М.А. Леонтович. В 1956 г. по распоряжению Н.С. Хрущёва результаты советских исследований о возможности удержания высокотемпературной плазмы в ограниченном объёме пространства с помощью магнитного поля были рассекречены и доложены И.В. Курчатовым в Харуэлле (Великобритания) и потом опубликованы в Трудах I Женевской конференции по мирному использованию ядерной энергии. И эта публикация стала откровением для исследователей всего мира. Вот как об этом писал в 1976 г. Ганс А. Бете: «В настоящее время перспективы представляются лучшими, чем когда-либо прежде; несколько лет назад русские экспериментаторы изобрели установку, называемую "токамак"... Эта установка сравнительно успешно была воспроизведена в США» [10].

Реализация идеи управляемого термоядерного синтеза сулит получение неограниченной энергии; перспективы настолько заманчивы, что токамаки разрабатываются уже 60 лет, и усилия в их разработке только нарастают. Однако пока не удалось получить положительного сальдо энергии. Есть множество идей в попытках преодолеть возникающие трудности. Всего разработано более 200 токамаков, 35 из них функционируют сегодня (см. <http://www.tokamak.infor>). Самый крупный токамак (проект Международного экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР)) будет построен в Научно-исследовательском центре Кадараш на юге Франции, в 60 км от Марселя. Концепция этого проекта разрабатывалась более 15 лет, окончательно он был согласован в июле 2010 г. Это большой и очень дорогой проект с участием около 30 стран, включая Россию и США.

При этом ряд специалистов (например, Бруно Коппи (Массачусетский технологический институт, МИТ), известный также тем, что активно помогал Сахарову в трудные годы) выражает сомнение в эффективности проекта ИТЭР и оправданности гигантских затрат на него. Бруно Коппи утверждает, и с этим он выступал на III Международной Сахаровской конференции по физике в 2002 г., что гораздо более перспективными, а также более дешёвыми являются токамаки типа "Игнитор", разрабатываемые в МИТ, в Италии и в Национальном исследовательском центре (НИЦ) "Курчатовский институт" в Москве.

Удивительно, что при всех трудностях и дороговизне этих экспериментальных проектов энтузиазм исследова-

телей и руководителей государств не уменьшается. Слишком велики ставки, особенно в условиях растущих цен на нефть и газ. Таким образом, мы видим, что задачи в сфере управляемого термоядерного синтеза, поставленные Сахаровым 60 лет назад, остаются сегодня более чем актуальными.

Объяснение барионной асимметрии Вселенной. Эта, ставшая классической, работа 1967 г. [11] занимает всего три страницы журнального текста. Суть проблемы заключается в том, что, как считалось долгое время, теория элементарных частиц зарядово-симметрична и непонятно, почему во Вселенной наблюдаются галактики и звёзды, состоящие из барионов (протонов, нейтронов...), а антигалактик и антизвёзд, состоящих из антибарионов (антипротонов, антинейтронов), не наблюдается (см. также [12, 13]).

Сахаров сформулировал три следующих условия возникновения барионной асимметрии в начальные мгновения раздувания горячей Вселенной.

1. Нарушение комбинированной чётности (*CP*-чётности) в процессах рассеяния элементарных частиц, незадолго перед этим открытое С. Окубо (численные значения характеристик рассеяния некоторых частиц на 0,6% отличаются от характеристик пространственно (*P*) отражённого рассеяния их античастиц). На экземпляре своей работы, подаренном в 1967 г. Е.Л. Фейнбергу, Сахаров написал стих собственного сочинения [7]:

*Из эффекта С. Окубо
При большой температуре
Для Вселенной сшита шуба
По её кривой фигуре.*

2. Нарушение симметрии при обращении времени, т.е. в динамических условиях сильной нестационарности, что имеет место по причине стремительного расширения Вселенной на этапе Большого взрыва.

3. Несохранение барионного заряда. В работе Сахарова рассмотрен простейший механизм такого несохранения — нестабильность протона. По оценкам, проведённым Сахаровым, для возникновения на начальной стадии существования Вселенной её наблюдаемой барионной асимметрии достаточно предположить, что протон нестабилен со временем жизни примерно 10^{50} лет. Эта "безумная" идея Сахарова 1967 г. прочно вошла в теоретическую физику в 1979 г., хотя сегодня рассматриваются иные, чем нестабильность протона, механизмы несохранения барионного заряда.

В последние годы широко обсуждаются модели бариогенеза на стадии вторичного разогрева (reheating) — распада вакуумно-подобного состояния в моделях инфляции (раздувающаяся Вселенная). Именно на этой стадии "срабатывают" три вышеуказанных условия Сахарова возникновения наблюдаемой барионной асимметрии Вселенной. И на этом же этапе из начальных квантовых неоднородностей вакуума возникают те затравочные неоднородности вещества, из которых позднее образовались галактики и звёзды. (О соответствующей работе Сахарова см. ниже).

"Начальная стадия расширения Вселенной и возникновение неоднородности распределения вещества" [14]. Эта, первая после возвращения Сахарова в "большую науку" через 15-летний "бомбовый" перерыв, работа выполнена в 1963–1964 гг. Каким образом возникли такие столь неоднородные в пространстве скопления вещества, как

галактики и скопления галактик, если на начальном этапе эволюции Вселенной всё было совершенно однородным? В *Воспоминаниях* ([7, ч. I, гл. 18]) Сахаров пишет: "Теория гравитационной неустойчивости показывает, как возрастают начальные малые неоднородности плотности. Однако, для того чтобы найти эти неоднородности, нужны дополнительные физические соображения или гипотезы. Это одна из главных проблем большой космологии. В своей работе, опубликованной в 1965 году, я как раз пытался исследовать этот вопрос".

Прочитав комментарии к этой работе, опубликованные в *Собрании научных трудов Сахарова* [3, с. 214, 215]:

"Данная работа весьма характерна для научного стиля А.Д. Сахарова. Как и последующие его работы, она значительно (по времени) опередила развитие науки в данной области. Фактически в ней были заложены основы нового направления в космологии — теории происхождения начального спектра возмущений для образования галактик и их скоплений" (В.Ф. Муханов).

"Эта работа А.Д. Сахарова замечательна тем, что в ней впервые высказано предположение о происхождении догалактических неоднородностей из квантовых флуктуаций... В настоящее время большинство космологов убеждено в том, что догалактические неоднородности произошли именно из квантовых нулевых колебаний, но не холодного барионного вещества, а, например, скалярных полей, являющихся существенным компонентом современных моделей Теории великого объединения... Эти поля обуславливают стадию раздувания (инфляции)" (Г.В. Чибисов).

Работа [14] была выполнена до открытия в 1965 г. реликтового излучения, доказавшего справедливость модели горячей Вселенной. Много позднее, находясь в ссылке, Сахаров пишет об этой своей статье: «Я исходил тогда, вслед за Зельдовичем и многими другими авторами того времени, из так называемой Холодной модели Вселенной, согласно которой начальная температура сверхплотного вещества предполагалась равной нулю... Использование "Холодной" модели в значительной мере обесценило мою первую космологическую работу» [7, ч. I, гл. 18].

Однако ситуация изменилась кардинально с открытием в 1992 г. с помощью спутниковых радиотелескопов анизотропии реликтового излучения. Разница "реликтовых температур" различных точек небосвода ничтожно мала — в пределах 0,01 % от средней температуры реликтового излучения 2,725 К. Но это стало мощным инструментом изучения начальных этапов эволюции Вселенной, поскольку наблюдаемые малые флуктуации реликтового излучения являются "отпечатками" первичных флуктуаций плотности вещества и космологических гравитационных волн.

И удивительно то, что обнаруженные астрофизиками в 2001 г. барионные акустические осцилляции реликтового излучения сходны с теми колебаниями вещества, которые теоретически описал Сахаров в работе 1965 года (см., например, в книге [15]). Эти неоднородности реликтового фона справедливо были названы "сахаровскими осцилляциями". Достаточно набрать в поисковой системе это словосочетание (или по-английски — "Sakharov oscillations"), чтобы убедиться в том, как активно использует идеи Сахарова современная наука.

4. Общественное наследие А.Д. Сахарова сегодня

Метод Сахарова в науке и в общественной деятельности был, по сути, один и тот же: он всегда оставался человеком точных наук, физиком, конструктором-разработчиком. Я подробно говорил об этом в докладе на IV Международной Сахаровской конференции по физике 2009 г. [16]. Здесь скажу о возможном приложении его "метода" к решению некоторых современных проблем.

Андрей Дмитриевич Сахаров всей своей деятельностью дал пример мощного влияния гражданского общества на власть. Сегодня Россия созрела для восприятия этого опыта. Тому есть две причины:

1) во взрослую сознательную жизнь вошло постсоветское "непоротое" поколение, не обременённое неистребимым советским комплексом пассивного ожидания решений вышестоящих товарищей;

2) развитие социальных сетей в Интернете — того, что называется интернет-демократией.

В 1968 г. в футурологической статье "Наука будущего" А.Д. Сахаров писал: "Прогресс кибернетики приведёт к глубочайшим сдвигам в идеологии и философии... внесёт наибольшие и неожиданные коррективы в предсказание о социальной, бытовой и политической структуре будущего общества".

А вот что он говорил о молодёжи в интервью газете *Книжное обозрение* весной 1989 г.: "Я верю, что в народе всегда сохраняются нравственные силы. В особенности я верю в то, что молодёжь, которая в каждом поколении начинает жить как бы заново, способна занять высокую нравственную позицию. Речь идёт не столько о возрождении, сколько о том, что должна получить развитие находящаяся в каждом поколении и способная вновь и вновь разрастаться нравственная сила".

Сегодня всё это происходит на наших глазах. Именно в последние годы возникли широкие волонтерские инициативы в помощь детям — воспитанникам интернатных учреждений (вот она — "вновь и вновь разрастающаяся нравственная сила"); по всей стране проходят акции и голодовки Всероссийского движения "Российским детям — доступное дошкольное образование" против очередей в детские сады; массовые движения автомобилистов; экологические движения, среди которых самое известное — "В защиту Химкинского леса" и т.д. Основная масса активистов этих движений — молодые люди, молодые родители до 30–35 лет, т.е. сформировавшиеся после распада СССР. И основным инструментом их объединения является Интернет. При этом очевидно, что мы только в начале пути, что все эти инициативы нуждаются в поддержке, в том числе технологической, в плане более эффективного использования социальных сетей, вовлечения всё более широких слоёв населения, заинтересованных в решении тех или иных жизненно важных для людей проблем.

Известный и поразительный по эффективности пример "интернет-лоббирования" — письмо (в январе 2011 г.) преподавателя школы № 57 г. Москвы Сергея Волкова против новых образовательных стандартов, поддержанное тысячами блогеров и имевшее результатом позитивную реакцию В.В. Путина и А.А. Фурсенко.

И возникают вопросы: где российская научная общественность? Почему ничего подобного письму Сергея

Волкова нет в нашей научной среде? А проблемы острее и всем известные:

— в условиях полунищего существования ведущих научных институтов страны гигантские бюджетные вливания в построение научного рая в "одном отдельно взятом" Сколково, одна 5-километровая дорога от которого до Московской кольцевой автомобильной дороги обошлась в 5,75 млрд рублей (да и та через полгода пришла в негодность);

— назначение на руководство ряда крупнейших институтов (НИЦ "Курчатовский институт", Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова, Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова) бесконечно далёких от науки "эффективных менеджеров" при полном отстранении от принятия решений собственно научных коллективов;

— немалое количество проблем и в организации работы самой Российской академии наук.

Ясно, что в этой сфере, как и во всех других, выбраться из болота можно только с помощью "внешней силы", "внешней точки опоры", каковой может стать хорошо организованное и достаточно "настырное" научное гражданское общество².

Скажу о том, чем мы с друзьями-коллегам занимаемся каждый день в течение последних 15 лет, — о детях, о защите их прав. Дети, как очевидно, — это будущее страны, и с этим будущим (в прямом и переносном смысле) у нас серьёзные проблемы. Число детей России убывает, приближая страну к точке "демографического невозврата". В 1998 г. одиннадцать классов всех российских школ посещали 22 млн учеников, в 2010–2011 учебном году — 12,8 млн: минус 9,2 млн за 12 лет. В целом в России в 2003 г. было 31180 тыс. детей (21 % населения страны), в 2010 г. — 25981 тыс. (18 % населения). При этом число дошкольников за те же 7 лет увеличилось на 1,5 млн; специалисты связывают этот прирост с введением в 2007 г. "материнского капитала", но главное — с тем, что в 2000-е годы вступило в детородный возраст последнее демографически полноценное поколение, родившееся в 1980-е годы прошлого столетия. Далее — неизбежный провал и ускоренное старение населения.

Один из главных уроков Сахарова: нельзя жертвовать людьми ради достижения "великих целей", проведения желаемых реформ и т.п. Этим уроком пренебрегли архитекторы и прорабы "рыночных" (на деле — псевдорыночных, уничтоживших конкуренцию и отдавших страну во власть бесконтрольных монополий) реформ

² Роль такой авторитетной общественно-активной площадки могла бы сыграть созданная 28 июля 2011 г. по инициативе секретаря Общественной палаты РФ академика Е.П. Велихова "Российская ассоциация содействия науке". О целях и задачах Ассоциации Е.П. Велихов рассказал в интервью на сайте "Трибуна Общественной палаты" (<http://top.oprf.ru/interviews/3894.html>). Замысел прекрасный, но во что это выльется на практике, пока неясно. Толк, возможно, и будет, если в активное ядро Ассоциации войдут работающие в России иностранные учёные — из числа тех, кто на встрече с Президентом РФ 23 мая 2011 г. резал правду-матку о том, как российская бюрократия не даёт развиваться российской науке (см. <http://kremlin.ru/news/11309>). Но нельзя полагаться только на иностранцев, даже если они бывшие "наши". Вот и возникает вопрос: где наши "учёные аналоги" преподавателя школы № 57 г. Москвы Сергея Волкова? (Примеч. автора при публикации.)

1990-х годов, в результате чего миллионы семей с детьми, бюджетников, пенсионеров были поставлены на грань и за грань выживания. Люди перестали рожать в 1990-е, не рожают и сейчас, потому что при существующих ценах на самое необходимое (питание и жильё) детей не на что кормить и детям негде жить. Российская бедность имеет "детское лицо" — говорю это со знанием дела, занимаясь с коллегами этими вопросами и в Общественной палате РФ, и в составе Экспертной группы № 9 ("Сокращение неравенства и преодоление бедности") по разработке так называемой Стратегии-2020 (концепции социально-экономического развития страны до 2020 г.).

Есть и другие острые проблемы детства, как, например, массовое разделение детей и родителей ("выявляется" более 100 тыс. новых сирот в год, около 300 сирот — ежедневно, и так в течение многих лет) или тот факт, что 300 тыс. (в 2009 г.) детей постоянно живёт в интернатах, из которых только 30 % сирот, остальные сданы родителями государству по причине инвалидности ребёнка или неблагоприятных условий в семье, в том числе потому, что нечем кормить ребёнка.

Способы решения всех этих социально-экономических проблем детства и семьи, включая законодательные меры, хорошо известны, не раз предлагались специалистами и даже озвучивались на высшем политическом уровне. Тем не менее всё остаётся, "как всегда", потому что всегда побеждают те или иные корпоративные интересы ведомств и монополий, не заинтересованных в этих реформах, и потому что пренебрежимо мало давление общества, кровно в них заинтересованного.

Сахаров умел создавать давление, вызывающее искомым эффект, — будь то давление обжатию ядра водородной бомбы или общественное давление, с которым были вынуждены считаться лидеры великих держав.

Андрей Дмитриевич Сахаров ушёл от нас в другой стране и во время другой эпохи. У истории нет сослагательного наклонения, но выскажу субъективную уверенность в том, что, будь он жив, история новой России была бы совсем иной.

5. Заключение

Я знал Андрея Дмитриевича более 20 лет, столько же прошло после его ухода. Написано много воспоминаний, но больше всего меня обрадовало недавнее предложение издательского дома "Первое сентября" написать к 90-летию Сахарова статью для учителей и школьников [17]. Есть все основания полагать, что с течением времени, с приходом в этот мир новых поколений интерес к личности А.Д. Сахарова, к его деятельности будет только возрастать.

И в заключение — снова о науке, которой А.Д. Сахаров был бесконечно предан. В августе 1989 г., за четыре месяца до своей кончины, он завершил воспоминания такими словами:

«Конечно, окончание работы над книгой создаёт ощущение рубежа, итога. "Что ж непонятная грусть тайно тревожит меня?" (А.С. Пушкин). И в то же время — ощущение мощного потока жизни, который начался до нас и будет продолжаться после нас... Это чудо науки. Хотя я и не верю в возможность скорого создания (или создания вообще?) всеобъемлющей теории, но я вижу гигантские, фантастические достижения на протяжении даже

только моей жизни и жду, что этот поток не иссякнет, а, наоборот, будет шириться и ветвиться...» [18].

Список литературы

- Орлова Р, Копелев Л *Мы жили в Москве. 1956–1980* (М.: Книга, 1990)
- Сахаров А, Боннэр Е *Дневники. Роман-документ* Т. 3 (М.: Время, 2006) с. 187–188
- Сахаров А Д *Научные труды* (Редакционная коллегия: Б.Л.Альтшулер, Л.В.Келдыш (председатель), Д.А.Киржниц, В.И.Ригус) (М.: ОТФ ФИАН–ЦентрКом, 1995)
- Горелик Г Е *Андрей Сахаров. Наука и свобода* (М.: Вагриус, 2004)
- Альтшулер Б Л, Болотовский Б М, Дрёмин И М, Келдыш Л В (председатель), Файнберг В Я (Редакционная коллегия) *Он между нами жил... Воспоминания о Сахарове* (М.: ОТФ ФИАН – Практика, 1996)
- Альтшулер Б Л, Фортвов В Е (Ред.) *Экстремальные состояния Льва Альтшулера* (М.: Физматлит, 2011)
- Сахаров А *Воспоминания* (Нью-Йорк: Изд-во им. Чехова, 1990); *Воспоминания* (Ред.-сост. Е.Холмогорова, Ю.Шиханович) (М.: Права человека, 1996); *Воспоминания* (Сост. Е.Боннэр) (М.: Время, 2006)
- Альтшулер Б Л "Пушкин, стихи, музыка в "Дневниках" Андрея Сахарова", <http://berkovich-zametki.com/2007/Starina/Nomer3/Altshuler1.htm>
- Альтшулер Б "Научные идеи А.Д. Сахарова сегодня", в сб. *Сахаровский сборник–2011* (Сост. А.Бабеньшев) (М.: Изд. центр РГГУ, 2011); <http://www.pereplet.ru/text/altshuler01jul11.html>
- Bethe H A "The necessity of fission power" *Sci. Am.* **234** (1) 21 (1976) [Пер. на русск. яз.: Бете Г "Необходимость ядерной энергии" *УФН* **120** 455 (1976)]
- Сахаров А Д "Нарушение CP -инвариантности, C -асимметрия и барионная асимметрия Вселенной" *Письма в ЖЭТФ* **5** 32 (1967) [Sakharov A D "Violation of CP invariance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the Universe" *JETP Lett.* **5** 24 (1967)]
- Сахаров А Д "Барионная асимметрия Вселенной" *ЖЭТФ* **76** 1172 (1979) [Sakharov A D "The baryonic asymmetry of the Universe" *Sov. Phys. JETP* **49** 594 (1979)]
- Сахаров А Д "Барионная асимметрия Вселенной", *Конф., посвященная 100-летию А.А. Фрийдмана, Ленинград, 22–26 июня 1988 г.*, обзорный доклад
- Сахаров А Д "Начальная стадия расширения Вселенной и возникновение неоднородностей распределения вещества" *ЖЭТФ* **49** 345 (1965) [Sakharov A D "The initial stage of an expanding Universe and the appearance of a nonuniform distribution of matter" *Sov. Phys. JETP* **22** 241 (1979)]
- Горбунов Д С, Рубаков В А *Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория* (М.: Красанд, 2010) [Gorbunov D S, Rubakov V A *Introduction to the Theory of the Early Universe: Cosmological Perturbations and Inflationary Theory* (Singapore: World Scientific, 2011)]
- Альтшулер Б Л "Андрей Сахаров как физик во всех сферах своей деятельности", *Материалы IV Междунар. Сахаровской конф. по физике, ФИАН, 18–23 мая 2009*; <http://berkovich-zametki.com/2009/Zametki/Nomer16/Altshuler1.php>; Altshuler B L "Andrei Sakharov as a physicist in all facets of his life", http://www.sc4.lpi.ru/proceedings/altshuler_mem1.pdf
- Альтшулер Б Л "Не до ордена. Вспоминая Андрея Сахарова" *Классное руководство и воспитание школьников* (1) (2011)
- Сахаров А *Горький, Москва, далее везде* (Нью-Йорк: Изд-во им. Чехова, 1990); *Воспоминания* Т. 2 *Горький, Москва, далее везде* (Ред.-сост. Е.Холмогорова, Ю.Шиханович) (М.: Права человека, 1996); "Горький, Москва, далее везде", в кн. *Воспоминания* Т. 3 (Сост. Е.Боннэр) (М.: Время, 2006)

Andrei Sakharov today: lasting impact on science and society

B.L. Altshuler

*P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences,
I.E. Tamm Theoretical Physics Department,
Leninskii prosp. 53, 119991 Moscow, Russian Federation
E-mail: baltshuler@yandex.ru*

The 20-year period of 1948–1968, during which A.D. Sakharov crucially contributed to the creation of the Soviet nuclear shield, was followed by the same length period from 1969 to 1989, when he was no less patriotic in his human rights activities and in his efforts at saving mankind from self-destruction in a thermonuclear war. When free of these commitments, A.D. Sakharov always turned to his favorite pastime, theoretical physics, where, working sort of sideline (to use his own word), he obtained a number of results of long-term significance. Some of these are described in this talk, as are Sakharov's approaches, still relevant today, to problems of major public concern.

PACS numbers: **01.60.+q**, **01.65.+g**, **98.80–k**

DOI: 10.3367/UFN.0182.201202h.0188

Bibliography — 18 references

Received 11 August 2011

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **182** (2) 188–194 (2012)

Physics–Uspekhi **55** (2) (2012)

Сахаров в КБ-11. Путь гения

Р.И. Илькаев

21 мая 2011 г. исполнилось 90 лет со дня рождения Андрея Дмитриевича Сахарова — выдающегося учёного и гуманиста XX в. Его идеи, разработки и жизненный пример оказали огромное влияние на историю второй половины XX в., и прежде всего на историю нашей страны. Творческий подход, свобода духа, свобода мысли и свобода действий характерны как для научной деятельности А.Д. Сахарова, так и для его индивидуальности в целом, включая его общественную деятельность и исключительное отношение к ценностям личности человека. Без сомнения, его творческое наследие будет одной из важных основ для развития науки и общества в XXI в., а сам он будет для многих эталоном учёного и гражданина. В статье приводится ряд примеров его выдающихся идей и научно-технических достижений во время работы в КБ-11, а также отмечается, как они влияют на научные исследования и технологические разработки настоящего времени, в том числе проводимые в интересах обеспечения национальной безопасности.

PACS numbers: 01.60.+q, 01.65.+g, 28.70.+y

DOI: 10.3367/UFNR.0182.201202i.0195

Содержание

1. Работа над "сложкой" (195).
 2. Создание "сложки" РДС-6с (196).
 3. Атомное обжатие (198).
 4. Создание сверхбомбы и разработка новых видов термоядерного оружия (199).
 5. Фундаментальные физические идеи А.Д. Сахарова, выдвинутые во время работы КБ-11 (199).
 6. Инициативы в области ограничений ядерных испытаний и ядерных вооружений (200).
- Список литературы (201).

1. Работа над "сложкой"

Осенью 1948 года А.Д. Сахаров сформулировал новый принцип осуществления импульсной термоядерной реакции, который стал важнейшим вкладом в разработку термоядерного оружия нашей страны. Вот как он об этом писал впоследствии: «По истечении двух месяцев я сделал крутой поворот в работе: а именно, я предложил альтернативный проект термоядерного заряда, совершенно отличный... по происходящим при взрыве физическим процессам и даже по основному источнику энерговыделения. Я называю ниже это предложение "первой идеей"» [1, с. 9].

Р.И. Илькаев. Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, 607190 Саров, Нижегородская обл., Российская Федерация
E-mail: ilkaev@vniief.ru

Статья поступила 15 сентября 2011 г.

Физические принципы своего предложения А.Д. Сахаров охарактеризовал следующим образом [2]:

«1) В "сложке" осуществляется локальное температурное равновесие вещества и излучения. Вопросы о существовании такого детонационного режима не встаёт (он, несомненно, существует)... Ширина зоны детонационной волны не очень велика.

2) В результате тепловых реакций в D возникают быстрые нейтроны, способные вызывать деление ядер ^{238}U , что значительно повышает калорийность.

3) Малая прозрачность урана по отношению к фотонам обеспечивает умеренную ширину зоны ударной волны, идущей впереди зоны горения.

4) ...Температура в соседних фазах выравнивается теплопроводностью излучения, поэтому из равенства давлений в соседних фазах следует равенство числа частиц в единицах объёма U и D; ионизованный уран "разбухает", сжимая D своим электронным давлением...».

Радикальное решение А.Д. Сахарова состояло, прежде всего, в переходе к зажиганию и горению обжатого термоядерного горючего, сначала ударной волной детонационного режима, а затем процессом, получившим название "сахаризации", условия для которых создавала гетерогенная структура системы из термоядерного материала и урана.

Первоначально А.Д. Сахаров предполагал создание сферической необжатой слойки большого размера, в центре которой размещалась бы инициирующая атомная бомба. После посещения в июне 1949 г. КБ-11 (Конструкторское бюро № 11)¹ и знакомства с разработ-

¹ Позднее — Всесоюзный научно-исследовательский институт экспериментальной физики, с 1992 г. — Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ — ВНИИЭФ).

В этой части отчёта приведено ожидаемое значение энерговыделения и его "раскладка" по основным энерговыделяющим слоям. В основе определения этих основополагающих значений лежал "точный" математический расчёт, проведённый группой Л.Д. Ландау.

Во второй части расчётно-теоретического обоснования отмечалось: "К моменту начала работы над РДС-6с отсутствовали количественные данные об основных процессах, определяющих протекание ядерного взрыва водородного изделия, ввиду чего не было возможности рассчитать мощность изделия и необходимое для его изготовления количество трития.

Для получения этих данных потребовалось выполнить очень обширный круг экспериментальных и теоретических исследований и существенно повысить точность ядерных измерений и математических расчётов".

Авторы отчёта отмечают, что для расчётов водородного изделия было необходимо, прежде всего, знать элементарные сечения различных реакций. "Наиболее обширные и полные исследования скорости реакции $D + T$ были проведены в Физическом институте АН СССР (лаборатория Франка И.М.)... Полученные результаты существенно уточняют и исправляют данные, опубликованные в иностранной литературе. Достигнутая точность является выдающейся для столь сложных исследований. В результате этих работ с полной достоверностью установлен фундаментальный для РДС-6с факт исключительно высокого значения скорости термоядерной реакции $D + T$ " [6].

Относительно параметров деления ядер урана термоядерными нейтронами авторы пишут: "В литературе не имеется опубликованных данных ни о величине сечения деления, ни о числе образующихся при делении вторичных нейтронов при облучении урана-238 нейтронами энергии 14 МэВ. Эти величины неоднократно и тщательно измерялись в Физическом институте АН и Институте химической физики, в Лаборатории измерительных приборов, в Гидротехнической лаборатории, в КБ-11 и найдены существенно большими, чем для нейтронов, образующихся в цепной реакции" [6].

Относительно параметров регенерации трития в отчёте говорится: "В литературе имелись лишь неточные и противоречивые данные о взаимодействии нейтронов с литием-6. Сечение реакции образования трития и рассеяния нейтронов изучалось в украинском Физико-техническом институте и Институте физических проблем. Было установлено наличие максимума сечения при энергии нейтронов около 250 кэВ, а также произведены количественные уточнения литературных данных" [6].

Важную категорию экспериментальных ядерных исследований составляли физические измерения на моделях РДС-6с. В этих экспериментах определялись числа актов деления урана-238 TD -нейтронами и их "потомками". "Модели были осуществлены в большом числе вариантов и состояли из слоёв урана и лёгкого вещества... Большая часть этих сложных и крайне трудоёмких опытов была выполнена в 1951 – 1953 гг. в КБ-11, а также в Гидротехнической лаборатории и Физическом институте АН СССР. На основании теоретической обработки этих измерений выработан метод расчёта числа актов деления в процессе взрыва" [6].

Отдельная группа модельных экспериментов была направлена на изучение параметров захвата нейтронов $Li-6$. Эксперименты в этом направлении проводились в

КБ-11 с использованием аппаратуры, разработанной в Институте физических проблем АН. Ряд экспериментов проводился также в Гидротехнической лаборатории.

Важнейшее значение для успеха разработки имело эффективное и симметричное осуществление процесса имплозии. В отчёте [6] отмечается: "Сжатие в РДС-6с протекает несколько иначе, чем в испытывавшихся ранее изделиях. Эти особенности процесса сжатия происходят вследствие наличия чередующихся лёгких и тяжёлых слоёв".

Результаты расчётов имплозии проверялись экспериментально несколькими методами. "Всего в ходе разработки конструкции было проведено более 300 опытов на моделях и около 40 опытов с зарядами натуральной величины, но представлявшими собой лишь часть шара... для удобства наблюдения и размещения измерительной аппаратуры" [6].

Относительно влияния перемешивания авторы пишут: "Перемешивание идёт в два этапа. В стадии обжата поверхности раздела слоёв становятся неровными, шероховатыми. В стадии ядерного взрыва все вещества обращаются в газ; имеющиеся неровности поверхностей раздела быстро возрастают и дают начало хаотическому, турбулентному перемешиванию.

Теория турбулентного перемешивания построена в Физическом институте АН СССР (Бельским С.З.) с использованием экспериментальных данных КБ-11 и ЛИПАН². Созданная в КБ-11 комиссия рассмотрела вопрос о возможной роли эффектов перемешивания и оценила, что они могут снизить энергетический эффект взрыва не более чем на 20–25%... Особое значение приобретает прямое и косвенное изучение роли эффекта перемешивания непосредственно при ядерном взрыве на полигоне № 2" [6].

Косвенный ответ на влияние перемешивания дали результаты испытания РДС-6с.

Исключительное значение для понимания процессов, происходящих в РДС-6с, и определения параметров изделия имели математические расчёты.

«Наличие в системе слоистой структуры не позволяет обходиться усреднёнными величинами и требует точного знания в каждом из слоёв температуры, плотности вещества, плотности нейтронов и т.д.

В группах Тихонова А.Н. и Ландау Л.Д. по заданию КБ-11 были разработаны методы "детального" расчёта процессов взрыва...

Разработка математических методов детального расчёта, выполненная по заданиям КБ-11, потребовала серьёзной исследовательской и большой вычислительной работы. В ходе поисков оптимального варианта РДС-6с и методических изысканий было проведено 12 детальных расчётов водородных изделий (7 расчётов — в бюро Тихонова А.Н., 3 расчёта — в бюро Ландау Л.Д., 2 расчёта — в бюро Семендяева К.А. – Гельфанда И.М.). Количество произведённых при этом арифметических операций исчисляется многими десятками миллионов.

Отметим некоторые принципиальные моменты. Был выработан такой метод расчёта, в котором неизбежные в столь громоздких вычислениях малые ошибки не нака-

² Лаборатория измерительных приборов АН СССР, сегодня — Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" (Примеч. ред.)

пливаются и не приводят к существенной погрешности в конечном результате. Решение этой проблемы открывает, в частности, возможность применения электронных вычислительных машин взамен медленного и трудоёмкого ручного счёта» [6].

Главной задачей испытания РДС-6с являлось осуществление ядерного взрыва с использованием термоядерной реакции. К основным задачам измерений, кроме определения полного энерговыделения, относилось получение данных о скорости и условиях протекания термоядерной реакции. Предполагалось, что «эти сведения дадут возможность уверенного проектирования изделий типа РДС-6с любой мощности и габаритов» [6].

Полигонные измерения включали в себя:

- определение полного энерговыделения взрыва;
- радиохимические измерения состава веществ, образовавшихся при взрыве РДС-6с, в том числе измерения активации специальных детекторов, размещённых в изделии;
- временные характеристики процесса взрыва;
- исследования воздействия ударной волны и параметров гамма-излучения и нейтронного излучения.

Испытание РДС-6с 12 августа 1953 г. полностью подтвердило физические и конструкторские принципы водородной бомбы, а также методы её расчета. Измеренный различными методами полный тротиловый эквивалент составил 400 кг, что в пределах точности измерений совпало с расчётной мощностью. Был создан первый термоядерный модуль, значение которого трудно переоценить в свете дальнейшей разработки термоядерного оружия.

Выдающиеся успехи специалистов в период 1948–1953 гг. по созданию и испытанию усовершенствованных атомных бомб и первой термоядерной бомбы имели важное научно-техническое и политическое значение и были высоко оценены Правительством СССР.

Основные разработчики были отмечены Сталинской премией различных степеней и высшими наградами страны. Особо был выделен вклад А.Д. Сахарова. Ему была присуждена Сталинская премия I степени (с денежным вознаграждением, эквивалентным десятилетней зарплате), он был отмечен званием Героя Социалистического Труда СССР и избран действительным членом АН СССР, минуя ступень член-корреспондента АН.

3. Атомное обжатие

Успешное испытание слойки решало поставленную практическую задачу. Однако два вопроса оставались нерешёнными:

- исключение из состава термоядерного заряда мощностью ~ 1 Мт больших количеств трития;
- создание многомегатонных термоядерных зарядов в существовавших габаритно-массовых ограничениях, определявшихся носителями.

Первоначально А.Д. Сахаров и его коллеги предприняли ряд усилий, чтобы решить эти задачи в рамках оптимизации слойки в условиях газодинамической имплозии. Однако вскоре стало ясно, что необходимо достижение существенно более высоких уровней сжатия термоядерного материала, чем те, которые можно было получить обжатием обычными ВВ.

«Уже в первые месяцы нового 1954 года нам, теоретикам объекта, стало ясно, что мои предложения... не

обещают ничего хорошего... Между тем у нас возникла новая идея принципиального характера, названная условно "третья идея". В некоторой форме, скорее в качестве пожелания, "третья идея" обсуждалась и раньше, но в 1954 году пожелания превратились в реальную возможность» [1, с. 10, 11].

Речь идёт о замене гидродинамической имплозии слойки атомным обжатием. Первоначально, в январе 1954 г., А.Д. Сахаров и Я.Б. Зельдович рассмотрели принципиальную возможность обжатия слойки газодинамическими продуктами ядерного взрыва.

При этом за основу физической схемы вторичного модуля было решено взять аналог внутренней части заряда РДС-6с, т.е. "слоёную" систему сферической конфигурации. Следует отметить, что это была исключительно сложная система с точки зрения реальных вычислительных возможностей того времени. Основная проблема состояла в том, каким образом в подобном заряде можно было бы обеспечить близкое к сферически симметричному режиму сжатие вторичного модуля.

После этого атомное обжатие получило свою каноническую форму, в которой в качестве переносчика энергии от первичного заряда к термоядерному модулю стало рассматриваться рентгеновское излучение. Для формирования направленности переноса энергии по предложению А.Д. Сахарова первичный и вторичный модули были заключены в единую оболочку, обладающую хорошим качеством для отражения рентгеновского излучения, а внутри заряда были обеспечены меры, благоприятствующие переносу рентгеновского излучения в нужном направлении.

Вот как А.Д. Сахаров описывал формирование идеи атомного обжатия:

«По-видимому, к "третьей идее" одновременно пришли несколько сотрудников наших теоретических отделов. Одним из них был я. Мне кажется, что я уже на ранней стадии понимал основные физические и математические аспекты "третьей идеи". В силу этого, а также благодаря моему ранее приобретённому авторитету, моя роль в принятии и осуществлении "третьей идеи", возможно, была одной из решающих. Но также, несомненно, очень велика была роль Зельдовича, Трутнева и некоторых других, и, может быть, они понимали и предугадывали перспективы и трудности "третьей идеи" не меньше, чем я» [1, с. 10, 11].

Третья идея появилась как фундаментальный научный ответ на практическую потребность создания качественно нового, универсального термоядерного оружия. Она позволила решить как задачу исключения больших количеств трития из термоядерных зарядов, так и задачу создания термоядерных зарядов многомегатонного класса.

"Ю.Б. Харитон, доверяя теоретикам и уверовав сам в новое направление, принял на себя большую ответственность, санкционировав переориентацию работ объекта... В курсе событий был также Курчатов... Формально, то, что мы делали, было вопиющим самоуправством... На объект приехал Малышев³... Речь его была длинной и совершенно безрезультатной. Мы все остались при своём мнении... На нашу сторону решительно встал Курчатов" [1, с. 10, 11].

³ В.А. Малышев, министр среднего машиностроения СССР в то время. (Примеч. ред.)

Путь практической реализации атомного обжигания был открыт, и работа завершилась блестящим подтверждением этого принципа в испытании РДС-37 22 ноября 1955 г.

Вклад А.Д. Сахарова в разработку принципа атомного обжигания и изделия РДС-37 был высоко оценён. Ему было присвоено (вторично) звание Героя Социалистического Труда, и он стал вместе с Я.Б. Зельдовичем, Ю.Б. Харитоном и И.В. Курчатовым одним из первых лауреатов только что учреждённой Ленинской премии, которая была ему присуждена "за разработку физических принципов и теоретических расчётов изделия РДС-37" [7].

Принцип атомного обжигания стал основой для разработки конкретных образцов боевого оснащения стратегических ядерных сил и многих комплексов нестратегического оружия, а РДС-37 по праву считается прототипом отечественного термоядерного оружия, обеспечившего ядерный паритет и гарантии ядерного сдерживания.

4. Создание сверхбомбы и разработка новых видов термоядерного оружия

Несколько слов об истории создания сверхбомбы.

Термоядерный проект возник с самого начала как проект сверхбомбы, т.е. бомбы, обладающей мегатонным энерговыделением. Таким был исходный проект, основанный на детонации жидкого дейтерия — Super в США, "Труба" в СССР. Таким был и исходный вариант "большой слойки", не использовавший имплозию.

В 1954 г. Эдвард Теллер высказал идею о возможности разработки термоядерного заряда с энерговыделением 10000 Мт. В 1956 г. Пентагон вырабатывал требования к боеголовкам с мощностью 100 Мт, а Лос-Аламосская лаборатория обосновала возможность термоядерного заряда с энерговыделением в 1000 Мт.

После создания РДС-37 к задаче сверхбомбы вернулись на совершенно ином уровне. В начале 1956 г. появилось предложение А.Д. Сахарова, Я.Б. Зельдовича и В.А. Давиденко о разработке серии сверхмощных водородных бомб на основе принципа атомного обжигания с энерговыделением вплоть до 1 млрд тонн тротилового эквивалента (ТЭ). Это было актуальное предложение в связи с гигантским возрастанием мегатоннажа термоядерного арсенала США, который достиг в 1956 г. значения ~ 9 млрд тонн ТЭ.

Первоначально разработка сверхбомбы проводилась в НИИ-1011 (Научно-исследовательский институт № 1011)⁴ с уровнем энерговыделения ~ 30 Мт (проект "202"). Однако этот проект был отменён.

После окончания моратория в 1961 г. к задаче создания сверхбомбы вернулись в КБ-11. Речь уже шла о термоядерном заряде с энерговыделением 100 Мт ("проект 602"). Оригинальные решения и накопленный опыт позволили исключительно быстро реализовать эту разработку, и заряд был успешно испытан 30 октября 1961 г. С 1961 г. рост мегатоннажа ядерного арсенала США прекратился.

Полномасштабное испытание заряда мощностью 100 Мт привело бы к значительному выходу радиоактивности, определяемой продуктами деления урана-238. Опасность усугублялась тем, что по условиям сброса

авиабомбы высота взрыва была недостаточной для того, чтобы исключить касание огненным шаром взрыва поверхности земли, что существенно усилило бы радиоактивное загрязнение. А.Д. Сахаровым было предложено и практически реализовано проведение неполномасштабного испытания сверхбомбы. В термоядерном модуле уран-238 был заменён пассивными, неделяющимися и слабо активируемыми материалами. Уменьшение энерговыделения до 50 Мт позволило исключить касание огненным шаром поверхности земли. Таким образом, несмотря на огромное энерговыделение, это испытание было проведено относительно безопасным с точки зрения экологии способом.

В период 1961 – 1962 гг. под руководством А.Д. Сахарова были разработаны и успешно испытаны несколько десятков термоядерных зарядов различных типов, которые составили основу нашего ядерного арсенала вплоть до середины 1970-х годов. Существенно, что все эти заряды основывались на принципах слойки и атомного обжигания. Испытания таких зарядов предоставили уникальный экспериментальный материал об особенностях импульсного термоядерного горения, который активно используется и в настоящее время в рамках различных задач сопровождения ядерного боезапаса России.

Работа А.Д. Сахарова по созданию сверхбомбы и руководству разработкой термоядерных зарядов была отмечена присвоением ему (в третий раз) звания Героя Социалистического Труда.

В этот период А.Д. Сахаров руководил теоретическим подразделением, ответственным за разработку термоядерного оружия. Приведём высказывание И.Д. Софронова, выдающегося математика и организатора математических работ в РФЯЦ – ВНИИЭФ, о стиле работы А.Д. Сахарова как руководителя.

"В начале 1961 года меня пригласил Андрей Дмитриевич. Он объяснил, что в Правительстве прорабатывается вопрос о длительном моратории... Нам нужно успеть подготовиться к этому... Подготовка должна была состоять в том, чтобы за короткое время разработать большое количество новых конструкций и провести их испытания... Сахаров перечислил примерное количество расчётов различных типов и также желательный график их проведения" [8].

«До аврала А.Д. производил впечатление довольно флегматичного человека, который, как правило, сидел у себя в кабинете и был несколько "не от мира сего". В авральный период он изменился, стал волевым и энергичным руководителем, который был полностью в курсе дел. В его голосе появились нотки металла. По утрам он... собирал участников аврала, которые получали очень чёткие указания. Сахаров производил впечатление генерала, который руководит боем» [8].

5. Фундаментальные физические идеи А.Д. Сахарова, выдвинутые во время работы КБ-11

В 1950 году А.Д. Сахаровым была сформулирована важнейшая идея для проектов термоядерной энергетики "непрерывного действия" — идея магнитного удержания плазмы — и были определены общие черты магнитного термоядерного реактора (МТР) — прообраза токамаков и проекта современного Международного термоядерного экспериментального реактора (ITER).

⁴ Сейчас — Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академика Е.И. Забабахина (РФЯЦ – ВНИИТФ). (Примеч. ред.)

Исследования А.Д. Сахарова в 1950 г. в области взрывной имплозии, с одной стороны, и в области использования магнитного поля для термоизоляции плазмы, с другой, без сомнения, повлияли на появление у него новой фундаментальной идеи. Это идея магнитной кумуляции (МК) — превращения энергии взрыва взрывчатых веществ в энергию магнитного поля. А.Д. Сахаров сформулировал и саму идею "сжатия пучка магнитных силовых линий движущимися металлическими стенками цилиндра" и предложил принципиальные схемы устройств по практической реализации этой идеи [1, с. 79]: для получения сверхсильных магнитных полей мегагауссного диапазона — устройство МК-1, для получения высокоинтенсивных мегаамперных токов — устройство МК-2, основанные на взрывном воздействии на "токонесущие контуры".

Эти предложения получили в дальнейшем интенсивное развитие в РФЯЦ – ВНИИЭФ. В настоящее время взрывомагнитные генераторы (ВМГ) используются в самых различных целях — от фундаментальных исследований физических свойств веществ в экстремальных условиях до изучения процессов формирования и воздействия электромагнитных импульсов. Это крупный раздел физики, в котором наш институт вплоть до настоящего времени занимает лидирующие позиции в мире, а работы с использованием технологий ВМГ являются прямым творческим наследием А.Д. Сахарова.

А.Д.Сахаров стоит у истоков лазерного термоядерного синтеза (ЛТС).

"В 1960 – 1961 гг. я ещё раз выступил с предложением, относящимся к управляемой термоядерной реакции. В это время поступило сообщение о создании Мейманом в США первого лазера на рубине. Я выступил на объекте с докладом, в котором обосновывал возможность использования лазера для возбуждения термоядерной реакции в маленьких шариках, содержащих термоядерное горючее и обжимающихся за счёт гидродинамических эффектов при импульсном нагреве лазерным лучом внешней поверхности шариков. В докладе были даны оценки необходимых параметров этих устройств. В дальнейшем оценки были уточнены в серии численных расчётов на ЭВМ, проведённых моими сотрудниками... В качестве возможных областей использования этого принципа я назвал энергетику..." [1, с. 36].

Эти идеи получили мощное развитие в РФЯЦ – ВНИИЭФ. У нас создан ряд мощных лазерных установок, на которых проводились и проводятся уникальные эксперименты на микромишенях различных видов, в том числе на микромишенях с термоядерным горючим.

В настоящее время перспективы развития исследований свойств вещества в экстремальных условиях связываются с использованием мощных лазерных установок мегаджоульного класса. Такие установки сооружаются в США и Франции, а также в Китае. Отсутствие такой установки в России сдерживает получение уникальных результатов фундаментальных исследований. В последний год принято принципиальное решение по созданию в РФЯЦ – ВНИИЭФ мегаджоульной лазерной установки.

6. Инициативы в области ограничений ядерных испытаний и ядерных вооружений

С именем А.Д. Сахарова связан ряд важнейших этапов в ограничении ядерных вооружений.

В 1958 году он инициировал широкое обсуждение долговременной радиологической опасности, связанной с воздействием, в том числе на генетическом уровне, радиоуглерода С-14, накапливающегося в биосфере в результате атмосферных ядерных испытаний. Это явилось важным вкладом в обоснование прекращения ядерных испытаний в атмосфере.

В период 1958 – 1961 гг. СССР, США и Великобритании удалось договориться о трёхстороннем моратории на проведение ядерных испытаний.

Важен вклад А.Д. Сахарова в заключение Московского договора 1963 года о запрещении ядерных испытаний в атмосфере, космическом пространстве и под водой. Позднее он писал: "Я считаю, что Московский договор имеет историческое значение. Он сохранил сотни тысяч, а возможно, миллионы человеческих жизней — тех, кто неизбежно погибли бы при продолжении испытаний... Но, быть может, ещё важнее, что это шаг к уменьшению опасности мировой термоядерной войны. Я горжусь своей сопричастностью к Московскому договору" [9].

А.Д. Сахаров явился одним из инициаторов ограничений создания противоракетной обороны (ПРО). В 1967 г. он писал:

«Позволю себе кратко остановиться на своём понимании существа проблемы...

...Защита от удара небольшого числа ракет агрессора и провокатора... по любому, заранее не известному объекту... технически возможна, однако нужно отдавать себе отчёт, что по масштабу работ решение даже этой "упрощённой" задачи потребует очень больших вложений интеллектуальных и материальных ресурсов, сравнимых по масштабу с созданием наступательной системы массированного удара. Это постройка огромной сети станций обнаружения ракет противника и наведения противоракет, вычислительных станций и линий связи, разработка методов сепарации ложных целей, создание высокоманевренных противоракет... для действий на ближних и дальних рубежах обороны» [10].

«Хотя система ПРО не является сама по себе средством нападения или агрессии, но она может служить для агрессора средством, обеспечивающим безнаказанность, может увеличить соблазн превентивной войны. Поэтому отказ СССР и США от ПРО явился бы яркой демонстрацией готовности к сосуществованию.

Отсутствие соглашения о моратории приведёт к гонке не только оборонительных, но и наступательных систем, которые будет необходимо усилить для гарантированного прорыва обороны. Такой исход невыгоден для нас и экономически, и политически, и стратегически... уменьшает возможность "общего политического урегулирования"» [10].

«...В наступательном оружии существует так называемый "эффект насыщения" — если вы можете уничтожить противника, то дальнейшее усиление мало что меняет. В области ПРО "эффекта насыщения" нет, и исход соревнования, напротив, определяется соотношением технико-экономических потенциалов... СССР и США, заключив соглашение о моратории, тем самым отказываются от политики взаимных угроз, от соблазна нанесения превентивного удара под прикрытием, создающего иллюзию безопасности противоракетного "щита"»...

Такое соглашение очень ободрило бы силы мирного сосуществования, облегчило бы дальнейшие шаги в

области разоружения и ослабления напряжённости» [10].

Выводы, сделанные А.Д. Сахаровым, фактически стали интеллектуальной основой для позиции нашей страны в отношении ПРО на протяжении многих десятилетий вплоть до настоящего времени.

Эти выводы во многом справедливы и сегодня, когда США вышли из Договора по ПРО и проводят разработку национальной и региональных систем ПРО с использованием космических технологий.

Удивительно, как много из того, что сделал А.Д. Сахаров в своей научной деятельности, живёт и развивается сегодня. В работах, развивающих его идеи, участвуют десятки институтов и лабораторий в разных странах мира. Закончу этот небольшой обзор его словами, обращёнными в будущее:

«Как известно... в СССР и в США и в других странах ведутся широкие работы по осуществлению термоядерной реакции с помощью лазерного обжатия (а также с помощью... некоторых других, инерционных методов). Для целей большой энергетики всё же мне представляются наиболее перспективными системы, основанные на магнитной термоизоляции... При этом, я думаю, что первоначально это будут бридерные системы, в которых источником энергии в конечном счёте будет реакция деления. Что касается систем, не использующих уран и торий... то в них я предполагаю "третий бридинг"... Очень возможно, что основой энергетики XXI века и последующих веков будут установки управляемого термоядерного синтеза. Участие на ранних этапах в важных для будущего человечества исследованиях управляемой термоядерной реакции является для меня источником большого удовлетворения» [1, с. 36].

Список литературы

1. Сахаров А Д *Научные труды* (Редакционная коллегия: Б Л Альтшулер, Л В Келдыш (председатель), Д А Киржниц, В И Ритус) (М.: ОТФ ФИАН – ЦентрКом, 1995)
2. Сахаров А Д "Стационарная детонационная волна в гетерогенной системе А-9 + "180", в кн. Андрушин И А, Илькаев Р И, Чернышев А К "Слойка" Сахарова. *Путь гения* (Саров: ФГУП "РФЯЦ – ВНИИЭФ", 2011) с. 144
3. Гинзбург В Л «1. Использование Li-6D в "слоейке". 2. Влияние взаимодействия между ядрами урана в "слоейке"», в кн. Андрушин И А, Илькаев Р И, Чернышев А К "Слойка" Сахарова. *Путь гения* (Саров: ФГУП "РФЯЦ – ВНИИЭФ", 2011) с. 146
4. "Стенограмма заседания Ученого Совета ФИАН СССР им. Лебедева от 3 ноября 1947 года", в сб. Сахаров А Д *Научные труды* (Редакционная коллегия: Б Л Альтшулер, Л В Келдыш (председатель), Д А Киржниц, В И Ритус) (М.: ОТФ ФИАН – ЦентрКом, 1995) с. 481
5. Сахаров А Д "Памяти Игоря Евгеньевича Тамма", в сб. Сахаров А Д *Научные труды* (Редакционная коллегия: Б Л Альтшулер, Л В Келдыш (председатель), Д А Киржниц, В И Ритус) (М.: ОТФ ФИАН – ЦентрКом, 1995) с. 420
6. Тамм И Е, Сахаров А Д, Зельдович Я Б "Модель изделия РДС-6с", в кн. Андрушин И А, Илькаев Р И, Чернышев А К "Слойка" Сахарова. *Путь гения* (Саров: ФГУП "РФЯЦ – ВНИИЭФ", 2011) с. 92–95
7. "Постановление СМ СССР № 1253-634 от 7 сентября 1956 года", в кн. Андрушин И А, Илькаев Р И, Чернышев А К *Решающий шаг к миру. Водородная бомба с атомным обжатием РДС-37* (Саров: ФГУП "РФЯЦ – ВНИИЭФ", 2010) с. 88
8. Софронов И Д "Работа с А.Д. Сахаровым", в сб. *Материалы открытого заседания НТС ВНИИЭФ, посвященного 80-летию со дня рождения А.Д. Сахарова* (Саров: РФЯЦ – ВНИИЭФ, 2003)
9. Сахаров А *Воспоминания* (Нью-Йорк: Изд-во им. Чехова, 1990) с. 309
10. Сахаров А Д "Письмо в ЦК КПСС 27 июля 1967 года", Специальный архив РФЯЦ – ВНИИЭФ

Sakharov in KB-11. The path of a genius

R.I. Ilkaev

Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Research Institute of Experimental Physics,
607190 Sarov, Nizhny Novgorod region, Russian Federation
E-mail: ilkaev@vniief.ru

21 May, 2011 would have marked the 90th birthday of Andrei Dmitrievich Sakharov, a towering 20th-century figure in science and human thought, whose ideas, research contributions and life example exerted enormous influence on the history of the second half of the 20th century and in particular, on the history of Russia. Whether as a scientist or a person in general (including his public activities and exceptional commitment to human rights work), he always displayed creativity and the freedom of spirit, thought and action. Sakharov's life and creative work make him a model scientist and citizen for many and undoubtedly provide a legacy for the development of science and society in the 21st century. In this paper, some of Sakharov's key ideas and achievements relating to his KB-11 period are reviewed, and how they influence present day research and technology, in particular, of relevance to national security, is examined.

PACS numbers: 01.60. + q, 01.65. + g, 28.70. + y

DOI: 10.3367/UFNr.0182.201202i.0195

Bibliography — 10 references

Received 15 September 2011

Uspekhi Fizicheskikh Nauk 182 (2) 195–201 (2012)

Physics – Uspekhi 55 (2) (2012)