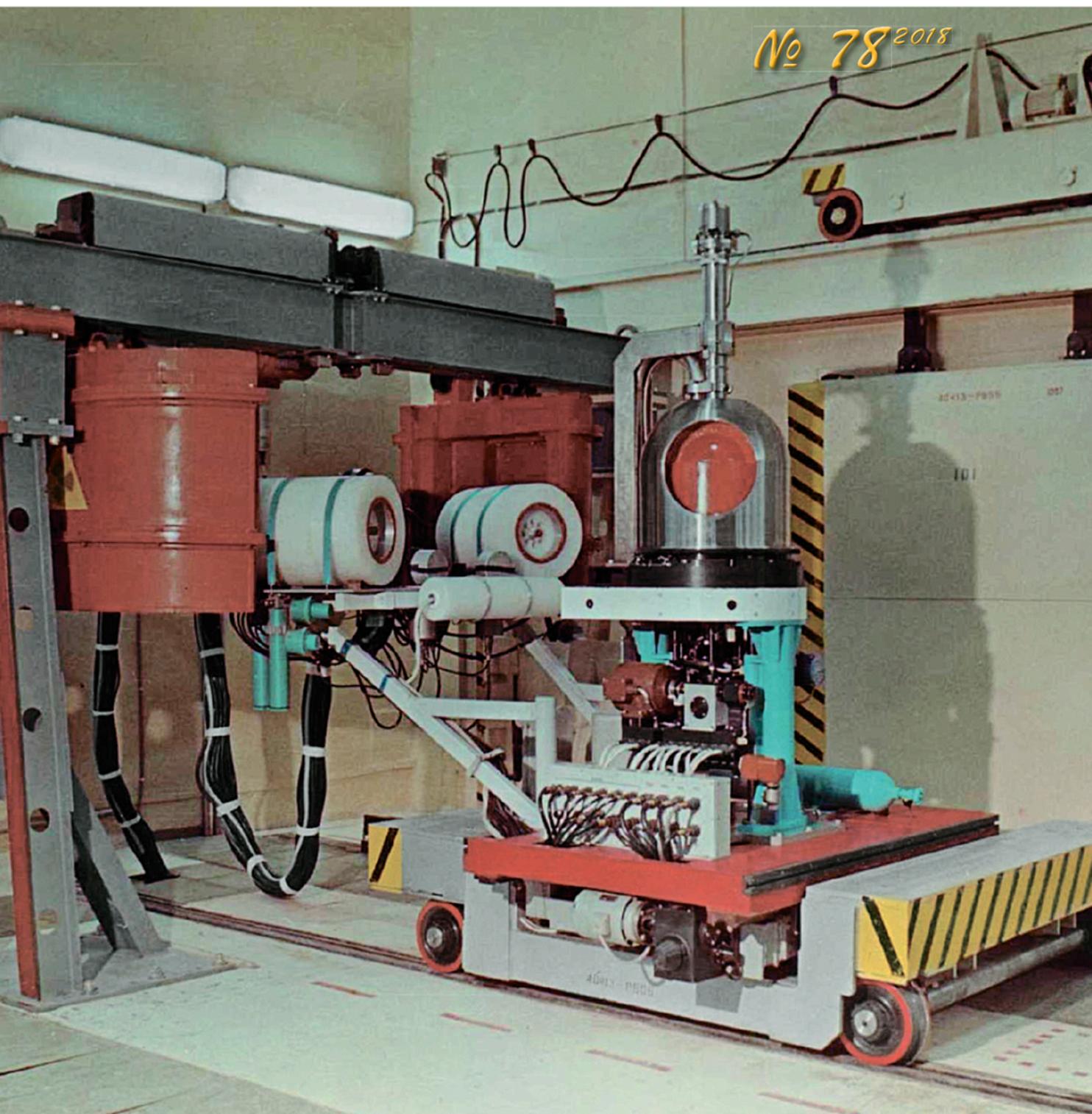


ATOM

№ 78²⁰¹⁸



ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ БАБАЕВ

(21.05.1928 г., Москва – 06.10.1986 г.)



Заместитель начальника теоретического отделения КБ-11, специалист по созданию атомных и термоядерных зарядов. Герой Социалистического Труда (1962 г.). Окончил МГУ (1950 г.). Доктор технических наук (1962 г.), профессор (1974 г.). Член-корреспондент АН СССР. С 1951 г. работал в КБ-11 (РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров) старшим лаборантом, начальником отдела, заместителем начальника научно-теоретического отделения. Участвовал в разработке первой водородной бомбы РДС-6с. В 1957 г. совместно с Ю. А. Трутневым выдвинул предложение, которое на многие годы определило направление работ по созданию зарядов с кардинально улучшенными массово-габаритными и основными показателями. Оно лежит в основе подавляющего большинства разработок термоядерных зарядов, выполненных в Советском Союзе. Эти заряды стали основой создания ракетно-ядерного щита Советского Союза. Инициатор и руководитель (совместно с Ю. А. Трутневым) разработки чистых термоядерных зарядов для народнохозяйственных целей (создание водохранилищ, гашение газовых факелов, интенсификация газовых и нефтяных месторождений и т. д.), которая завершилась созданием термоядерных зарядов с минимальной осколочной радиоактивностью. Лауреат Ленинской премии (1959 г.), Сталинской премии (1953 г.), Государственной премии РФ (2000 г., посмертно). Награжден орденами Ленина (1956, 1962 г.), Трудового Красного Знамени (1975 г.), медалью «За трудовую доблесть».

Ю. Н. БАБАЕВ

- 2** *Е. Д. Яковлев* Выдающийся представитель выдающегося поколения создателей ядерных зарядов
- 8** *Д. М. Линник,
Р. М. Шагалиев* О роли Ю. Н. Бабаева в развитии математических методик расчетов
- 11** *Ю. А. Романов* К 60-летию Ю. Н. Бабаева
- 12** *Ю. А. Трутнев* 75 лет со дня рождения Юрия Николаевича Бабаева, выдающегося ученого РФЯЦ-ВНИИЭФ
- 14** *С. А. Холин* Ю. Н. Бабаев в период подземных испытаний
- 15** Секретный щит Бабаева
- 17** *В. И. Постников* Воспоминания о Юрии Николаевиче Бабаеве

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- 19** *В. Ф. Колесов* Электроядерные установки
- 24** *Н. П. Волошин,
В. А. Парафонова* Парадокс: так чем же «управлять»?
- 30** *В. Е. Маршалкин* Ядерная энергетика: потенциальные возможности, проблемы и способ их решения

К 100-ЛЕТИЮ Г. П. ЛОМИНСКОГО

- 35** *Н. П. Волошин* Директор института. Хозяин города

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 46** *Н. Е. Аблесимов* Какова роль «неформата» в жизни ученого? К 60-летию открытия эффекта Мессбауэра

НАША ЗЕМЛЯ

- 47** Корнепластика – хобби ученого
А. И. Герасимова

На 1-й стр. обложки: комплекс ГИР-2.

На 4-й стр. обложки: гроза в условиях высокогорья.

Главный редактор

С. А. Холин (главный научный сотрудник, доктор физ.-мат. наук, профессор);
Н. А. Волкова (зам. гл. редактора);
А. К. Музыря (зам. гл. редактора, доктор физ.-мат. наук ВНИИТФ)

Редакционная коллегия

В. Е. Аблесимов (канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ИЛФИ);
А. В. Белоцерковец (старший научный сотрудник ИЛФИ);
Г. А. Карташов (финансовый директор РФЯЦ-ВНИИЭФ, профессор);
В. И. Лукьянов (главный специалист СДС РФЯЦ-ВНИИЭФ);
А. Е. Малеев (художник-инженер ИЯРФ);
Е. Е. Мешков (канд. физ.-мат. наук, руководитель лаборатории СарФТИ);
Д. С. Павлова (журналист);
Л. Н. Пляшкевич (ведущий научный сотрудник НПЦФ, канд. техн. наук);
А. А. Косогоров (начальник отдела ИЯРФ);
А. В. Чувиковский (начальник ИПЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ)

Редактор

Н. П. Гомонова

Компьютерная подготовка оригинала-макета

М. С. Мещерякова

© ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2018
© Авторы публикаций, 2018

Отпечатано
в Издательско-полиграфическом цехе
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
2018 г.

Цена договорная

Подписано в печать
25.05.2018 г.
Формат 84×108/16
Печать офсетная
Усл. печ. л. ~ 6,0
Уч.-изд. л. ~ 5,5
Тираж 1000 экз.
Заказ 832-2018



Адрес редакции: 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». Телефон: (831-30)775-85.
Факс: (831-30)776-68. E-mail: volkova@vniief.ru

Выдающийся представитель выдающегося поколения создателей ядерных зарядов

Е. Д. ЯКОВЛЕВ

*Памяти Юрия Николаевича Бабаева
посвящается*



Ю. Н. Бабаев

Юрий Николаевич Бабаев принадлежит к замечательному поколению создателей термоядерных зарядов, которое, опираясь на фундаментальные открытия выдающихся ученых – основателей советского Атомного проекта, на основании уже собственных изобретений осуществило развитие теории физического проектирования и практические

полномасштабные разработки основного и определяющего элемента ядерного оружия – ядерных зарядов с характеристиками мирового уровня.

Период прихода этого поколения во ВНИИЭФ отсчитывается от начала 50-х гг. и простирается до начала 60-х гг. прошлого столетия. Именно это поколение выдвинуло лидеров, которые возложили на себя всю ответственность за эффективность, надежность и безопасность ядерных зарядов на многие десятилетия, после того как ученые с мировой известностью И. В. Курчатов, А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович, И. Е. Тамм, К. И. Щёлкин, Г. Н. Флеров, Н. Н. Боголюбов прекратили свою деятельность в областях, связанных с созданием ядерных зарядов. Число физиков-теоретиков, входящих в это поколение, относительно невелико, их список по личному вкладу в создание отечественных ядерных зарядов различных классов и в управление этими работами возглавляют крупные ученые (в алфавитном порядке): Ю. Н. Бабаев, Г. А. Гончаров, Н. А. Дмитриев, Р. И. Илькаев, В. Н. Михайлов, Ю. А. Романов, Ю. А. Трутнев.

Ю. Н. Бабаев был принят во ВНИИЭФ в 1951 г. Об успехах его профессиональной деятельности в начале пути мы можем судить по опубликованным документам из истории Атомного проекта СССР. Уже в 1952 г. на государственном уровне Ю. Н. Бабаев официально включается

в подготовку к испытаниям термоядерного заряда РДС-6С. Проиллюстрируем это выписками из «Плана расчетно-теоретических работ по изделию РДС-6С», утвержденного А. П. Завенягиным и И. В. Курчатовым 12.12.52 г.

«Работы, выполняемые в КБ-11.

1) Расчеты энерговыделения многослойного заряда.

а) Выдача задания математическому бюро Л. Д. Ландау по расчету опытного взрыва модели РДС-6С.

Исполнители: А. Д. Сахаров, Ю. А. Романов, Ю. Н. Бабаев.

б) Выдача двух заданий математическому бюро А. Н. Тихонова по расчету энерговыделения изделия с ожидаемым тротильным эквивалентом в 1 миллион т...

Исполнители: А. Д. Сахаров, Ю. А. Романов, Ю. Н. Бабаев.

в) Построение интерполяционных формул для расчета ... возможных вариантов:

1. Опытного взрыва.

2. Изделия с ТЭ в 1 миллион т.

Исполнители: Ю. А. Романов, Ю. Н. Бабаев, Б. Н. Козлов, М. П. Шумаев, А. А. Бунатян.

2) Расчеты по уточнению значений ядерных постоянных, необходимых для определения энерговыделения изделия РДС-6С:

...

б) Анализ данных эксперимента по коэффициенту использования:

1. В трехслойной модели.

2. В двухслойной и сплошной моделях.

3. В плоских моделях.

Исполнители: Ю. Н. Бабаев, В. Г. Заграфов.

...

г) Составление сводного отчета по вопросу о значениях ядерных постоянных, необходимых для энерговыделения изделия РДС-6С.

Исполнители: А. Д. Сахаров, Ю. А. Романов, Ю. Н. Бабаев, Д. В. Ширков, В. И. Ритус, В. Г. Заграфов.

...»

Удивительный документ. Нужно было обладать феноменальной эрудицией в области ядерной физики, чтобы быть привлеченным к работам по РДС-6С, принципиально новой в физическом и техническом отношении, ее основным создателем – А. Д. Сахаровым. Но дополнительно нужно обладать ярким талантом физика-теоретика, чтобы получать задания по анализу принципиально новых процессов, сопровождающих работу уникальной для своего времени системы и обоснованию ее характеристик. При этом следует помнить: создавался проект национального значения, что одновременно предопределяло прямую и неразделяемую ответственность за конечные результаты работ. Состав исполнителей различных позиций плана работ меняется, однако имя Ю. Н. Бабаева неизменно включается в число исполнителей большинства позиций, что и подтверждает мощь его таланта, сразу же выделенного А. Д. Сахаровым.

Ю. Н. Бабаев блестяще решил поставленные перед ним задачи. РДС-6 успешно прошла испытания, показав характеристики, превышающие ожидаемые. За вклад в создание РДС-6 в области расчетно-теоретического обоснования работы изделия молодому физика присуждается Сталинская премия III степени.

Следующим выдающимся результатом мирового уровня в области развития фундаментальных основ физического проектирования термоядерных зарядов являлось изобретение в КБ-11 (ВНИИЭФ) двухстадийного термоядерного заряда РДС-37, прошедшего успешные ядерные испытания 22 ноября 1955 г. В представлении на награждения создателей РДС-37, направленном в ЦК КПСС и Совет министров, А. П. Завенягин отмечал: «...Создание мощной водородной бомбы на новом физическом принципе является выдающимся достижением советской науки и техники. Идея создания этой бомбы принадлежит члену-корреспонденту Академии наук СССР т. Я. Б. Зельдовичу и академику А. Д. Сахарову. В создании водородной бомбы ряд трудных научных проблем решался под руководством и при непосредственном участии академиков Ю. Б. Харитона и И. В. Курчатова.

Министерство среднего машиностроения представляет т.т. Я. Б. Зельдовича, А. Д. Сахарова, Ю. Б. Харитона и И. В. Курчатова к Ленинским премиям...».

Совет министров СССР по данному представлению принял Постановление о присуждении званий лауреатов Ленинской премии Я. Б. Зельдовичу, А. Д. Сахарову, Ю. Б. Харитону, И. В. Курчатovu. И вслед за этим выходит Указ Президиума Верховного Совета СССР «О награждении орденами и медалями научных, инженерно-технических работников, рабочих и служащих..., наиболее отличившихся при выполнении специального задания Правительства».

Согласно указу высшим орденом государства – орденом Ленина награждаются сотрудники теоретического отделения КБ-11. Ю. Н. Бабаев, Г. М. Гандельман, Ю. А. Трутнев в числе 88 награжденных орденом Ленина, среди которых И. В. Курчатov, Ю. Б. Харитон, К. И. Щёлкин, И. Е. Тамм, министры, начальники главных управлений, КБ.

Подчеркнем, что в отчете от 8 июля 1955 г. «Опытное устройство для проверки принципа окружения (расчетно-теоретические работы)» список теоретиков, принимавших участие в разработке темы, включает 31 фамилию; в списке составителей отчета – 15 фамилий. Из этого коллектива орденом Ленина награждены трое. Остальные участники (~860 человек) были награждены орденами Трудового Красного Знамени и Знак Почета.

Таким образом, Ю. Н. Бабаев делит первое место с Ю. А. Трутневым среди молодых физиков, внесших бесценный вклад в физическое проектирование и расчетно-теоретическое описание процессов, на которых создавалось это чудо ядерно-оружейной техники – РДС-37. И это место ему безоговорочно присудили Ю. Б. Харитон, Я. Б. Зельдович и А. Д. Сахаров. Важно подчеркнуть, что особое значение имело признание заслуг Ю. Н. Бабаева А. Д. Сахаровым – беспорным лидером в области физического проектирования термоядерных зарядов, который по характеристике, данной ему И. В. Курчатovым



Герои Социалистического Труда – Ю. Н. Бабаев и Ю. А. Трутнев. 1962 г.

16.09.1953 г., «...достиг крупнейших результатов, поставивших его на первое место в Советском Союзе и во всем мире в важнейшей области физики».

Можно ли на этом основании утверждать, что в таинственной по тем временам области создания термоядерных зарядов Ю. Н. Бабаев достиг того же уровня профессиональных знаний, что и его учителя – А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович, И. Е. Тамм? Вероятно, можно, поскольку имеется в виду не эрудиция в сфере физических проблем устройства мироздания, а в относительно узкой и новой области физического проектирования и расчета процессов, сопровождающих работу термоядерных зарядов.

Подтверждением этому служит дальнейшая самостоятельная деятельность Ю. Н. Бабаева (в сотрудничестве с Ю. А. Трутневым) на поприще совершенствования физических схем термоядерных зарядов и практических работ по их созданию на основе уже собственных фундаментальных изобретений.

Конструкция РДС-37, адаптированная к ГЧ МБР Р-7, восхищает новизной и изящностью инженерных решений, отвечающих требованиям со стороны физической схемы, однако алогична с позиции теории проектирования боеприпасов вследствие наличия широких полостей, увеличивающих размеры изделия. Молодые ученые, хорошо постигшие при создании РДС-37 назначение и роль физических процессов, определяющих работу изделия, приходят к выводу, что не только в инженерном отношении, но и в целях повышения физических характеристик имеются эффективные пути совершенствования исходной схемы РДС-37.

Свою задачу они видят не во внесении в схему РДС-37 отдельных полезных усовершенствований, а в развитии фундаментальной теории о процессах, которые могут сопровождать работу двухстадийной схемы, формирование на этой основе концептуальных положений о структуре и составе боевых термоядерных зарядов и практической реализации своих открытий в конкретном инженерном проекте.

Усовершенствования характеристик термоядерного заряда по предложенной новой схеме были столь значительными, что потребовали от авторов полной решительности и непреклонности в обосновании необходимости подготовки заряда к испытаниям и их проведение. После выдающегося успеха РДС-37 возможные риски, связанные с отступлениями от проверенной физической схемы, представлялись многим не-

оправданными. Руководство КБ-11 в качестве приоритетной ставило задачу создания стратегического оружия на основе уже успешно работавшего заряда, исходя из принципа «лучшее – враг хорошего». Принцип подтвержден на практике, но не для особых условий, характеризующихся исключительной новизной и государственной важностью проблемы. Авторы имели иной опыт: менее чем 3-летнее участие в работах КБ-11 дало результат мирового уровня – создание РДС-6С, а уже через два года – новый выдающийся успех – РДС-37. Уверенность в новом проекте подтверждалась результатами расчетов, проводившихся авторами и по их заданиям специалистами отделения прикладной математики МИАН СССР. И все же в ряду зарядов, планировавшихся к испытаниям, проект Ю. Н. Бабаева и Ю. А. Трутнева ставился на последнее место.

Испытания состоялись в знаковый день – 23 февраля 1958 г. Успех был полным и по своему обобщающему практическому значению: во-первых, определил физические и инженерные принципы построения термоядерных зарядов нового и последующих поколений; во-вторых, ознаменовал создание лучшего по удельным характеристикам термоядерного заряда для соответствующего периода, многократно превосходя по этому параметру РДС-37.

Следует подчеркнуть, что достигнутые благодаря изобретению Ю. Н. Бабаева и Ю. А. Трутнева параметры заряда не только позволяли наилучшим образом решить задачу оснащения Р-12 – первой ракеты для только что созданных Ракетных войск стратегического назначения, но и впервые дали возможность создать оснащение большой мощности даже для стратегических подводных лодок.

Последовательный творческий вклад в создание РДС-6С, РДС-37, а затем авторская совместная с Ю. А. Трутневым разработка концептуальных принципов построения будущих термоядерных зарядов, создание и успешные испытания на этой основе проекта с новыми качествами определили и закрепили профессиональное положение Ю. Н. Бабаева как лидера в области физического проектирования зарядов. И уже в этом качестве на основе открытых концептуальных принципов за короткое время им создается заряд нового поколения в классе мощности РДС-37, что позволяет окончательно решить задачу оснащения первой межконтинентальной БР Р-7А и благодаря этому закрыть вопрос о недостижимости территории США для стратегического оружия СССР.

Затем следует этап успешного создания зарядов большой мощности, предназначенных для оснащения стратегических БР нового класса Р-16, Р-9, Р-36, участие в выборе схемы и формирование характеристик сверхмощного заряда, испытанного 30 октября 1961 г.

С Ю. Н. Бабаевым я познакомился в 1960 г. в процессе выполнения работ по унифицированному заряду мощностью несколько мегатонн т. э. для уже разработанных и планируемых к разработке МБР. Заряд создавался в группе Г. П. Данилова сектора 5.

Компоновочные работы выполнялись А. А. Фальченко. Ю. Н. Бабаев довольно часто сверял свои виртуальные представления по множественным параметрам физической схемы заряда с его реальным инженерным исполнением. Совместные обсуждения возможных путей оптимизации конструкции в интересах исключения отступлений от физического проекта, с одной стороны, и согласование предъявляемых физических условий с возможными решениями по обеспечению рациональных компоновочных параметров, требованиями прочности, конструктивных качеств, технологическими условиями – с другой, происходили спокойно при взаимной заинтересованности в лучших решениях, без ультиматумов, но и без взаимных уступок, которые могли бы понизить технические характеристики проекта. Это были примеры сотрудничества ученого с инженерным блоком, при котором каждая сторона стремилась к общим решениям, отвечающим достижению сбалансированного комплекса боевых характеристик заряда. Решениям, необходимость, возможность и обоснованность которых понимались и принимались в полной мере каждым из разработчиков.

Должен подчеркнуть, что глубина и внутренняя культура оценок Юрием Николаевичем принимаемых концептуальных решений разработчиками конструкции заряда были полностью лишены субъективности. Путь к достижению главной цели – создание заряда с задуманными характеристиками был трудным, но приносил истинное удовлетворение от каждого пройденного этапа.

Именно в процессе создания зарядов по физическим проектам Ю. Н. Бабаева был сделан следующий шаг по усовершенствованию схемы термоядерных отсеков – полное исключение стержневой схемы крепления основного узла к корпусу заряда и переход на использование «обмазки» в качестве опорного элемента с введе-

нием компенсаторов. Физическая и инженерная схемы термоядерного отсека приобрела современный, оптимизированный из условий всего комплекса требований, облик и по этой схеме отныне будут разрабатываться термоядерные отсеки всех зарядов.

Вместе с тем, несмотря на достигнутые выдающиеся успехи – за творческий вклад в создание группы зарядов в период 1959–1962 гг. Ю. Н. Бабаеву присваивается звание Героя Социалистического Труда, молодой ученый не снижает для себя уровень задач по развитию и совершенствованию термоядерного оружия. Он начинает поиск, теоретическую и практическую разработку основ кардинального увеличения энергоудельности с термоядерного горючего, входящего в состав заряда, при сохранении его приемлемых по критериям удельной мощности и массы боеголовки компоновочных параметров.

Для достижения задуманного результата ставится цель существенного увеличения сжатия соответствующих составов в заряде к моменту инициирования в них термоядерных реакций. Формируется совершенно новая композиция термоядерного отсека. Первые варианты ее оказываются достаточно сложными и для физических расчетов и для достижения необходимых конструкторских параметров. Схема изменяется с целью упрощения инженерного исполнения, но не в отношении сопровождающих ее работу физических процессов. Эту часть проблемы Юрий Николаевич берет на себя, полагаясь на свой талант в создании новых совершенных расчетных методик.

Сложившийся стиль ведения работ дает свои результаты. Заряд разработан и изготовлен. Затем следуют испытания. Запланированный эффект подтверждается, но он оказывается меньшим, чем ожидалось.

Начинается новый этап по оптимизации физического и инженерного проектов. Необходимо подчеркнуть, что наряду с базовым проектом был разработан и испытан его близкий аналог в меньшей весовой категории и соответственно меньшей мощности, конструкция которого создавалась при непосредственном творческом участии автора этой статьи. Результаты испытаний этого заряда расценивались как полностью успешные и следовательно подтверждали физическую корректность тех идей, на основе которых Юрий Николаевич строил новую схему термоядерных зарядов следующего поколения. Однако последующего надлежащего развития новая схема не получила.



Ю. А. Трутнев, А. Д. Сахаров, В. Г. Заграфов, Ю. Н. Бабаев

С направлением по увеличению энергоудельности с термоядерного горючего, с небольшим смещением по времени, стало конкурировать направление повышения удельной мощности за счет введения в состав термоядерных отсеков больших количеств делящихся материалов. Задача увеличения удельной мощности по такому способу в расчетном и инженерном отношении являлась существенно более простой, но при ее решении резко росли затраты остродефицитных материалов, что для рассматриваемого периода составляло серьезную проблему. Однако с учетом особой значимости наращивания качественных характеристик стратегических ядерных сил для сдерживания возможной агрессии против нашего государства руководство Минсредмаша и МО сочло возможным пойти на увеличение затрат делящихся материалов для стратегической компоненты ядерного оружия как наиболее простому в техническом отношении пути форсирования характеристик зарядов. Такое решение заведомо предопределило снижение объемов экспериментальных исследований по зарядам со схемами, предложенными Ю. Н. Бабаевым.

Успех ядерного центра в области создания ядерного оружия на этапах широкомасштабного развертывания комплексов правительством оценивается и соответственно отмечается только по факту постановки комплекса на боевое дежурство. При этом мало кого, кроме соответствующих специалистов, интересует, насколько глубокими и яркими являлись идеи, положенные в основу создания заряда, украшающего данный комплекс. Эта тенденция в полной мере проявилась при определении приоритетов в разработке зарядов по схеме Ю. Н. Бабаева или на основе

увеличенных затрат делящихся материалов.

И по прошествии десятков лет с горечью вспоминается то заседание НТС ВНИИЭФ, решением которого было отложено на неопределенный срок развитие работ по новой схеме. Работ, следствием проведения которых являлось бы расширение фундаментальных знаний относительно способов и границ форсирования процессов термоядерного синтеза в специальной технике, полученных экспериментальным путем, даже если бы преимущества новой схемы по

уровням достигаемой мощности оказались бы меньше ожидаемых по расчету.

Неизменным и особо ценным правилом научного руководителя Ю. Б. Харитона являлась обязательная и полная проверка всех новых идей и предложений по совершенствованию зарядов посредством разработки соответствующих экспериментальных образцов и их ядерных испытаний. Мне известны только три эпизода, когда Ю. Б. Харитон отступал от этого правила. И решения эти принимались под давлением непреодолимых обстоятельств, обусловленных директивными правительственными сроками завершения работ по тому или иному комплексу оружия. К числу этих эпизодов относится и соответствующее решение НТС, фактически остановившее работы по новой схеме. При этом атака на позиции Ю. Н. Бабаева велась незаслуженно дружно, в том числе со стороны конструкторского блока.

Объективно заряд по новой схеме обладал заметными преимуществами для создания современных боеголовок, поскольку его геометрическая форма естественным путем обеспечивала получение более высоких аэродинамических характеристик боеголовки. Но один из маститых представителей КБ-1 отнес это достоинство к числу недостатков, сославшись на то, что когда-то было зафиксировано разрушение наконечника малого радиуса при испытаниях ГЧ Р-7А.

Для Ю. Н. Бабаева, по-видимому, стало ясно, что решение о приостановке работ над предложенной им схемой предопределено. Это была первая неудача в его блестящей профессиональной биографии всегда успешного разработчика

зарядов. Неудача, вероятно, не просто им пережитая, поскольку она помешала ему довести до полной научной и практической ясности очередной комплекс проблем, связанных с расширением знаний о процессах, сопровождающих работу зарядов, и способах по их управлению.

Вместе с тем, основополагающие идеи, присутствующие в предложенной им новой схеме, оказали фундаментальное влияние на развитие термоядерных зарядов в малых габаритах и зарядов с новыми физическими качествами. В трансформированных вариантах эти идеи использовались коллективами разработчиков ВНИИЭФ и ВНИИТФ при создании физических проектов зарядов под новые требования к ядерному оружию в период второй половины 1970-х и в 1980-е гг. Работы эти велись по ряду оригинальных направлений, но определяющей целью этих исследований являлось увеличение выгорания термоядерного горючего посредством форсирования процессов его сжатия, в том числе за счет введения в состав заряда дополнительных элементов, хотя их вклад и назначение в формирование процессов работы зарядов мог отличаться от назначения подобных узлов, примененных Ю. Н. Бабаевым. Все это, на мой взгляд, дает право включить предложенную Ю. Н. Бабаевым новую схему в число заслуг в области создания отечественных термоядерных зарядов, исключающих внесение в его профессиональную биографию использованного выше термина «неудача».

На рубеже 1970-х гг. Ю. Н. Бабаев возглавляет работы по заряду, замыкающему линейку проектов, начало которой было им положено созданием мощного заряда нового поколения для МБР Р-7А. Новый заряд характеризовался сочетанием комплекса современных военнотехнических параметров, включающих уровень мощности, существенно превосходящий мощность прототипов, высокую устойчивость характеристик при боевом применении и компоновочные параметры, удовлетворяющие условиям создания боеголовок для РК среднего и тяжелого классов. Принципиально новое исполнение имеет первичный инициатор, отвечающий комплексу сложных требований к современным зарядам. Имеются все основания утверждать, что созданный под руководством и при полном творческом участии Ю. Н. Бабаева мощный термоядерный заряд является лучшим проектом в классе близких по мощности зарядов.

Заняв с 1958 г. лидирующее положение в области физического проектирования термоядерных зарядов и в развитии необходимой для это-

го теории (благодаря совместным с Ю. А. Трутневым исключительно важным для будущего изобретениям), Ю. Н. Бабаев в полной мере всей своей профессиональной деятельностью стремился отвечать этой роли и ему это удавалось. Широкий спектр возможных направлений развития ядерно-оружейных технологий он включал в число своих профессиональных задач. Первостепенное значение имели работы по развитию теории двумерных программ, которые с полным основанием позволяют отнести Ю. Н. Бабаева к числу основоположников создания математического аппарата для решения сложнейших задач в области физики высоких плотностей энергии.

Широкий спектр поисковых проектных работ и теоретических исследований под его руководством и при активном участии был выполнен по созданию специальных лазеров с ядерной начинкой в период попыток реализации США глобальной программы «звездных войн».

Однако при всем этом для специалистов ВНИИЭФ, сотрудничавших с ним или работавших над альтернативными проектами, Ю. Н. Бабаев являлся, прежде всего, выдающимся разработчиком термоядерных зарядов, крупнейшим авторитетом в области их физического проектирования и расчета.

Для нового поколения ученых и инженеров, посвящающих себя делу создания ядерного оружия, профессиональный путь Ю. Н. Бабаева должен являться примером неустанного и постоянного поиска возможных направлений совершенствования нашей техники, создания соответствующих проектов, разработки и обоснования мер по их поставке на производство.

В заключение на основании опыта взаимодействия с Ю. Н. Бабаевым, ограниченного рамками исключительно производственной сферы, считаю обоснованной следующую оценку этого замечательного ученого: его достоянием были знания, его профессиональный путь – успешное служение Отечеству, главная черта – скромность.

ЯКОВЛЕВ Евгений Дмитриевич –
главный конструктор РФЯЦ-ВНИИЭФ
с 2001 по 2010 г., первый заместитель главного
конструктора РФЯЦ-ВНИИЭФ с 2010 г.,
лауреат Государственных премий
и премии Правительства РФ

Автобиография

Я, Юрий Николаевич Бабаев, родился в 1928 г. в г. Москве в семье преподавателей. Отец - преподаватель математики в техникуме, мать - преподаватель иностранных языков в Историко-архивном институте. До революции мать и отец работали учителями. С 1936 по 1941 г. я учился в 274 школе г. Москвы, где и окончил 5 классов. В 1941 г. я с семьей (отец, мать и сестра) эвакуировались на Урал в г. Сатку Челябинской области. Здесь я окончил 6 классов. Осенью 1942 г. по вызову Гидрометеорологического института мать со мной и сестрой переехала в г. Ленинабад Таджикской ССР, где я окончил 7 класс. Через год за нами приехал отец и мы переехали на рудник Кан-Сай Ленинабадской области. Здесь, сдав осенью экзамены за 8-й класс, я окончил 9-й класс весной 1944 г. Летом этого года я работал забойщиком на руднике Чарух-Дайрон, а осенью мы вернулись в Москву. В Москве я окончил десятилетку в 265 школе и поступил на физический факультет МГУ, где и учился с 1945 по 1950 г. и по окончании был отправлен на предприятие. В 1951 г. я женился на Тарасовой Людмиле Викторовне, 1927 г. рождения. Жена работает на нашем предприятии руководителем группы у В. А. Цукермана. Имею одну дочь.

Ю. Н. Бабаев, 1956 г.



Юрий Николаевич с женой Людмилой Викторовной и дочерью

О роли Ю. Н. Бабаева в развитии математических методик расчетов

Д. М. ЛИННИК, Р. М. ШАГАЛИЕВ

В конце 1950-х и в начале 1960-х гг. физики-теоретики и математики ВНИИЭФ пришли к выводу, что для лучшего понимания характера процессов, протекающих при работе специализированных изделий, необходимо разрабатывать численные методы и создавать программы для решения на ЭВМ двумерных задач, моделирующих газодинамическое движение с учетом распространения излучения в диффузионном приближении, возбуждения и распространения детонационных волн и, возможно, других физических явлений.

Работы по разработке методов, алгоритмов и созданию программ для решения поставленных задач постоянно поддерживались руководством ВНИИЭФ. Большое влияние на выбор направлений работ оказывали ведущие сотрудники теоретических секторов 1, 2 ВНИИЭФ. Особенно большое влияние на весь ход работ оказал член-корреспондент АН СССР Ю. Н. Бабаев.

К этому времени уже были созданы методы и программы для решения двумерных задач газовой динамики и распространения излучения в неподвижных геометриях для ЭВМ «СТРЕЛА».

В частности, проводились двумерные расчеты задач газовой динамики по программе «Д», созданной в секторе 8 ВНИИЭФ. Юрий Николаевич принимал активное участие в развитии этой методики. Например, методика «Д» для расчета двумерных нестационарных газодинамических течений в переменных Лагранжа на регулярной четырехугольной сетке первоначально создавалась для расчета квазисферических систем с небольшой асимметрией. Ю. Н. Бабаев поставил перед разработчиками методики и программы «Д» существенно двумерные задачи как по начальной геометрии, так и по возникающим в них газодинамическим течениям. Эти задачи отличались еще наличием большого числа веществ с разными уравнениями состояния и достаточно произвольно расположенными относительно друг друга. Для решения такого класса задач была в значительной степени дополнена методика «Д» и создана программа, которая, по сравнению с предыдущими вариантами программы, отличалась более широким набором граничных условий, уравнений состояния, возможностью каждую счетную точку считать по своему уравнению состояния, иметь в каждой математической области независимую от соседних областей сетку и др. Кроме того, Ю. Н. Бабаевым была предложена приближенная методика учета теплопроводных процессов путем задания в некоторых областях таблиц температур, зависящих от времени и пространственных переменных и граничных условий в виде потоков тепла на контактных границах. В совокупности все эти работы дали возможность впервые на машинах М-20 и БЭСМ-4 сосчитать в некотором приближении «сквозные» расчеты для получения корректных граничных условий на заданных поверхностях.

Еще одной программой, эксплуатировавшийся в секторе 8, была программа типа «И», созданная в ИПМ АН СССР и существенно усовершенствованная математиками ВНИИЭФ. Данная программа предназначалась для проведения двумерных расчетов распространения излучения в неподвижных геометриях и ее становление и развитие также проходило при активном участии Ю. Н. Бабаева. Юрию Николаевичу принадлежит целый ряд теоретических результатов, определивших подход к решению задач переноса излучения. Формулируемые им задачи постоянно стимулировали совершенствование методик и в сильной степени определяли направление их развития. Формально не являясь членом коллектива математиков, Юрий Николаевич фактически был постоянным научным

руководителем по тематике «И», причем часто в результате обсуждения с ним конкретной задачи становились ясными и математические методы ее решения.

В период подземных испытаний в 1960-х гг. по инициативе Ю. Н. Бабаева проводились работы над конструкциями специзделий повышенной сложности. Разработать такие конструкции и обосновать их работоспособность невозможно без проведения сложных двумерных расчетов газодинамики с теплопроводностью. Поэтому в начале 1960-х гг. в секторе 8 ВНИИЭФ по инициативе Ю. А. Трутнева и Ю. Н. Бабаева был создан отдел 90, перед которым в качестве основных были поставлены следующие задачи: разработать методы, создать необходимые программы и организовать массовый счет двумерных задач газовой динамики с теплопроводностью и другими процессами в объемах, необходимых для удовлетворения первоочередных потребностей института в таких расчетах. Начальником отдела был назначен В. Л. Загускин. С этого момента начинается история одной из самых легендарных математических программ отделения 08 – комплекса «Сигма». Данная методика стала первой программой массового счета задач и, спустя 50 лет после ее создания, пройдя многочисленные видоизменения и усовершенствования, она до сих пор остается одной из базовых программ отделения 08 ИТМФ для расчетного обоснования работоспособности ядерных зарядов.

Юрий Николаевич был одним из главных инициаторов развития методов решения двумерных задач газовой динамики в различных физических приближениях, участвовал в обсуждении постановок задач и был постоянным заказчиком расчетов по созданным программам. Поставленные им задачи обычно были на пределе возможностей методик и вычислительной техники и поэтому являлись мощным толчком их развития. При этом он не просто ставил перед математиками новые сложные задачи, но и принимал активное участие в обсуждении путей их решения, постоянно интересовался ходом работ и создавал условия для успешного их завершения.

Ю. Н. Бабаев умел заразить своим энтузиазмом и энергией всех, с кем сталкивался по работе, мог популярно объяснить важность задачи и то, что можно ожидать от ее решения. Поэтому, как правило, все, кто брались за решение предложенных им задач, работали творчески, не считаясь с личным временем. И это давало положительные результаты. Многие идеи, высказанные Юрием

Николаевичем Бабаевым, нашли воплощение в реальных конструкциях, алгоритмах, программах. Ряд поставленных им задач еще ждет решения, давая пищу для творческих поисков.

С именем Юрия Николаевича Бабаева связано много актуальных для института работ, выполненных в математическом отделении ВНИИЭФ. Он одним из первых понял, какие огромные возможности может открыть для работ по тематике института применение численного моделирования физических процессов с использованием ЭВМ. Он постоянно инициировал работы по расширению области их применения, всячески содействовал принятию организационных решений, направленных на сокращение сроков их

внедрения в практику. Поэтому без преувеличения его можно назвать прародителем многих современных математических программ и методик.

ЛИННИК Дмитрий Михайлович –
начальник отдела ИТМФ, кандидат физ.-мат. наук,
кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством»
III степени

ШАГАЛИЕВ Рашит Мирзагалиевич –
первый зам. директора ИТМФ, начальник
научно-исследовательского отделения, доктор
физ.-мат. наук, заслуженный деятель науки РФ,
лауреат Государственной премии СССР и премии
Правительства РФ, кавалер ордена Почета

ХАРАКТЕРИСТИКА

Бабаева Юрия Николаевича,
старшего научного сотрудника сектора № 1, доктора технических наук

Тов. Бабаев Юрий Николаевич с 1951 г. является сотрудником теоретического сектора, активным участником всех самых важных, перспективных и срочных работ объекта. В циклах работ, завершенных в 1953 и 1955 г., существенен методический вклад Бабаева Ю. Н., свидетельствующий о его высоком профессиональном уровне и эрудиции. За работы этого периода Бабаев Ю. Н. награжден орденом Ленина, медалью «За трудовую доблесть», ему присуждена Государственная премия III степени.

За последующие 7–8 лет Бабаев Ю. Н. проявил выдающиеся изобретательские способности. Совместно с Трутневым Ю. А. им был предложен важный и плодотворный принцип конструирования, позволивший решить ряд задач первостепенной важности.

В 1958 и 1961 г. Бабаев Ю. Н. совместно с Трутневым Ю. А. являлся фактически руководителем цикла работ, инициатором ряда начинаний. Заслуги Бабаева Ю. Н. отмечены присуждением ему Ленинской премии в 1959 г. и званием Герой Социалистического Труда в 1962 г.

Тов. Бабаев Ю. Н. является крупным самостоятельным научным работником в области специальной тематики объекта. Свой богатый производственный опыт он охотно передает молодым научным работникам. Участвует в общественной жизни коллектива, является преподавателем вечернего института.

Начальник сектора
30.11.1962 г.

А. Д. Сахаров

В УЧЕНОМ СОВЕТЕ

С 1970 по 1975 г. Ю. Н. Бабаев возглавлял секцию № 1 Ученого совета ВНИИЭФ, а с 1976 по 1987 г. – специализированный Совет по защитах кандидатских диссертаций. В этих советах защищали диссертации теоретики, экспериментаторы, математики ВНИИЭФ. Следует особо отметить доброжелательность Юрия Николаевича к молодым ученым, исключительное внимание к их мнению и мнению членов совета.

За 16 лет на заседаниях совета под председательством Ю. Н. Бабаева молодыми учеными ВНИИЭФ защищено 205 кандидатских диссертаций.

К 60-летию Ю. Н. Бабаева

Ю. А. РОМАНОВ

Юрий Николаевич Бабаев. С этим именем связаны многие решающие успехи нашего института в развитии специальной техники. Его широкая научная эрудиция, смелость в постановке новых проблем, умение на пальцах оценить физический эффект – все это создало Юрию Николаевичу авторитет крупного ученого; его труды, воплощенные в новую технику, явились справедливым основанием для присуждения ему самых высоких наград и званий.

Учитывая, что по всем направлениям его многогранной творческой деятельности много будет сказано на НТС, посвященном его памяти, я остановлюсь лишь на некоторых моментах его научной биографии.

Прибыл в наш институт Юрий Николаевич в 1951 г. и попал в отдел А. Д. Сахарова, в котором работал и я. Тогда у меня был трехлетний стаж работы по спецтематике, плотного взаимодействия с моими учителями И. Е. Таммом и А. Д. Сахаровым, и я считался, не в пример нынешним трехлеткам, опытным теоретиком. Физические идеи А. Д. Сахарова сыпались тогда, как из рога изобилия, а нам, кто помоложе, доставалась трудная, не очень высоконаучная, но необходимая для дела миссия доводить идеи до обоснованного числа. И «трубили» мы вместе. Я был старший, чему-то, может быть, научил, в признательность за это Юрий Николаевич потом всегда величал меня с благодарностью учителем, конечно, на втором месте после А.Д.С. Кстати, одна из наших работ тех лет была вполне самостоятельной – хитрая кинетическая задача по определению коэффициента умножения источника в полости, коэффициент учета полости мы назвали коэффициентом Ромбаба. Эти годы были годами быстрого научного роста Юрия Николаевича, ряда его серьезных научных успехов, и после моего назначения на Урал А.Д.С. справедливо назначил Ю. Н. Бабаева в 1955 г. на вакантную должность. Взлетом необыкновенной силы были его работы в 1956–1958 гг., позволившие понять тонкие вопросы распространения излучения и затем использовать новые физические представления для существенного улучшения показателей оружия, что было блестяще подтверждено в эксперименте. За эти работы Юрий Николаевич вместе с другими сотрудниками института был удостоен Ленинской

премии, ему была присуждена докторская степень. Мне как рецензенту комитета по Ленинским премиям и оппоненту по диссертации доставило немалое удовольствие поддержать прекрасную работу моего друга.

В 1967 г. я вернулся в наш институт, и хотя мы работали в разных подразделениях, наше обсуждение научных вопросов по производственной тематике было всегда откровенным и благожелательным. Мне всегда очень нравилась его новая идея двойного удара. Следует признать, что далеко не все в то время поддерживали Юрия Николаевича в реализации его новой идеи. Сегодня, более 20 лет спустя, видно, как был прав Ю. Н. Бабаев, и приходится лишь удивляться, почему родиной наиболее плодотворной реализации этой идеи стал Урал.

Предметом нашей дружбы с Юрием Николаевичем были не только научные общения, но и многое другое. Не спортивные достижения влекли нас с Ю. Н. Бабаевым на теннисный корт, полнеющая талия (если можно так сказать) не украшала нашу фигуру. Но мы играли с азартом, конечно, мазали достаточно, а польза была и для тела, и для настроения.

Винт, пожалуй, не относится к спортивным увлечениям. Но эта старинная карточная игра действительно весьма увлекательна, требует остроты восприятия, хорошей памяти, одним словом, умная игра. В нее играть научил нас И. Е. Тамм, деливший с нами досуг в начале 1950-х гг. в нашем городе. В нашей компании (играют четверо) был и Л. П. Феокистов, и



Ю. А. Романов, Ю. Н. Бабаев, Б. Н. Козлов



Л. П. Феоктистов, Ю. Н. Бабаев

В. Ю. Гаврилов, и А. А. Бунатян. Любителями винта были А. Н. Тихонов и К. А. Семендяев, с которыми некоторым из нас посчастливилось сразиться. Мы не просиживали ночей, не оставляли партнеров без штанов, но всегда все испытывали удовлетворение от этой

увлекательной игры. Ничего общего с нудным преферансом. Ю. Н. Бабаев играл с завидным азартом, правда, не всегда точно; и как забавны были споры после игры: кто, когда, какую допустил ошибку. Играли на Урале – туда переселилась «винтовая» компания. Она росла, бывал в ней и Юрий Николаевич. А потом распалась – кто уехал, а кто и умер. Давно не играли, а в городе я остался единственным винтером, и, наверное, уже стал забывать правила.

Мы были близки семьями, в праздники, дни рождения бывали вместе, а также в отпуске.

День рождения по паспорту у Юрия Николаевича 20 мая, а по словам его матери – 21 мая, но я бывал у Ю. Н. Бабаева, как правило, 21 мая, кстати, это день рождения нашего любимого учителя А. Д. Сахарова.

И еще последний, самый скорбный момент. В самолете, в котором летел и я, Юрий Николаевич 04.10.86 г. скончался. Перед приземлением с криком мимо пронеслась к летчикам бортпроводница за кислородной маской. Оглянувшись (я сидел на передних сидениях с внучкой), я увидел умирающего друга. Ни кислород, ни массаж, ни врач не помогли. Я дождался милиционера для описи его имущества. Вскрытие показало: если бы был нитроглицерин, он бы остался жив.

Идут годы. В день его шестидесятилетия мы, его товарищи, друзья, ученики, соберемся на НТС, чтобы почтить память замечательного ученого Юрия Николаевича Бабаева. Мы высоко ценим все, что он сделал для Родины, для нашего института.

РОМАНОВ Юрий Александрович – доктор физ.-мат. наук, профессор, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий

75 лет со дня рождения Юрия Николаевича Бабаева, выдающегося ученого РФЯЦ-ВНИИЭФ

Ю. А. ТРУТНЕВ

В эти дни мы отмечаем юбилейную дату – 75 лет со дня рождения выдающегося ученого – физика Юрия Николаевича Бабаева, одного из основоположников создания отечественного термоядерного оружия, человека, отдавшего всю свою жизнь работе по обеспечению обороноспособности нашей страны.

Юрий Николаевич Бабаев родился в Москве 21.05.28 г. Отец его был преподавателем математики в техникуме, мать – преподавателем иностранного языка в институте. Во время Великой Отечественной войны в 1941 г. семья Бабаевых была эвакуирована из Москвы. Только в 1944 г. они вернулись в столицу, где Юра в 1945 г. окончил школу, а в 1950 г. – физический факультет МГУ и как физик-теоретик был направлен на «объект» (ВНИИЭФ).

Приехали мы с Юрием Николаевичем почти одновременно в начале 1951 г. Я попал в отдел к Я. Б. Зельдовичу, он – к И. Е. Тамму.

Ю. Н. Бабаев стал активным участником работ над термоядерным зарядом, так называемой «сложкой» – РДС-6С, разрабатываемым под руководством А. Д. Сахарова, успешно испытанным в 1953 г. В успехе испытания 1953 г. был существенный вклад и Ю. Н. Бабаева, за что он отмечен медалью «За трудовую доблесть» и присуждением Государственной премии III степени.

В 1954 г. возникло новое направление работ над термоядерными зарядами с использованием для сжатия основного термоядерного узла энергии излучения атомного взрыва – так называемая радиационная имплозия. Юрий Николаевич уже стал высококвалифицированным специалистом. Он занимался новым аспектом проблемы – распространением излучения, то есть тем физическим процессом, от которого в высшей степени зависит работоспособность изделия. Потом мы вместе участвовали в испытании этого изделия – РДС-37 – 22 ноября 1955 г. За эту работу

Ю. Н. Бабаев был награжден орденом Ленина. К этому времени мы с Ю. Н. Бабаевым сошлись уже довольно близко и после этого испытания уже на полигоне мы с ним обсудили различные возможности совершенствования конструкции зарядов и выдвинули новую идею, реализация которой позволила значительно уменьшить диаметр и вес термоядерных зарядов. В опыте 1958 г. энергия взрыва нового заряда оказалась на 25 % выше ожидавшейся. Этот успех позволил нам с Ю. Н. Бабаевым в 1958 г. предложить целый ряд зарядов различного веса и габарита, которые легли в основу термоядерного вооружения страны.

Работа была отмечена Ленинской премией в 1959 г., а принцип, на котором были основаны эти изделия, с тех пор используется почти во всех термоядерных зарядах. Разработка и воздушные испытания 1961–1962 гг. термоядерных зарядов проводились под руководством и при непосредственном участии А. Д. Сахарова, Ю. Н. Бабаева и меня. Этими испытаниями был заложен прочный фундамент отечественного термоядерного вооружения, так как большинство испытанных изделий было передано в серийное производство и в армию. Наибольшую известность получил заряд мощностью 100 млн ТЭ (1961 г.), испытанный на мощность 50 млн ТЭ. В нем только 3 % энергии было связано с реакцией деления, а остальная часть выделялась за счет реакции термоядерного синтеза. Ю. Н. Бабаев принимал самое активное участие в разработке этого заряда.

Велика его роль в решении проблемы зажигания термоядерного узла за счет имплозии без использования в инициаторе делящихся материалов. В 1962 г. В. Б. Адамский, В. Г. Заграфов и я разработали на этой основе заряд для получения трансурановых элементов, который был успешно испытан в том же году.

Совместно с Е. С. Фрадкиным и Г. В. Пинаевой им была корректно поставлена задача по квантово-механическому расчету пробегов излучения с учетом дискретно-дискретных переходов.

С 1962 г. он доктор технических наук. Ю. Н. Бабаевым совместно со мной и А. В. Певницким была проведена оценка возможности создания установки, способной удержать термоядерный взрыв специального заряда с целью разработки за счет термоядерных нейтронов делящихся материалов – плутония-239 и урана-233 для использования их в широкомасштабной атомной энергетике.

После отъезда А. Д. Сахарова и Я. Б. Зельдовича Ю. Н. Бабаев и я возглавили работы теоре-

тического подразделения над новыми образцами стратегического термоядерного оружия. За совокупность работ 1958–1962 гг. Ю. Н. Бабаеву в 1962 г. было присвоено звание Героя Социалистического Труда. В 1968 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В период подземных испытаний 1964–1971 гг. по его инициативе проводились работы над конструкциями термоядерных зарядов с рекордными удельными характеристиками. Вокруг него, в его отделе, собралась научная школа. Он дружно работал со своими сотрудниками – С. А. Холиным, А. В. Ивкиным, Г. А. Рогожкиным, А. И. Харченко. Эти работы послужили мощным толчком для развития двумерных математических методик во ВНИИЭФ. Проведенные в 1971 г. эксперименты подтвердили как правильность его идей, так и представительность двумерных расчетов газодинамики с теплопроводностью и указали на сложность физических процессов, происходящих в термоядерных зарядах такой конструкции. Большое научное значение этой работы было отмечено присуждением ему Государственной премии РФ за 2000 г. (посмертно).

Диапазон интересов Ю. Н. Бабаева был очень широк – вплоть до рентгеновских и оптических лазеров с накачкой от ядерного взрыва. Он обладал великолепной, как я думаю, чертой – не боялся грандиозных даже фантастических, на первый взгляд, проектов. Велико было его влияние на положение дел и в отделении, и в институте. К его мнению прислушивались математики и теоретики, конструктора и экспериментаторы.

Юрия Николаевича очень уважали в Институте прикладной математики АН СССР. Он много и продуктивно взаимодействовал с М. В. Келдышем, А. А. Самарским, А. Н. Тихоновым и И. М. Гельфандом.

Юрий Николаевич Бабаев был настоящим ученым, физиком высочайшей пробы и глубоко порядочным человеком. Работал чрезвычайно много. Со здоровьем же, чем дальше, тем становилось хуже – стало сдавать сердце. Умер Юрий Николаевич в 1986 г., не дожив до 60 лет.

Его жизнь, его работы и идеи навсегда останутся в истории создания ядерного оружия, обеспечившего Мир на Земле.

ТРУТНЕВ Юрий Алексеевич –
первый заместитель научного руководителя
РФЯЦ-ВНИИЭФ, академик РАН,
Герой Социалистического Труда,
лауреат Ленинской и Государственной премий

Ю. Н. Бабаев

в период подземных испытаний

С. А. ХОЛИН



Ю. Н. Бабаев

В 1965 г. Ю. Н. Бабаев пригласил меня заниматься с ним новыми сложными задачами, начал формироваться его отдел. Это было время, когда на смену маломощным ЭВМ типа «Стрела» пришли более мощные М-20, БЭСМ-4. Но физические задачи и процессы, которые требовалось исследовать, оказались столь сложными, что мощности этих новых машин уже было недостаточно. На смену одномерным задачам, служившим основным орудием производственного счета и анализа особенностей физических процессов, создавались двумерные программы.

Новые двумерные программы и методики развивались параллельно опытам, проводимым под руководством Ю. Н. Бабаева. В этот период под его научным руководством защищаются кандидатские диссертации: по двумерной теплопроводности – С. В. Баженов, Н. И. Юрина, по двумерной газодинамике – Л. В. Дмитриева; по результатам сложных физических экспериментов – Л. С. Мхитарьян, А. В. Ивкин и я.

В 1968 г. Ю. Н. Бабаев избирается членом-корреспондентом АН СССР по Отделению ядерной физики и становится профессором.

В отделе, которым он руководил, были созданы несколько приборов разного типа, каждый из которых работает на новом принципе. По четырем различным темам, выдвинутым в период подземных испытаний на соискание Государственных премий, 7 сотрудников отдела Ю. Н. Бабаева стали лауреатами Государственных премий СССР и РФ. Ю. Н. Бабаев стал лауреатом Государственной премии РФ посмертно.

В последние годы жизни он занимался одним из вариантов рентгеновского лазера.

Ю. Н. Бабаева отличала большая изобретательность, смелость, оптимизм в проведении исследований.

Он всегда брался за решение только наиболее сложных, недостаточно изученных проблем, возможность решения которых была неочевидна. Индивидуальная особенность Ю. Н. Бабаева заключалась в том, что он не считал обязательным получение благоприятного результата в первом же опыте. Опираясь на свою изобретательность и оптимизм, он верил, что серией модельных экспериментов после внесения соответствующих корректив от опыта к опыту группа высококвалифицированных физиков способна решить любую сложную задачу.

Два качества больше всего он ценил в сотрудниках – трудолюбие и изобретательность, причем выше всего ставил изобретательность. Если хотя бы одно из десяти изобретений даст реальный положительный эффект, считал он, то это окупит расходы на изобретательскую деятельность, поэтому он бережно относился к изобретателям. Какими бы вначале ни казались непреодолимыми временные трудности, оптимист и изобретатель, он всегда был уверен, что их удастся преодолеть в процессе работы. Естественно, он испытывал затруднения, если от него, как руководителя, требовали гарантий, так как творческая работа и гарантии – понятия несовместимые.

Он всегда с энтузиазмом поддерживал новые идеи, выдвигаемые его сотрудниками, и ждал появления этих идей от них, считал это главным в их работе.

ХОЛИН Сергей Александрович –
главный научный сотрудник ИТМФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор физ.-мат. наук,
профессор, лауреат Государственной премии

Секретный щит Бабаева

(рассказ сестры Ю. Н. Бабаева)

В Москве проживает старшая сестра Ю. Н. Бабаева Евгения Николаевна. Она с большим удовольствием откликнулась на нашу просьбу дать интервью и пригласила к себе Главного научного сотрудника РФЯЦ-ВНИИЭФ П. Д. Сухаревского и корреспондента газеты «Страна Росатом» Э. Крылова. Беседа продолжалась более 3-х часов в июне 2017 г. Мы публикуем лишь ее небольшую часть.

– *Евгения Николаевна, расскажите о ваших родителях.*

– Наш отец – уроженец Бежецка. Русский, но по характеру и внешности в нем видна была восточная кровь. Жгучий брюнет, темперамент, отсутствие всякой выдержки. В Бежецке он окончил церковно-приходскую школу и педагогический институт.

Мы с Юркой – дети от второго брака отца. Они с матерью познакомились, когда им было около 35 лет, на курорте. Потом она вызвала его в Москву, чтобы зарегистрировать брак. Заставила поступить в университет, потому что сама имела высшее образование.

Отец окончил физмат какого-то московского института в 1929 г. Преподавал математику в дорожно-механическом техникуме. Работал до войны, а после эвакуации, вернувшись в Москву, до пенсии преподавал в школе рабочей молодежи.

Когда началась война, мне было 14 лет. Юрка младше на полтора года. Я родилась в октябре, а он 20 мая. Хотя сейчас везде пишут, что 21-го, но это неправильно.

Предки матери – баварские немцы, бароны. Обеднев, они покинули Баварию. Она была одной из семерых детей, в семье говорили на немецком. Моя мать была удивительно энергичным и умным человеком. В школе она никогда не делала уроки. Говорила, что ей достаточно было послушать преподавателей, чтобы все запомнить. Видимо, Юрка в нее пошел своим умом, а я в отца.

Одно время мать работала в разведшколе под Москвой, где-то на Казанской железной дороге. Преподавала немецкий разведчикам, которых готовили к отправке в Германию. Язык она знала блестяще.

– *Как вы учились в школе?*

– Мы оба были отличниками. Но я гуманитарий – у меня два высших образования, окончила литературный и английский факультеты. Чтобы получить пять по математике, мне приходилось долго трудиться, в отличие от Юрки. Его математическими талантами так восторгались, что учительница математики ратовала, чтобы ему дали ордер на ботинки. А его слабым местом была литература. Он сдал все выпускные экзамены на пятерки, кроме сочинения. Причем ему хотели поставить пять и дать золотую медаль, но директор решил иначе: дал медаль ученику, отец которого привозил в школу дрова. Поэтому Юрка окончил школу с одной четверкой.

Условия в эвакуации были ужасные. Первый год мы прожили на Урале, в Челябинской области. Летом работали в колхозе, там нас хоть как-то кормили. Приходилось тряпки на картошку менять, патефон с пластинками за 100 яиц отдали.

Потом мать вызвали преподавать немецкий в Ленинабад (в Таджикистане). В Ленинабаде впервые за год ели белый хлеб. Но кроватей там не было, полы глиняные, мы спали на полу. НКВД дал матери пропуск, а отцу – нет. Он тогда проходил переосвидетельствование, поскольку был освобожден от армии, у него после инсульта не работала рука. Ему было под 60. Первый год, пока отец не приехал, нам было очень тяжело.

Когда приехал, ему предложили работу в средней школе в 20 км от Ленинабада, в шахтерском поселке Кансай, где добывали свинец. Юрка потом поехал учиться туда. Он был еще маленький, а старшеклассников заставляли работать в шахте, занятия в школе проходили в третью смену. Отработают в шахте, а потом учиться.

Я окончила школу в Ленинабаде, а Юрка через год в Москве. Он перескочил класс: за год прошел программу восьмого и девятого. Мы вернулись из эвакуации. Я мечтала попасть на английский язык, потому что модно было. Но конец августа, везде все укомплектовано, и справку с места прописки требовали. А нас не прописывали, потому что мы приехали в Москву без приглашения. Юра сразу захотел на физический факультет. Поскольку у него не было аттестата отличника, он сдавал все экзамены – и сдал на пятерки, в том числе и литературу.



В годы учебы

– Он из-за отца решил поступать на физический?

– Нет, отец не давал ему никаких советов. Отец его недолюбливал, и это было взаимно. А мать его боготворила, он ее обожал. Я от этого в детстве страдала. Но привыкла к тому, что Юрка мне подчинялся. Подчинялся моей воле, а тут появилась Люда (будущая жена). Он стал слушаться Люду, а не меня. Мы с ней не ссорились, но отношения были прохладные.

Почему он захотел на физический, я не знаю, видимо, математики ему было мало. Но окончил учебу он блестяще. Потом пришли из НКВД какие-то деятели к декану и потребовали списки самых талантливых, выдающихся студентов. Юрка попал в этот список. Его распределили, даже не спросив.

– Как он отнесся к распределению?

– Очень был огорчен, потому что хотел заниматься наукой. Планировал поступить в аспирантуру. После распределения пришел домой расстроенный. Я спрашиваю: «Куда тебя распределили?». – «Это секрет». Я разложила перед ним карту страны. И его взгляд остановился на Горьковской области. «Сюда? Горьковская область?» – спросила я. Он только кивнул. Чем он там будет заниматься, он, конечно, не знал. Люда, его жена, рассказывала, что, когда он туда приехал, не в ту дверь вошел, и его арестовала охрана. Когда выяснили, кто он такой, отпустили. Но думаю, он тогда окончательно понял, что это непростая работа.

– Со временем он поменял мнение о работе?

– Он не жаловался. Его только стесняло, что он был ограничен в передвижении. Ему, например, не рекомендовали садиться в такси. Он вообще много остерегался. Как-то мы поехали в Тарусу с палатками ночевать. Там была другая

компания, и Юрка очень боялся, что они нападут, потому что рядом палатку устроили, ходил все вокруг да около.

Мой муж удивился этому, пошел поговорить с ребятами. Оказалось, что они просто приехали, так же как и мы, отдохнуть, посмотреть достопримечательности. После этого Юрка немного расслабился.

Когда он приезжал в Москву, приходил к матери, сидел минут 10–20 и уходил. Был не очень внимательным сыном. Мать всегда его очень ждала. А он занят, ему некогда.

Мы не спрашивали, чем он занимается: знали, этого делать нельзя. Понимали, что это засекреченное место, и что он там нужен как физик. Мы знали, что он получал награды, Сталинскую премию, потом Ленинскую, потом Героя Труда, потом членкором стал.

Однажды Юрка рассказал, что изобрел электронный лазер. Потом наши разведчики украли похожую технологию у американцев и положили на стол Юрке, чтобы он разобрался в ней. Оказалось, что это его разработка: американцы ее выкрали, а наша разведка выкрала ее у американцев. Юрка говорил, что сразу узнал ее, даже свои погрешности: «Я вспомнил, что я сделал две ошибки, я их исправил».



С женой на отдыхе

Юрка был за науку, за оборону. Гордился тем, что обеспечил ядерный щит стране. И я им тоже очень горжусь.

Воспоминания о Юрии Николаевиче Бабаеве

В. И. ПОСТНИКОВ

Я поступил на работу на наше предприятие в 1959 г. В это время режимные ограничения, во всяком случае у теоретиков, были сильно ослаблены и можно было интересоваться, кто чем в институте занимается, что для меня, молодого специалиста, было крайне интересным.

В это время широко среди теоретиков обсуждались результаты очень успешного полигонного испытания 1958 г. по предложению Ю. Н. Бабаева и Ю. А. Трутнева.

По классификации А. Д. Сахарова, по программе создания термоядерных зарядов, были реализованы три идеи: «слойка» А. Д. Сахарова, Li^6D В. Л. Гинзбурга и идея коллектива авторов – испытание бинарной схемы, использование для сжатия основного термоядерного узла энергии излучения первичного узла так называемая «радиационная имплозия». Предложения по дальнейшему усовершенствованию (проекта «37») вызывали затруднения.

Были и неудачные испытания.

В опыте 1958 г. (Ю. Н. Бабаева и Ю. А. Трутнева) энергия взрыва оказалась на 25 % выше ожидавшейся, преимущества этой схемы прогнозировались и в других весовых категориях, что в дальнейшем подтвердилось в воздушных испытаниях 1961–1962 гг. Этими испытаниями был заложен прочный фундамент отечественного термоядерного оружия, так как большинство испытанных изделий было передано в серию.

Мне представляется, что предложение Ю. Н. Бабаева и Ю. А. Трутнева было четвертой идеей в конструировании термоядерного оружия и нашло широкое применение практически во всех термоядерных зарядах.

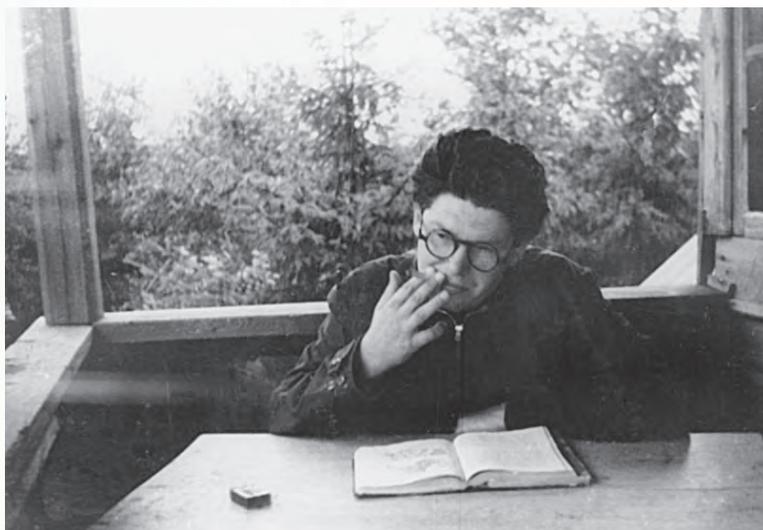
Мне было очень приятно, когда Юрий Николаевич предложил мне заняться конструированием заряда для синтеза трансураниевых элементов, используя многоступенчатое сжатие.

Результаты расчетов, по предложению Ю. Н. Бабаева, я докладывал на совете в присутствии начальника главка Н. И. Павлова. Таким

образом Юрий Николаевич «выводил меня в люди». Были и другие предложения по разработке заряда для синтеза трансураниевых элементов.

Все сразу испытать нельзя, поэтому Ю. Б. Харитон предложил мне участвовать в составе коллектива, который возглавлял В. Б. Адамский. В разрабатываемом для опыта проекте использовалась одна из дополнительных ступеней сжатия, которая была в нашем с Ю. Н. Бабаевым проекте. Заряд был испытан в 1966 г. Показатели оказались ниже ожидавшихся, но на уровне первых американских. К этому времени в США были испытаны еще несколько устройств, в которых было постепенное увеличение интеграла

нейтронной плотности $J = \int_0^{\infty} n dt$; n – нейтронная плотность в зоне расположения стартового вещества, t – время. От величины достигнутого в опыте интеграла сильно зависит наработка далеких элементов. Масса стартового вещества в американских опытах не превышала десятков граммов, поэтому о практической наработке трансураниевых элементов для использования в оружии не могло быть и речи. По-видимому, американские опыты преследовали чисто научные цели. Было видно, что задача достижения большого интеграла – очень трудная задача.



Ю. Н. Бабаев за работой

У меня возникла идея попытаться повысить интеграл не за счет сжатия, а за счет замедления разлета, применив специальный прием. Такие же предложения для замедления разлета независимо были высказаны Ю. А. Трутневым и Л. П. Феоктистовым. Юрий Николаевич поддержал мою идею и предложил написать кандидатскую диссертацию по моей деятельности по конструированию зарядов для наработки трансурановых элементов. По его предложению в диссертацию были включены результаты моей более ранней деятельности.

В 1969 г. под руководством Ю. Н. Бабаева успешно прошла защита моей диссертации. Юрий Николаевич предложил продолжить работы по конструированию зарядов для синтеза трансурановых элементов. В совместных с А. С. Бушевым расчетах удалось значительно улучшить расчетные показатели и по ряду параметров значительно превзойти американский уровень.

Однако, в течение нескольких лет наши предложения по испытаниям не принимались. По-видимому, это было обусловлено тем, что американцы перестали испытывать такие заряды. Я решил обратиться в ЦК партии. Юрий Николаевич одобрил мою инициативу. Было получено разрешение на разработку и испытание этого устройства. Меня поддержал Лев Петрович Феоктистов, на Урале в Снежинске был подготовлен ряд деталей для этого устройства, поэтому опыт считался совместной разработкой двух институтов. Авторы теоретической разработки во ВНИИЭФ: В. И. Постников, А. С. Бушев, Е. Торбенко, А. М. Певницкая, В. А. Щербаков. В 1975 г. опыт был проведен. К сожалению, результат оказался неудачным, не произошло термоядерное воспламенение Т, D смеси. Нового испытания не проводили, хотя были идеи, как увеличить запасы по воспламенению. Юрий Николаевич считал, что необходимо повторение. Такие сложные опыты с одного раза могут не получиться.

В 1975 г. в отделе Г. А. Гончарова открылась вакантная должность начальника лаборатории. Герман Арсеньевич предложил мне принять участие в конкурсе. После избрания меня по конкурсу начальником лаборатории я стал сотрудником отдела Г. А. Гончарова. У нас возникло предложение по использованию новых нетрадиционных активных материалов (отходов атомной энергетики). После успешного расчетного обоснования преимуществ их применения была оформлена заявка на изобретение приме-

нения этих материалов во вторичном узле (авторы: Ю. Н. Бабаев, Г. А. Гончаров и В. И. Постников).

Было получено авторское свидетельство на изобретение использования новых материалов. Большую поддержку в ходе выполнения этой работы мы получили от директора института Л. Д. Рябева.

В 1978 г. был запланирован полигонный опыт для экспериментальной проверки нашей идеи.

Наш заряд был испытан в 1978 г. Испытание показало преимущество нового материала. Однако, по данным физических измерений и результатов перерасчета от значения подземных испытаний к ожидаемым при применении в воздухе, преимущества оказались несколько меньше прогнозируемых. Современные перерасчеты с учетом последующих испытаний подтвердили бы обещанные преимущества.

В 1978 г. руководством отрасли было принято решение не развивать промышленность по переработке отходов атомной энергетики, а заняться их захоронением. Современные расчеты показывают большую эффективность применения новых материалов в специфических условиях.

Кроме того, расчетами в последующие годы было показана эффективность их применения и в первичном узле. По результатам этих исследований было получено авторское свидетельство на изобретение (авторы: Ю. Б. Бабичев, Г. А. Гончаров, Д. В. Григорьев и В. И. Постников). Экспериментальную проверку этой идеи не удалось осуществить.

Юрий Николаевич Бабаев скончался 04.10.1986 г. Прошло уже много лет, однако до сих пор не написаны воспоминания о нем и его деятельности.

После выхода на пенсию у меня возникло большое желание издать воспоминания об этом выдающемся человеке, с именем которого связаны многие решающие успехи нашего института в развитии специальной техники.

ПОСТНИКОВ Владимир Иванович –
кандидат физ.-мат. наук

Электроядерные установки

В. Ф. КОЛЕСОВ

1. Проблемы ядерной энергетики

Начиная с середины XX века, энергия деления ядер стала важным фактором мировой цивилизации. К 1975 г. суммарная мощность атомных электростанций (АЭС) в мире составила 80 ГВт. В те годы предполагали, что к началу XXI века АЭС займут лидирующее положение в производстве электроэнергии. Однако в последующие десятилетия темпы строительства новых электростанций вопреки ожиданиям резко снизились. В аргументации противников ядерной энергетики делался упор на то, что ядерные реакторы не свободны от возможных взрывных аварий и функционирование их сопряжено с накоплением больших количеств радиоактивных отходов, в том числе и с очень большими периодами полураспада. Уже тогда говорилось о повышенном риске распространения делящихся материалов и ядерного оружия. На снижение темпов строительства новых АЭС повлияло также осознание ограниченности ядерного топлива, поскольку в действующих реакторах сжигается преимущественно ^{235}U , содержание которого в природном уране составляет лишь 0,7 %.

Однако после двух десятилетий стагнации намечились пути преодоления указанных проблем и рисков. С разработкой более совершенных реакторов и более трезвой оценкой ресурса ядерного топлива ядерная энергетика постепенно вновь обрела твердую опору. Под давлением факторов парникового эффекта и близкого исчерпания запасов органического топлива период стагнации сменился периодом хотя и умеренного, но довольно устойчивого роста количества АЭС и производимой ими электроэнергии (рис. 1).

Сказанное, однако, не означает, что провозглашенные лозунги об угрозах человечеству со стороны ядерной энергетики оказались несостоятельными или уже преодолены. Эти лозунги не утратили своей актуальности. Остался в силе и тезис

об опасности отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Временные хранилища радиоактивных отходов предназначены для использования в течение десятков или сотен лет. Но отходы содержат и радиоактивные ядра, преимущественно ядра Pu и младших актинидов (МА) Np, Am, Cm, с периодами полураспада в десятки и сотни тысяч лет.

В целях избавления от долгоживущих радионуклидов должны применяться или окончательное их захоронение в глубинных слоях горных пород, или захоронение в таком же хранилище после переработки с помощью трансмутации. Трансмутация – это преобразование долгоживущих радионуклидов через посредство ядерных реакций в стабильные или короткоживущие ядра. При использовании трансмутации проблема долговременного хранения отходов, по существу, снимается. Например, при 99 %-ом извлечении из отходов Np, Am и Cm время достижения ядерными отходами уровня активности исходного урана снижается с 200 000 лет до 400 лет (рис. 2). Трансмутация плутония и младших актинидов осуществляется, главным образом, за счет реакций деления.

Таким образом, в настоящее время трансмутация рассматривается как единственное

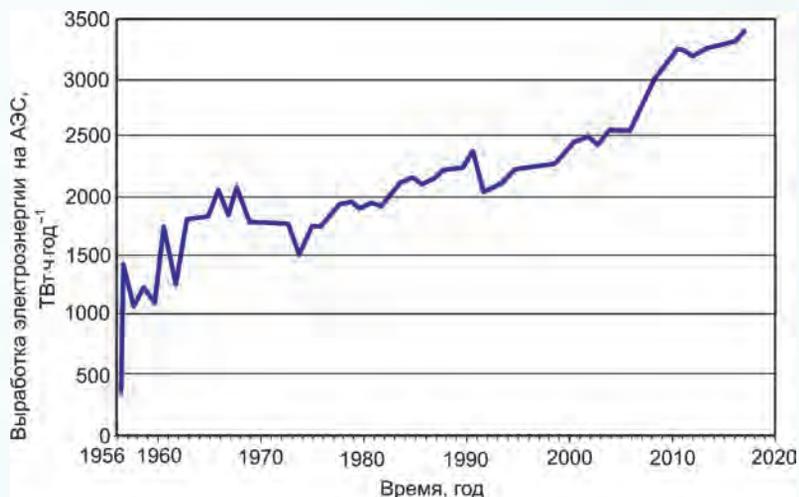


Рис. 1. Мировая выработка электроэнергии на АЭС

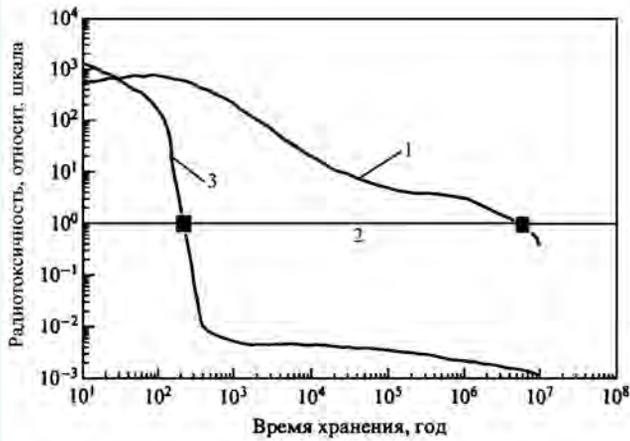


Рис. 2. Зависимость от времени радиотоксичности двух основных компонентов ядерных отходов для ОЯТ реактора с водой под давлением: 1 – актиниды; 2 – исходная урановая руда; 3 – продукты деления

средство избавления от долгоживущей радиоактивности. Функцию трансмутатора могут осуществлять критические быстрые реакторы. Но в качестве трансмутаторов МА критическим реакторам свойственны существенные недостатки, поскольку введение в их активные зоны значительного количества МА резко ухудшает безопасность установок. В свете сказанного, в аспекте трансмутации долгоживущих МА особую значимость приобретают электроядерные установки (ЭЛЯУ), которым посвящена монография

автора (Электроядерные установки и проблемы ядерной энергетики. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2013).

2. Электроядерные установки

ЭЛЯУ представляет собой комплекс ускорителя протонов, подкритического ядерного реактора, называемого бланкетом, и генерирующей нейтроны мишени. Ускоритель в комплексе генерирует пучок протонов энергией ~1 ГэВ, мощностью ~10 МВт. Пучок протонов бомбардирует мишень и генерирует нейтроны в результате ядерных реакций расщепления. Каждый протон производит 20–30 нейтронов. Поток нейтронов из мишени поступает в бланкет и, вызывая деления в уране или в ядрах трансурановых элементов, размножается и генерирует энергию (рис. 3). ЭЛЯУ трактуются как новый класс ядерно-энергетических установок XXI века.

Преимущества ЭЛЯУ в сравнении с обычными критическими реакторами заключаются:

- в полной свободе от взрывных аварий;
- в более оперативном управлении цепной реакцией путем быстрого изменения мощности ускорителя;
- в большей доле избыточных нейтронов.

Если в критических реакторах масса вводимых в активную зону плутония и младших актинидов не должна превышать 3–5 %, то ЭЛЯУ, поскольку они заведомо глубоко подкритичны,

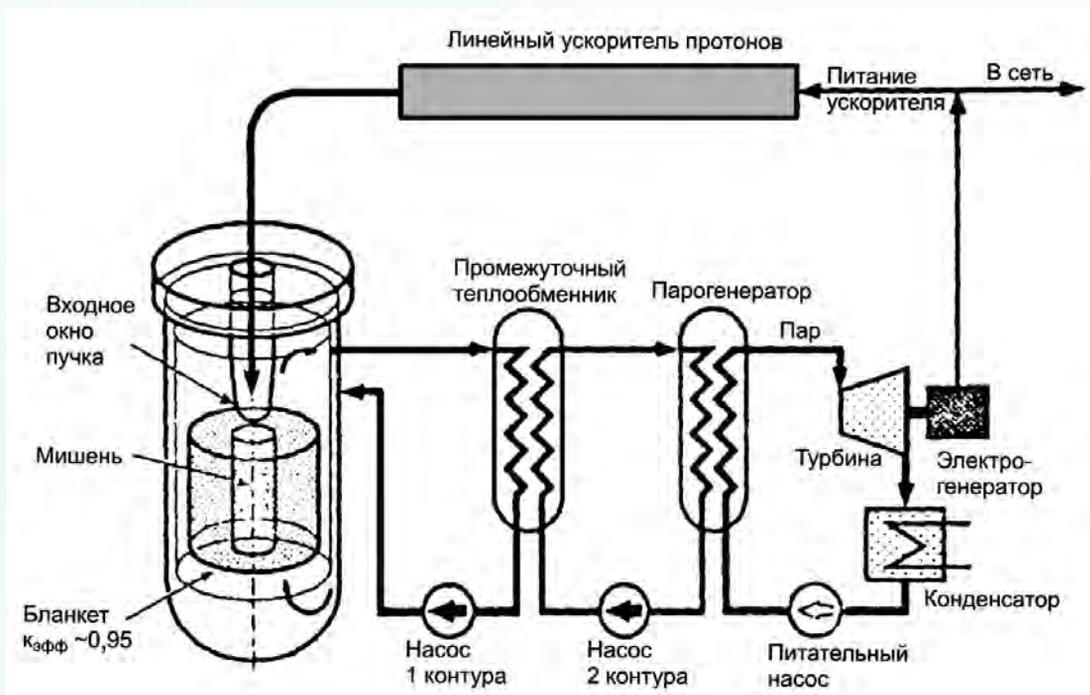


Рис. 3. Схематическое представление электроядерной установки

могут успешно работать целиком на плутонии и младших актинидах и эффективно выжигать их.

Можно указать на три основных назначения ЭЛЯУ:

- 1) трансмутация ядерных отходов с попутным производством энергии;
- 2) производство энергии;
- 3) производство делящихся материалов.

На современном этапе развития ядерной энергетики использование ЭЛЯУ для трансмутации долгоживущих младших актинидов считается приоритетным.

Идея электроядерных установок возникла в конце 1940-х гг. Первым специалистом, основательно разрабатывавшим эту идею, называют канадского ученого У. Люиса. К началу 1990-х гг. во многих странах возникла новая волна интереса к ЭЛЯУ. К этому времени стала более настоятельной проблема ликвидации радиоактивных отходов.

Пионерами возрождения интереса к ЭЛЯУ были К. Фурукава (Япония), Ч. Боуман (США) и К. Руббиа (Европа, ЦЕРН). В течение 1990-х гг. и первого десятилетия текущего столетия работы по ЭЛЯУ велись с большой интенсивностью не только в названных странах и организациях, но и в России, Франции, Италии, Бельгии и ряде других стран. Наиболее масштабные и многообещающие разработки типа программы АТW (ЛАНЛ, США) и проекта «Усилитель энергии» (ЦЕРН, Швейцария), правда, не были реализованы, но более локальные программы и проекты по созданию экспериментальных макетов ЭЛЯУ, их бланкетов и высоконапряженных мишеней, по развитию расчетных методов завершены или ведутся вполне успешно.

В 1990-х гг. исследования по разработке ЭЛЯУ наиболее интенсивно велись в Лос-Аламосской национальной лаборатории США под руководством Чарльза Боумана. Эти исследования базировались на действующем в ЛАНЛ самом мощном в те годы линейном ускорителе протонов и проектом тепловом бланкете на расплаве фторидных солей LiF , BeF_2 или NaF-ZrF_4 . Нейтроны расщепления должны были генерироваться пучком протонов в свинцовой или ториевой мишени, размещенной в центре активной зоны. Коэффициент размножения нейтронов $k_{\text{эф}}$ в бланкете ЭЛЯУ и тепловая мощность ЭЛЯУ принимались равными 0,96 и 750 МВт соответственно.

По замыслу, основное назначение ЭЛЯУ ЛАНЛ заключалось в сжигании оружейного плутония, а также плутония и младших акти-

нидов из отходов ядерной энергетики. Соответствующая этим исследованиям программа получила название АТW (Accelerator transmutation of waste).

К разработке проекта АТW широко привлекались специалисты многих организаций США и других стран. В частности, значительный вклад в разработку проекта внесли исследования, выполненные в России по линии контрактов с Международным научно-техническим центром.

Топливом в предложенной К. Руббиа ЭЛЯУ под названием «Усилитель энергии» (УЭ) является торий. Торий полностью сжигается в УЭ в итоге ряда циклов. Сжигаются и актиниды, генерируемые при его работе. По расходу природного ядерного материала УЭ примерно в 250 раз эффективнее нынешних легководных реакторов. Охлаждение УЭ производится в результате естественной конвекции расплавленного свинца.

Концепция «Усилителя энергии» К. Руббиа и возглавляемой им группы получила широкую известность в мире. Имеется много убежденных ее приверженцев. Концепция УЭ вызвала к жизни ряд больших экспериментальных программ, имеющих целью подтверждение научной и технической осуществимости ЭЛЯУ (программы экспериментов FEAT, MUSE, TRADE и др.).

3. Другие разработки ЭЛЯУ

Министры Франции, Италии и Испании по вопросам ядерных исследований создали техническую рабочую группу, которая обосновала необходимость проектирования и испытания в действии достаточно мощной установки XADS. По замыслу, установка XADS, будучи мощной предшественницей индустриальных ЭЛЯУ, должна была осветить критические аспекты таких систем и, прежде всего, продемонстрировать реалистичность самой идеи их создания. Предполагалось, что в процессе выполнения указанной программы будут разработаны проекты трех установок и развернуты работы по реализации этих проектов.

Из трех реакторов проекта XADS на сегодняшний день наиболее обоснована и конструктивно разработана установка MYRRHA ЭЛЯУ тепловой мощностью 50 МВт, охлаждаемая свинцово-висмутовой эвтектикой. Работы по этой установке проводятся в Бельгийском центре ядерных исследований (SCK CEN, г. Мол). Согласно планам, ввод MYRRHA в эксплуатацию должен состояться в 2020 г.

Большой активностью в области трансмутации и ЭЛЯУ отмечены позиции Франции и, до недавнего времени, Японии – стран с широким внедрением ядерной энергии в экономику. Во Франции эти исследования проводятся в рамках программы SPIN, в Японии – программы OMEGA.

Во Франции в качестве стартового варианта таких работ на базе реактора MASURCA была собрана модель ЭЛЯУ нулевой мощности. Во Франции же разработан концептуальный проект газоохлаждаемой ЭЛЯУ XADS.

В Японии выдвинут проект ЭЛЯУ с бассейновым бланкетом на быстрых нейтронах, загружаемым топливом в виде моонитридов младших актинидов и плутония. Состав топлива по весу составляет 60 % MA + 40 % Pu, начальное содержание MA в активной зоне равно 2,5 т. За год эта ЭЛЯУ способна выжигать через посредство реакции деления 250 кг MA. Это количество MA равно их наработке в течение года десятью АЭС с легководными реакторами электрической мощностью 1 ГВт.

Работы в области ЭЛЯУ и трансмутации долгоживущих MA и ПД проводятся также в Германии, Испании, России и ряде других стран. В Германии такие исследования ведутся, главным образом, в Исследовательском центре Карлсруэ. Совместным предприятием Исследовательского центра Карлсруэ и ряда ядерных центров Европы и Азии явилась разработка мишени MEGAPIE, предназначенной для осуществления реакций расщепления при мощности пучка протонов 1 МВт. Работы в рамках этого проекта велись с мая 1992 г. и к 2012 г. полностью завершены.

Хотя государственной программы разработки электроядерных установок в России нет, тем не менее, в ряде институтов и объединениях институтов России такие работы ведутся. Эскизно-концептуальные проекты различных вариантов электроядерных установок стали появляться в России, начиная уже с 1960-х гг. Выдвигались они энтузиастами, преимущественно в институтах, располагавших протонными ускорителями. Позднее стали разрабатываться уже настоящие проекты, и не только концептуальные, но и материально прописанные.

В НИЦ «Курчатовский институт» был предложен ряд схем ЭЛЯУ с бланкетами на основе расплавленных фторидов. Основное внимание при этом уделено оценке предельно достижимых характеристик расплавно-солевых бланкетов с быстрым спектром нейтронов.

В Физико-энергетическом институте (г. Обнинск) в 2003 г. был создан проект опытно-промышленного прототипа ЭЛЯУ, предназначенного для трансмутации младших актинидов. Прототипом мишени для установки был намечен мишенный комплекс МК-1 мощностью 1 МВт, разработанный в ФЭИ по контракту с ЛАНЛ США.

В Институте теоретической и экспериментальной физики с участием Опытного-конструкторского бюро машиностроения, в Институте ядерных исследований РАН и Объединенном институте ядерных исследований были разработаны проекты ряда лабораторных вариантов ЭЛЯУ.

Как уже говорилось, идея электроядерных установок возникла еще в начале 1950-х гг. Тем не менее, реализованных на практике полномасштабных ЭЛЯУ до сих пор нет. Одно из основных препятствий на пути их реализации слишком высокие требования к мощности ускорителя протонов и мишени.

В 1990-х гг. во ВНИИЭФ было показано, что указанные жесткие требования могут быть существенно ослаблены с помощью использования концепции каскадных реакторов, т. е. двухсекционных реакторов с односторонней нейтронной связью секций. Как оказалось, реакторы каскадного типа дают возможность во много раз снижать мощность ускорителя и соответственно мишени.

Первоначально идея использования каскадных реакторов возникла в связи с поиском конструкций импульсных реакторов с предельно малой длительностью импульсов. В 1979 г. во ВНИИЭФ было показано, что этого, а именно многократного укорочения длительности нейтронных импульсов, можно достигать в реакторах каскадного типа. Одновременно был предложен способ осуществления односторонней нейтронной связи секций путем использования в одной из секций нептуния – порогового делящегося вещества, на который автором и А. А. Малинкиным было получено авторское свидетельство «Двухкаскадный умножитель нейтронов» № 786619 СССР.

В последующие годы в России и за рубежом появился целый ряд проектов каскадных импульсных реакторов и ЭЛЯУ, но мощных установок этого типа пока нет.

4. Эксперименты на лабораторных образцах ЭЛЯУ

За последние два десятилетия выполнены масштабные эксперименты на лабораторных об-

разцах ЭЛЯУ. Эти работы проводились институтами разных стран или кооперациями институтов при участии больших контингентов научных и инженерных специалистов, с привлечением значительных материальных и финансовых средств. В результате была получена ценная экспериментальная информация, подтверждающая теоретические заключения относительно принципов действия и управления ЭЛЯУ и эффективности этих установок в качестве трансмутаторов плутония и МА. В этой связи широко известны эксперимент FEAT по определению выхода энергии в мишенях (ЦЕРН, Швейцария), программа экспериментов MUSE (Исследовательский центр Кадараш, Франция), программа экспериментов TRADE (ENEA, Италия), эксперименты на лабораторных устройствах «Энергия плюс трансмутация» и «ГАММА-2» (ОИЯИ, г. Дубна, Россия), эксперименты на установке ЯЛИНА (Объединенный институт ядерно-энергетических исследований, г. Минск, Белоруссия).

Существенно отметить, что до 2003 г. за единичными исключениями работы по каскадным системам были расчетно-теоретическими или проектными. Впервые систематическое экспериментальное исследование свойств каскадных реакторов, использующих пороговое делящееся вещество, проведено во ВНИИЭФ в 2003–2004 гг. Были выполнены три серии экспериментов на подкритических уран-нептуниевых каскадных и соответствующих им односекционных реакторных моделях (Завьялов Н. В., Колесов В. Ф., Иванин И. А., Илькаев Р. И. и др. Эксперименты на моделях реакторов каскадного типа. – Атомная энергия, 2006, т. 100, вып. 2). Эти эксперименты подтвердили теоретические заключения о положительных свойствах каскадных бланкетов и эффективности нептуния в качестве средства достижения односторонней связи секций.

5. Отработка протонных ускорителей и мишеней

Уже на начальном этапе разработки ускорителей было выяснено, что эти установки могут найти применение в масштабном производстве нейтронов. Для этой цели предполагалось использовать каскад ядерных реакций расщепления (скальвания), инициированный в мишени заряженными частицами, например, протонами. Первоначальный интерес к электроядерному методу производства нейтронов был связан с проблемой наработки ^{239}Pu и ^{233}U из ^{238}U и ^{232}Th . В настоящее время круг возможных приложе-

ний реакции расщепления значительно расширен и включает в себя создание мощных исследовательских источников нейтронов, ЭЛЯУ и трансмутацию младших актинидов.

Применительно к ЭЛЯУ и трансмутации МА наибольший интерес представляют протоны в диапазоне энергий 0,8–1,5 ГэВ. Выход нейтронов при указанных энергиях в зависимости от материала мишени достигает уровня $(2-5) \cdot 10^{11}$ Дж⁻¹. Реализация полномасштабной ЭЛЯУ, предназначенной для трансмутации МА, требует пучки протонов с током порядка или выше 10 мА.

Процесс рождения нейтронов в мишенях изучается в течение уже более полувека. Было выполнено очень большое число экспериментов на пучках протонов с энергией вплоть до 70 ГэВ. Наиболее систематически такие исследования проводились в ОИЯИ и ИТЭФ (Россия), LANL и BNL (США), Сакле и GANIL (Франция), CERN и PSI (Швейцария), КЕК (Япония) и Юлихе (Германия). Аналогичные работы интенсивно ведутся и в настоящее время. Как и ранее, основной акцент при этом падает на результаты измерения выходов нейтронов, их пространственно-энергетических и угловых распределений, зависимости этих характеристик от энергии и типа бомбардирующих частиц, а также от типа и размеров мишени.

Очень важным этапом на пути решения указанных вопросов явилась разработка и практическая реализация мощной мишени MEGAPIE.

В завершение статьи отмечу, что в разработку темы электроядерных установок внесли вклад многие ученые России. Хорошо известны в этой области работы В. С. Барашенкова, Г. В. Киселева, А. С. Герасимова, В. Г. Василькова, В. Н. Швецова, А. М. Козодаева, Н. В. Лазарева, Н. В. Завьялова, И. А. Иванина, В. Х. Хоружего, С. В. Керновского, В. М. Новикова, Е. А. Земскова, Л. И. Пономарева и других ученых.

КОЛЕСОВ Владимир Федорович –
главный научный сотрудник ИЯРФ РФЯЦ-
ВНИИЭФ, доктор физ.-мат. наук

Парадокс: так чем же «управлять»?

Н. П. ВОЛОШИН, В. А. ПАРАФОНОВА

Статья посвящается памяти Г. А. Иванова

Российские оружейники в прошлом веке уже уберегли мир от третьей мировой войны, создав стратегическое ядерное и термоядерное оружие. Что же они предлагают XXI столетию? Ни много, ни мало – они призывают взрывать мини-бомбы. Термоядерные. В мирных целях. Тем самым, убеждены ученые из Снежинска (бывший Челябинск-70), «можно спасти мир от энергетического голода и экологической катастрофы, а страну – от нищеты». Надо полагать, они знают, что делают. Ведь научно-технический потенциал института изначально был направлен не только на создание оружия.

Для промышленного применения, например, в Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики имени академика Е. И. Забабахина (РФЯЦ-ВНИИТФ) были разработаны полтора десятка типов ядерных зарядов, девять из которых многократно использовались для сейсмондирования и тушения газовых пожаров, захоронения ядовитых отходов и предотвращения взрывов метана в угольных шахтах и для других проектов. «Вскрышные» работы и «рыхление» полезных ископаемых потребовали зарядов еще большей «чистоты» по образуемым радиоактивным «осколкам», и они были созданы.

Энергетика может быть только взрывной

Начиналось же все в далекие 1940-е гг. В истощенной кровопролитной войной стране всего за пятилетку российским ученым удалось создать пусть далекий, но прототип энергозаряда – ключевого элемента КВС-энергетики. Ныне эти прототипы доведены до такого уровня совершенства, повышая который, принципиально новый результат получить вряд ли удастся. Именно тогда был сделан прорыв в качественно новую область. А сегодня снежинцы готовы спроектировать и построить энергоустановку взрывной дейтериевой энергетики (ВДЭ) – «котел взрывного сгорания» (КВС).

Вообще тут они не были пионерами. Первые публикации «о применении ядерных взрывов в мирных целях, в том числе и для энергетики», появились практически одновременно с

первыми испытаниями ядерных зарядов. Публикации российских ученых на тот момент и вовсе неизвестны, за исключением того, что в 2002 г. был рассекречен отчет 1963 г. сотрудников ВНИИЭФ (бывший Арзамас-16), подготовленный Ю. А. Трутневым, Ю. Н. Бабаевым и А. В. Певницким. В нем-то они и предложили стационарную установку «для получения активных веществ и электроэнергии с помощью подземных ядерных взрывов».

Да еще в 1977 г. академиком А. Д. Сахаровым была опубликована статья «Ядерная энергетика и свобода Запада», в которой он, отмечая, что идея принадлежит не ему, рассказывает о предложении использования термоядерных взрывов «максимально малой мощности... в большой подземной камере» для наработки плутония, который «затем сжигался бы в ядерных реакторах». Но она появилась на год позже статьи кандидата геолого-минералогических наук Д. Хамраева «Ядерно-взрывная электростанция» в журнале «Техника – молодежи». Возможно, это и была первая публикация советского ученого в открытой печати, посвященная этой проблеме.

В ситуации, когда людей на планете становится все больше, дров, нефти и газа все меньше, уголь экологически вреден и энергетически невыгоден, а альтернативные источники энергии могут обеспечить не более 10 % нынешнего энергопотребления, к тому же требуют серьезных затрат на их концентрацию, поскольку отличаются малой плотностью энергии, в то время, когда надежды на энергию делящегося урана не оправдались, да и запасы его для атомных электростанций оказались на планете слишком малы, по убеждению сторонников взрывной дейтериевой энергетики, одна надежда осталась у человечества на неисчерпаемые запасы дейтерия.

Напомним, что дейтерий – это изотоп водорода с одним «лишним» нейтроном в ядре – экологически чистое, дешевое и доступное в неограниченных количествах топливо, поскольку выделяется из обычной воды. В одной тонне воды его столько, что им можно заменить 250 тонн нефти. Соответственно и внимание к нему повышенное. Пока, правда, лишь в научной среде.

Дейтерий может быть использован в реакциях синтеза с выделением огромной энергии. Все эти реакции и их возможности давно и хорошо известны, и весь мир стремится использовать их в энергетике. Однако надежды на УТС – управляемый термоядерный синтез – так пока и не оправдались, хотя бьются энтузиасты над этой проблемой уже полвека.

Ныне управляемый термоядерный синтез развивается двумя путями. Строятся тороидальные камеры с магнитным удержанием нагретой дейтерий-тритиевой плазмы – токамаки и установки, в которых проводятся регулярные взрывы микроколичеств ДТ-смеси в разных мишенях, сжимаемых различным излучением, например, ионными пучками, либо лазерным светом. Цель благородна – «добиться медленного по сравнению с ядерным взрывом, но быстрого по сравнению с процессами на Солнце сжигания ядерного горючего».

Достичь этого хотят либо с помощью «квазистоянного» (десятки миллисекунд) горения сравнительно больших (десятки граммов) масс, либо за счет периодических коротких (доли наносекунд) микровзрывов (миллиграммовых количеств) горючего. Для успешного проведения реакций синтеза нужны очень высокие температуры и плотности, как в недрах Солнца. В условиях Земли соответственно необходимы еще большие температуры и плотности, которые пока были получены лишь при ядерном взрыве. Потому ученые из Снежинска и считают, что «дейтериевая энергетика может быть только взрывной».

И это не случайно. В свое время Российским федеральным ядерным центром – ВНИИТФ проводились «опыты по изучению зажигания миллиграммовых масс термоядерного горючего». Но, несмотря на громадные запасы энергии для инициирования, зажечь их так и не удалось. Потому и был сделан вывод, что «на сегодня управляемы только сравнительно мощные дейтериевые взрывы килотонного масштаба». «Намерение объявить управляемыми вспышки, эквивалентные по энерговыделению граммам или тоннам тротила, противоречит полувековому опыту бесплодных попыток продемонстрировать такие взрывы даже на смеси дейтерия с тритием, где требуются много меньшие температуры и плотности. Реализация маломощных взрывов требует достижения таких высоких параметров, которые, если и могут быть получены, то слишком поздно для человечества и по весьма высокой цене», – убеждены снежинцы.

Век урана не длиннее века нефти

Проблема КВС находится по сравнению с УТС «в невыгодной ситуации: в ней сразу обозначены параметры энергетической установки». Однако, наличие прототипа энергозаряда, по мнению авторов, дает «решающее преимущество ВДЭ перед другими концепциями глобального энергообеспечения», ведь «технические и технологические проблемы, которые просматриваются при обсуждении ВДЭ, человечество либо решило, либо способно решить». Что и стремились показать снежинские ученые в своей книге «Взрывная дейтериевая энергетика». (Авторы: Г. А. Иванов, Н. П. Волошин, А. С. Ганеев, Ф. П. Крупин, С. Ю. Кузьминых, Б. В. Литвинов, А. И. Свалухин, Л. И. Шибаршов).

К слову сказать, взрывные технологии для человечества не в диковинку. Передвигаемся же мы в автомобилях, в чреве которых ежесекундно происходят десятки взрывов, создающих давление много большее, чем в КВС. Ведь цилиндр двигателя внутреннего сгорания можно условно считать «импульсным котлом, время энерговыделения и преобразования энергии в котором составляет десятки миллисекунд». Мощные ядерные взрывы для мирных целей тоже не новость. Разработке концепции взрывной дейтериевой энергетики предшествовало создание, как уже сказано, специалистами РФЯЦ-ВНИИТФ под руководством академиков Е. И. Забабахина, Е. Н. Аврорина и Б. В. Литвинова «чистых» дейтериевых зарядов.

Кстати, большинство соавторов концепции ВДЭ участвовали в этих работах и помнят «детали, в которых кроется дьявол». А аббревиатуру «КВС-энергетика» придумал человек, который был «главным двигателем в работе под названием «ВДЭ», главным исполнителем, руководителем, организатором – доктор физико-математических наук Геннадий Алексеевич Иванов. К сожалению, он рано ушел из жизни, оставив своим коллегам и последователям многочисленные наработки в развитии, будем надеяться, перспективного направления. Мы с ним не раз встречались, часто спорили. А его увлеченность идеей так и «подмывала» порой хоть на чем-то его «подловить», уж очень все радужно, логично и стройно в его рассуждениях получалось.

Управляемый термоядерный синтез он и во все считал заблуждением. Объясняя это так: «В бомбах выполнения условия термоядерного горения достигли за пятилетку. Это породило, по-моему, иллюзию, что миллиграмм дейтерия можно зажечь так же, как килограмм. "Фото-

графируя" горящий термояд, мы поняли, что это не так. На одной из конференций в 2001 г. мы рассказали о своих безуспешных попытках зажечь малые количества смеси дейтерия и трития (эту смесь зажечь намного легче, чем чистый дейтерий – авт.), используя энергию ядерного взрыва. Может быть, когда-то кто-нибудь и научится это делать, но все равно экономичность "микроКВС", скорее всего, фантастика. Так что практический прогресс в этой области пока отсутствует, во всяком случае, он слишком медленный, чтобы успеть заменить заканчивающиеся нефть и газ.

В 1983 г. Геннадий Алексеевич Иванов получил Государственную премию за «диагностику термоядерного горения». Об идеях ядерной взрывной энергетики он узнал еще в начале 1960-х гг. из зарубежных публикаций, хотя в СССР они высказывались с конца 1940-х гг. Узнав же, не очень-то воспринял на фоне «грядущих успехов» в управляемом термоядерном синтезе (УТС), бридерной энергетике, имеющихся «неисчерпаемых запасов нефти». Заблуждения исчезали в указанном порядке к началу 1970-х, 1980-х, 1990-х гг. Наконец, его первую публикацию, сотканную из сомнений, одобрили, и в 1994 г. она увидела свет (Наука Урала, 1994, № 3).

Ни для кого давно не секрет, что спешить с решением энергетической проблемы нужно. По оценкам различных ученых в зависимости от тех или иных прогнозируемых показателей и оптимизма, продолжительность нефтяной эры в истории человечества от сегодняшнего дня составит 25–100 лет, газа в недрах планеты содержится меньше, чем нефти (по энергии) и расходуют его пока не так интенсивно. Однако, скорее всего, по мнению Г. А. Иванова, как топливо они исчезнут одновременно. Выходит, из традиционных энергоносителей только уголь сможет в ближайшее время заменить нефть и газ. Тогда в предстоящие 25 лет сжигать его станут в 10, а за полвека – в 20 раз больше, чем теперь. Даже при этом условии угля может хватить и на сотни лет. Но он дорог в добыче и транспортировке и опасен загрязнением окружающей среды.

Энергия урана-238 имеет приблизительно такие же, как уголь, потенциальные ресурсы, но чтобы сжечь уран-238, его предварительно необходимо преобразовать в плутоний. Традиционные АЭС открытого топливного цикла могут использовать лишь его изотоп – уран-235, которого в достоверных рудах природного урана со-

держится всего 0,7 %. По всем показателям выходит, что при нынешней мощности всех АЭС в мире век урана-235 не длиннее века нефти. Спассти положение могли бы реакторы-размножители, называемые также бридерными реакторами. В них роль урана-235 выполняет плутоний-239, получаемый из урана-238. В классическом бридерном варианте плутоний выделяют из отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и вновь закладывают в активную зону. Получается так называемый замкнутый цикл, когда энергетика сама себя обеспечивает топливом. Однако реакторов-бридеров с фактически замкнутым циклом воспроизводства топлива сейчас еще нет, хотя и есть прототипы, в частности, российский реактор БН-600, работающий четверть века на Белоярской АЭС.

Так что, последняя надежда человечества на бридерную энергетiku в трактовке Г. А. Иванова и вовсе не выдерживает никакой критики. Он был убежден, что «в XXI веке классический бридерный вариант неосуществим даже в пределах нынешних энерго мощностей». Да и анализ специалистов привел в свое время к совсем неожиданному выводу: «глобальная энергетика на делении урана невозможна» в силу «недостаточного количества в недрах урана и невозможности быстрой наработки стартового плутония». Для КВС же, всегда подчеркивал Г. А. Иванов, «проблемы топлива не существует, в нем на единицу мощности используется в сотни раз меньше делящихся материалов». Ведь наряду с уран-плутониевым циклом в КВС может быть использован торий-урановый цикл, применить который в классической бридерной схеме затруднительно.

Запалов хватит на тысячелетие

Ученые-ядерщики из города Снежинска Челябинской области еще в конце 1996 г. объявили о реальности создания термоядерной энергетики, разработав к тому времени предварительный проект первой промышленной теплоэлектростанции, которая за счет проведения «регулярных взрывов небольших термоядерных дейтериевых энергозарядов в специальном котле взрывного сгорания», сможет обеспечить дешевой энергией всех желающих.

Так, чем же привлекательна идея КВС? Эта железобетонная бочка диаметром около 150 и высотой 200 метров с толщиной стенки 35 метров, внутри облицованная 20-сантиметровой сталью, а сверху засыпана грунтом более сотни метров? В этом сооружении, именуемом энерго-

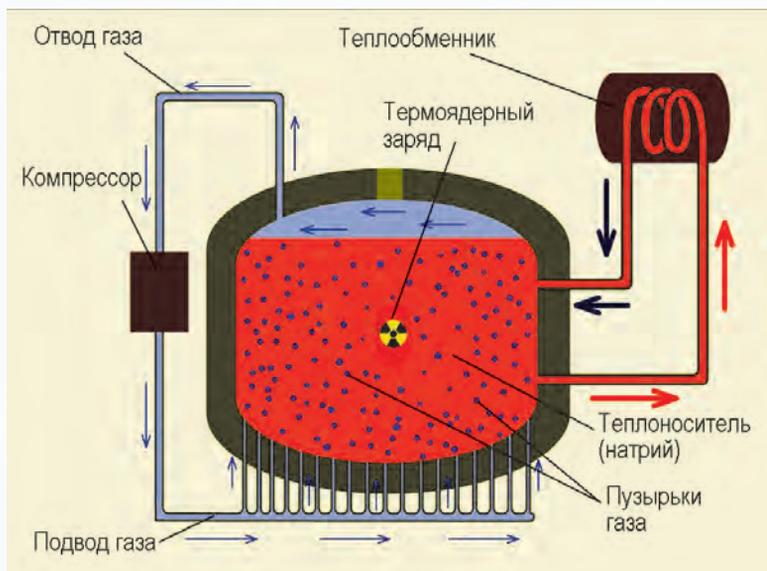


Схема «котла взрывного сгорания» (КВС)

установкой взрывной дейтериевой энергетики, внутри защитного слоя жидкого натрия с помощью дейтериевых взрывов мощностью до 10 килотонн тротилового эквивалента можно каждые полчаса получать 37 гигаваат тепловой энергии, что равноценно 25 миллионам тонн нефтяного эквивалента в год. Конечно, для создания КВС необходимы обычные материалы: сталь, бетон, натрий. Однако при всей огромности подобных сооружений «размеры КВС меньше размеров плотин многих ГЭС, угледобывающих карьеров и шахт».

Как говорят сами специалисты, у КВС нет действующих прототипов, но довольно много аналогов. По механизму работы к ним можно отнести как подземные ядерные взрывы, так и ядерные реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, из которого изъяли активную зону, а по возникающим во взрывной камере давлениям – к двигателям внутреннего сгорания. Причем, время энерговыделения в КВС значительно меньше, чем в ДВС, а время аккумуляирования энергии больше, чем в паровом котлоагрегате.

«В осуществлении идеи КВС нет принципиальных проблем, – рассказал мне в свое время руководитель проекта Г. А. Иванов. – Большая часть того, что нужно для создания экспериментального КВС уже сделана. Производить термоядерные взрывы дейтерия мощностью в десятки тонн и даже одну килотонну научились давно. Проблема создания сверхвысоких температур и давлений, необходимых для "управляемых" взрывов мощностью в тонны тротилового экви-

валента, при этом снимается, поскольку горение дейтерия инициируется небольшим взрывом заряда, состоящего из урана-233. В природе он не встречается, его получают из достаточно распространенного тория. Причем тория и урана для взрывной энергетики требуется в тысячи раз меньше, чем для работы АЭС той же мощности. Соответственно в сотни раз уменьшается количество радиоактивных отходов, а химические загрязнения практически отсутствуют».

Схемы энергозаряда для КВС появились в популярных брошюрах еще в начале 1950-х гг., но численные значения масс, плотностей и температур, достигаемых в ядерных зарядах, публикуются недавно. В частности, Вальтер Зейфритц, немецкий физик,

«достаточно подробно обсуждает возможные конструкции энергозарядов, хотя, как утверждает, разработкой ядерных взрывных устройств не занимался». Энергозаряд, в представлении ученых из Снежинска, состоит из малого количества делящегося материала – плутония-239 или урана-233, который служит запалом, и дейтерия, который дает основную долю энергии. Он взрывается в прочной полости, названной авторами котлом взрывного сгорания.

Плутоний и уран-233 в земных недрах не встречаются. Нарбатывают их из урана-238 и природного тория-232 соответственно. И если запасы тория в земной коре велики – они намного превышают количество урана, то запасы дейтерия просто огромны, а стоимость его низка. В 1960-х гг. цена дейтерия на мировом рынке была 140 долларов за килограмм, то есть чуть больше доллара за килотонну тротилового эквивалента, цена единственного изотопа тория на мировом рынке в эти же годы была такой, как и урана, около 40 долларов за килограмм, что составляет примерно 2 доллара за тысячу тонн нефтяного эквивалента. Урана же, добытого из недр, должно хватить для запалов на тысячелетие. А наработанный делящийся материал может использоваться не только для инициирования следующих энергозарядов, но также и как топливо для реакторов вторичной ядерной энергетики (ВЯЭ). Таким образом получается, что «взрывная дейтериевая энергетика сможет давать дешевую электроэнергию и тепло, а также позволит ликвидировать топливный тупик традиционных АЭС».

Натриевый «дождик» и его «активность»

Следует, однако, упомянуть и некоторые серьезные трудности, вставшие перед учеными при решении проблемы КВС. Например, вопрос о том, как будет вводиться во взрывную камеру энергозаряд, имеет на сегодня не одно решение. Даже если придумать некую надежную систему шлюзования, все равно есть многие общие проблемы, которые неизбежно возникнут при всех способах. Для КВС потребуется участок изготовления энергозарядов – это некое сборочное помещение, находящееся, например, над взрывной камерой, где детали энергозаряда будут собираться при нормальной комнатной температуре в воздушной атмосфере. Затем они каким-то способом должны быть введены в среду, имеющую температуру сотни градусов, насыщенную изотопами инертных газов и трития. При помощи электрических сигналов заряд должен быть приведен в состояние готовности и в тот момент, когда из натрия сформирована защитная стенка, подорван. И так каждые полчаса.

А как же безопасность? На симпозиуме «Электротехника-2010» Г. А. Иванов рассказал: «...Энергозаряд для КВС будет собираться манипуляторами непосредственно во взрывной камере из двух частей, каждая из которых по отдельности к ядерному взрыву не способна. И если в реактор закладывается запас топлива на годы, то в КВС – на полчаса. Неконтролируемую энергию в нем просто взять негде. Максимум, что может произойти "нехорошего" – это взрыв в отсутствие натриевой защитной стенки в камере. По расчетам в таком случае стальная внутренняя оболочка будет сильно повреждена, что сделает котел непригодным к дальнейшей эксплуатации, но утечки радиоактивных материалов наружу не произойдет. Лишь бы энергия взрыва не превысила номинальную в 8 раз – такой запас прочности имеет железобетонный корпус КВС со стенкой толщиной 35 м. Конечно, энергия взрыва колеблется на 8 % не так уж редко, но чтобы в 8 раз! Даже на 50 % повысить энергию взрыва "незаметно" нам не удавалось. Для того, чтобы снизить ее – много способов».

В сознании большинства людей слова «ядерный взрыв» ассоциируются со световым излучением, взрывной волной и радиацией. Но в КВС эти поражающие факторы действуют только на защитную стенку внутри взрывной камеры, создавая механическую нагрузку на корпус. К тому же в момент взрыва корпус котла защищается толстым слоем жидкого натрия от высокой температуры, импульсного давления и проникаю-

щей радиации. Одновременно натрий служит теплоносителем. А полученная при этом тепловая энергия передается далее, как обычно, паровым турбинам для выработки электроэнергии.

Согласимся с авторами проекта, что при работе КВС железобетонный корпус защищен от воздействия радиации натриевой стенкой. Но всякий раз, распадаясь до атомарного состояния, в массу жидкого натрия непременно будут попадать продукты взрыва энергозаряда, содержащие радиоактивные осколки деления. Ведь практически при каждом взрыве сгорать будет лишь «2 % заложенного в инициатор урана-233», а 98 % испарится и попадет в теплоноситель. К тому же в аргоновой атмосфере КВС обязательно будут присутствовать инертные радиоактивные газы: аргон, криптон, ксенон и радиоактивный изотоп водорода – тритий, образующийся при горении дейтерия. Кроме того, в стационарно работающем КВС будет находиться до 25 кг радиоактивного изотопа натрия – натрий-24. Все эти «осколки» создадут основную гамма-активность теплоносителя.

Поэтому «практически любой трубопровод первого контура теплообмена станет довольно мощным источником гамма-излучения». Вообще предполагается, что в одном цикле КВС-энергетики будет «прокачано» сотни тысяч тонн натрия. Как уже сказано, за несколько секунд до взрыва жидкий натрий выпускается из накопительных баков и образует падающую защитную стенку в атмосфере аргона, причем после взрыва во взрывной камере будет организован натриевый «дождик» с общей массой примерно десятки тысяч тонн. А, учитывая то, что в теплоноситель первого контура после каждого взрыва придется добавлять не менее 200 кг свежего натрия в сутки, то можно себе представить, с какими трудностями придется столкнуться при очистке такого количества (!) «загрязненного» натриевого вещества, чтобы замкнуть цикл. Это серьезная проблема, которая пока простого решения не имеет.

Стоит ли «тупить сабли перед боем»?

А как быть с режимом нераспространения ядерных материалов, да и терроризм, однако, набирает силу? Как рассказал Г. А. Иванов: «Делящийся материал, используемый в КВС, не может быть накоплен террористом как одиночкой, так и государством. Используя его сразу после выделения, персонал работает без опасений. Но уже через месяц террорист, собирающий из него бомбу, обречен на гибель. Красть готовый энергозаряд тоже бесполезно: через час после сборки

и "заправки" он теряет способность взрываться. Объясняется это просто. Уран-233 в энергозареде подвергается облучению быстрыми нейтронами, образуя ядро урана-232. Последний имеет период полураспада 70 лет, поэтому активность его высока. Впрочем, от излучения урана легко защититься. Но в продуктах цепочки превращений урана-232 имеется таллий-208, обладающий "жестким" (2,7 МэВ) гамма-излучением. И если "топливо" энергозаряда в первые часы не представляет опасности, поскольку в нем еще нет таллия, то уже через неделю с ним лучше обращаться только с помощью роботов. Повторяю, активная зона реактора с ураном, выработанным для КВС, будет крайне опасна для человека уже через месяц после изготовления. Ведь постепенно скорость наработки таллия растет и через смену материал "демаскирует" себя, через сутки создает проблемы с соблюдением "норм радиационной безопасности", через неделю становится опасен, а через месяц – смертельно опасен для сборщика заряда и даже "подносчика" боеприпаса». Так что «не позавидуешь террористу!» – сказал А. Д. Сахаров еще в 1977 г. по поводу установки, схожей с КВС.

«Нас пытаются убедить, – продолжил Геннадий Алексеевич, – в том, что прямое использование в "котлах внутреннего сгорания" оружейных технологий приведет к тому, что третьи страны получат ядерное и термоядерное оружие в "чистом виде", потому как "режим нераспространения" в технологиях КВС – "понятие более чем условное". И если не убрать военные технологии из мирного применения, то никакие спецслужбы не уберегут столь опасную информацию от "утечки"... Но ведь другого попросту пока не дано. Медленный термояд не горит и даже не тлеет. Если этого достичь не смогли за полвека, значит, задача оказалась гораздо сложнее и вероятность ее решения мала. А вдруг все-таки решат? Тогда появятся специалисты "умнее нынешних", бомбы они соорудят "не хуже нынешних" из любого реакторного топлива, да еще и научат этому ремеслу миллионы "кочегаров" из "котельных", использующих "управляемый" термоядерный синтез. Неужели у поборников "нераспространения" не возникает мысль, что это будет самой массовой утечкой ядерных технологий?»

Около тридцати лет назад академик А. Д. Сахаров – один из создателей концепции «управляемого» термояда за счет магнитного удержания плазмы, – нашел в себе смелость признать ошибочность этого направления. Такую позицию он обосновывал медленным прогрессом в

управляемом термоядерном синтезе и бридерах. Так что мечта реализовать нечто среднее между «солнечным горением» и полномасштабным взрывом и при этом добиться необходимой плотности выделения энергии в управляемом термоядерном синтезе была отодвинута.

Получается, что избежать энергетической катастрофы можно только переходом на КВС? В этом был убежден не только А. Г. Иванов. Немецкий физик В. Зейфритц, не разрабатывавший ядерных зарядов и не знакомый с действием ядерного взрыва на взрывные камеры, тем не менее, пришел к выводам, аналогичным выводам А. Д. Сахарова и ныне живущих сторонников идеи: «Пора перестать бояться мирного ядерного взрыва, он может спасти человечество, работая в энергетике». «Призраком» назвал ядерную опасность другой немецкий автор, Хефлинг, в книге «Тревоги в 2000 году», посвященной проблемам экологии. Может быть, стоит прислушаться к мнению российских и европейских ученых?

Экспериментальный КВС, по убеждению разработчиков из Снежинска, должен проверить правильность всех технических решений и в течение нескольких лет производить коммерчески выгодную энергию. Минимальная энергия взрыва для такого сооружения, скорее всего, составит 1–2 кт в тротиловом эквиваленте. Стоимость будет меняться от 100 до 600 млн долларов в зависимости от количества производимой электроэнергии, срока службы, запаса прочности и т. п. Вариант сооружения котла для теплоснабжения Челябинска и Екатеринбурга (по 1,5–2,0 ГВт тепла на каждый город), по мнению ученых, обойдется не дороже 300 миллионов долларов – «смешные деньги» в масштабах страны.

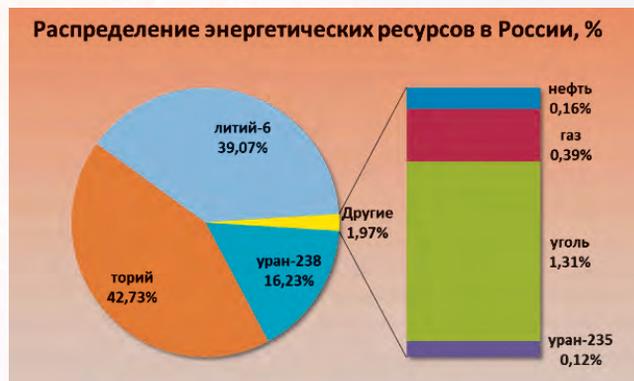
«У российской взрывной дейтериевой энергетики много преимуществ, – не переставал повторять один из авторов проекта КВС-электростанции Геннадий Алексеевич Иванов. – Это одна из тех немногих высоких технологий, которые соответствуют нашему предыдущему развитию и истинным потребностям человечества».

ВОЛОШИН Николай Павлович –
помощник директора РФЯЦ-ВНИИТФ,
доктор техн. наук, лауреат Государственной
премии и премии Правительства РФ
ПАРАФОНОВА Вера Александровна –
журналист, член Союза журналистов России

Ядерная энергетика: потенциальные возможности, проблемы и способ их решения

В. Е. МАРШАЛКИН

1. В работах специалистов Курчатовского института распределение основных ископаемых энергетических ресурсов России оценивается следующим образом: энергия деления тория составляет ~42,72 %; энергия деления урана ~16,23 %; энергия сжигаемого в термоядерной (*t, d*) реакции трития, получаемого из ${}^6\text{Li}$, составляет ~39,07 %, изотопа урана ${}^{235}\text{U}$ ~0,12 %. При этом интенсивно используемые в настоящее время ископаемые энергетические ресурсы углеводородов составляют всего ~1,86 %, и они распределяются следующим образом: нефть ~0,16 %, газ ~0,39 %, уголь ~1,31 %. Отсюда видны ограниченность возможности использования энергетического ресурса углеводородов в длительной перспективе и целесообразность наращивания мощностей, поставляющих энергию деления ядер тория и урана.



В настоящее время углеводороды являются основным источником тепла и электричества, а также сырьем на химических производствах. Ограниченный ресурс, выделение CO_2 и других экологически вредных продуктов сжигания, а также целесообразность их использования для производства товаров народного потребления, обуславливают необходимость их замены производством ядерной энергии деления тяжелых ядер тория и урана и энергии синтеза изотопов водорода, дейтерия и трития. Ядерное производство энергии характеризуется отсутствием производства химически вредных соединений, но сопровождается наработкой радиоактивных

продуктов ядерных реакций. Высокая (~ 10^6 раз) калорийность ядерного топлива относительно углеводородов упрощает обращение с урановым топливом, понижает топливную составляющую производства энергии, но повышает капитальные затраты при строительстве реакторов. Использование ядерной энергии в оружии накладывает ряд дополнительных ограничений на ее использование в энергетике.

2. К настоящему времени впечатляющих успехов достигла ядерная энергетика (ЯЭ) на основе использования изотопа урана ${}^{235}\text{U}$, вклад которой в производство электроэнергии достиг ~17 %. В то же время использование основного изотопа урана ${}^{238}\text{U}$ для производства энергии в современной ЯЭ является крайне ограниченным, а производство энергии осуществляется за счет сжигания изотопа ${}^{235}\text{U}$, удельное содержание которого в природном уране составляет только ~0,7 %. Развитие термоядерной энергетике встретилось с большими техническими трудностями.

Развитию ториевой энергетике не уделялось должного внимания. Такое состояние сложилось в связи с использованием ядерной энергии в ядерном оружии. При этом определяющим фактором явилось наличие в естественном уране изотопа ${}^{235}\text{U}$, деление которого возможно нейтронами любой энергии. В американском и советском атомных проектах оружейный уран наработан путем обогащения урана изотопом ${}^{235}\text{U}$, а оружейный плутоний наработан на естественном уране в созданных для этого ядерных реакторах. Адаптация реакторов-наработчиков плутония для производства энергии породила ЯЭ в так называемом открытом уран-плутониевом топливном цикле, который и эксплуатируется в настоящее время.

3. Современная ЯЭ, использующая уран-урановое топливо, убедительно демонстрирует возможность на конкурентной основе поставлять энергию деления ядер в промышленном масштабе. Вместе с этим к настоящему времени выявлены проблемы, затрудняющие ее использование. В современных тепловых реакторах, реакцией деления, определяющей энерговыде-



ление, сжигается ~0,5 % добываемого урана, что на два порядка ограничивает топливный ресурс ЯЭ. При этом ~90 % добываемого урана остается в отвалах разделительного производства, ~10 % переводится в облученное ядерное топливо, являющееся высокоактивным материалом, которое накапливается и осложняет экологическую обстановку. Высокий запас реактивности современных тепловых реакторов делает их ядерно-опасными системами. Высокая (1 % выгружаемого топлива) наработка плутония создает предпосылку распространения расщепляющегося материала для несанкционированного изготовления ядерных взрывных устройств.

Таким образом, прошедшие полвека убедительно показали возможность крупномасштабного получения и использования энергии деления ядер. Вместе с этим перечисленные выше проблемы сдерживают ее дальнейшее развитие.

С 1950-х гг. принято считать, что решение этих проблем заключается в обеспечении самовоспроизводства изотопа ^{239}Pu на изотопе ^{238}U и переводе ЯЭ на замкнутый уран-плутониевый топливный цикл с использованием реакторов на быстрых нейтронах. Однако техническая реализация этой физически правильной идеи оказалась чрезвычайно трудной. Несмотря на усилия

специалистов нескольких поколений и многомиллиардные долларовые затраты в странах с развитой ЯЭ достичь замыкания топливного цикла по плутонию до сих пор не удалось.

4. По нашему убеждению, все эти и другие проблемы современной ЯЭ являются проблемами уран-плутониевого топливного цикла, выбор которого, как выше отмечено, был обусловлен наличием в природе только одного активного изотопа ^{235}U в естественном уране. В настоящее время все эти проблемы могут быть решены путем использования изотопов ^{232}Th и ^{233}U в качестве реакторных материалов второго поколения и перевода ЯЭ на альтернативный замкнутый по всем актиноидам торий-уран-плутониевый топливный цикл. В отличие от использующихся в современной ЯЭ изотопов ^{235}U и ^{239}Pu изотоп ^{233}U характеризуется рождением больше двух вторичных нейтронов на поглощенный нейтрон любой энергии из-за рекордно малого значения сечения радиационного захвата нейтронов. Этого достаточно, чтобы одновременно использовать один нейтрон на деление следующего ядра, а другой нейтрон на воспроизводство разделившегося ядра. Использование тяжелой воды в качестве теплоносителя способствует экономии нейтронов, а возможность ее разбавления легкой водой со смягчением спектра нейтронов по-

звояет поддерживать реактор в критическом состоянии без стандартно используемых запаса реактивности и поглотителей нейтронов. Таким образом, использование ^{232}Th в качестве сырьевого изотопа вместо ^{238}U , основного делящегося изотопа ^{233}U вместо ^{239}Pu , тяжелой воды вместо легкой воды и ее разбавления легкой водой во время кампании в реакторе типа ВВЭР обуславливают возможность самообеспечения топлива активными изотопами. На этой основе могут быть решены все перечисленные выше проблемы современной ЯЭ (без использования реакторов на быстрых нейтронах с металлическими теплоносителями) путем эволюционной адаптации реакторов типа ВВЭР, сопутствующей им инфраструктуры и опыта эксплуатации, путем перевода ядерной энергетики второго поколения на использование наиболее распространенного в природе тория. Опыт извлечения оружейного плутония из облученного уран-уранового топлива может и должен быть адаптирован на переработку облученного топлива на основе тория.

5. В природе тория в три раза больше, чем урана. Возможность использования тория в ЯЭ исследуется в ряде стран: в Германии, США, Канаде, Бразилии. В Индии, обладающей особенно большими запасами тория, имеется национальная программа по развитию ториевой энергетики. По нашему мнению, наличие физической возможности расширенного воспроизводства ^{233}U на тории и отсутствие аналогичной возможности воспроизводства ^{239}Pu на ^{238}U в современных реакторах типа ВВЭР обуславливают несомненную целесообразность перевода современной ядерной энергетики на замкнутый торий-уран-плутониевый топливный цикл. Практическая возможность этого перевода в настоящее время обеспечена наличием больших количеств высокообогащенного урана и реакторного плутония, необходимых в качестве источника нейтронов на стадии наработки изотопа ^{233}U и становления ториевой энергетики.

Начальный этап ториевой энергетики обеспечен торием, содержащимся в моноцитовом концентрате в Красноуфимском районе Свердловской области. В ~80 тысячах тонн концентрата содержится 5 % тория, который будет получен попутно при переработке концентрата с целью выделения редкоземельных элементов.

Вдохновляющим примером целесообразности исследований в этом направлении являются создание, работа и результаты переработки отработавшего оксидного торий-уранового топлива водо-водяного реактора бридера (LWBR) в Шип-

пигпорте. Экспериментально показаны возможности:

- достижения расширенного воспроизводства ($k_{\text{в}} \approx 1,013$) ^{233}U в ^{232}Th - ^{233}U оксидном топливе;
- использования обычной воды в качестве теплоносителя;
- радиохимической переработки облученного топлива с выделением урана, содержащего радиологически опасный изотоп ^{232}U .

Это является экспериментальным доказательством возможности обеспечения расширенного воспроизводства ^{233}U в ^{232}Th - ^{233}U оксидном топливе в реакторах типа ВВЭР, практической реализации технологий замкнутого торий-уран-плутониевого топливного цикла.

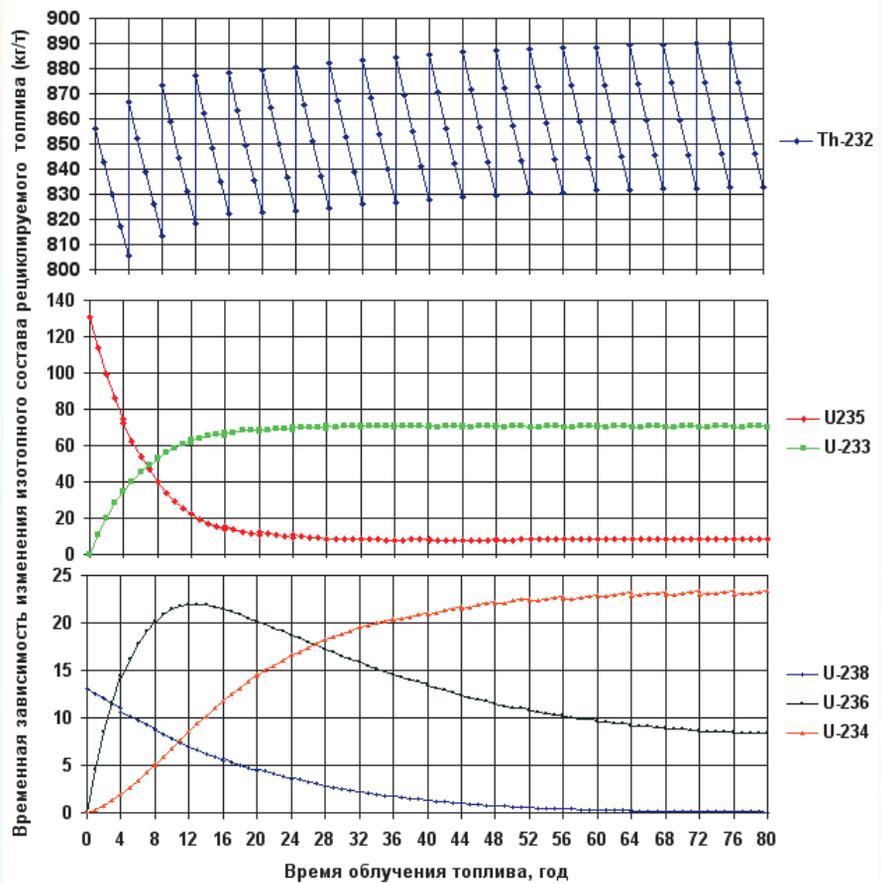
Таким образом, по нашему мнению, следующим этапом развития ЯЭ является утилизация (глубокое выжигание активных изотопов ^{235}U , ^{239}Pu и ^{241}Pu реакцией деления ядер) высокообогащенного урана и энергетического плутония с наработкой изотопа ^{233}U и запуска замкнутого торий-уран-плутониевого топливного цикла с использованием реакторов типа ВВЭР с тяжелой водой, ее разбавлением легкой водой в процессе кампании (времени между перегрузками топлива) и устранением возможности перехода реактора в надкритическое состояние. При этом на профилактическом уровне будут решены вышеперечисленные основные проблемы современной ядерной энергетики.

6. К настоящему времени известно одно масштабное использование в ядерной энергетике оружейного урана, высокообогащенного изотопом ^{235}U (в том числе $^{235}\text{U}_{0,9}$, $^{238}\text{U}_{0,1}$). Это проект ВОУ-НОУ, в рамках которого российский высокообогащенный уран был разбавлен обедненным ураном, продан и сожжен обычным образом в американских реакторах PWR.

При этом с физической точки зрения было потеряно его главное качество, обусловленное высоким обогащением, которое позволяет эффективно перевести современную ЯЭ на замкнутый торий-уран-плутониевый топливный цикл с ее последующей эксплуатацией в равновесном режиме. В связи с разницей в значениях критической массы шаров из ^{235}U (~47 кг) и из ^{233}U (~15,6 кг) для поддержания критического состояния реактора достаточно производства в ~3 раза меньшего числа ядер ^{233}U относительно числа сгоревших ядер ^{235}U . Это означает, что количество вторичных нейтронов, образующихся при делении ядер ^{235}U , может быть достаточным и для деления следующих ядер и для поддержания критического состояния реактора при ис-

пользовании тория в качестве сырьевого изотопа и наработки изотопа ^{233}U . Как отмечено выше, деление ядер ^{233}U нейтронами любой энергии сопровождается образованием более двух вторичных нейтронов на поглощенный нейтрон и соответственно может обеспечить расширенное воспроизводство ^{233}U . Дополнительным источником нейтронов, улучшающим нейтронный баланс, является деление ^{232}Th стартовой загрузки и нарабатываемых пороговых изотопов ^{234}U , ^{236}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{240}Pu быстрыми нейтронами, вероятность деления которых повышается с использованием тяжелой воды в качестве теплоносителя и понижением объемного водотопливного отношения. Следует отметить, что появление изотопа ^{233}U в изотопной кинетике сопровождается понижением на порядок последовательного заселения изотопов ^{236}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , поглощающих нейтроны, и появлением возможности заселения делящихся изотопов плутония ^{239}Pu , ^{241}Pu , что дополнительно улучшает нейтронный баланс. Вместе с этим накопление в процессе кампании поглощающих нейтроны продуктов деления, водорода при разбавлении D_2O обычной H_2O , изотопов ^{236}U , ^{237}Np , ^{238}Pu сопровождаются ухудшением нейтронного баланса и ограничивают воспроизводство активных изотопов ^{233}U , ^{235}U .

7. На начальном этапе перехода к ториевой энергетике с целью облегчения изготовления и эксплуатации ториевого топлива, его переработки и повышения эффективности использования высокообогащенного урана для наработки ^{233}U возможно использование укороченного замкнутого торий-уранового топливного цикла. При этом после каждой кампании выделяются Th и изотопы урана (от 232 до 238), которые используются в качестве топлива в последующей кампании с восполнением выгоревшего тория. Нарбатываемые при таком рециклировании изотопы ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu также выделяются и могут быть сожжены на после-



Временная зависимость изменения удельного (кг/т) изотопного состава при рециклировании торий-уранового топлива

дующих этапах становления замкнутого торий-уран-плутониевого топливного цикла с улучшенным нейтронным балансом после выхода на равновесное (пониженное) значение содержания изотопа ^{236}U .

На рисунке приведено изменение удельного содержания изотопов тория и урана в топливе в течение 80 лет облучения (20 кампаний) при удельной мощности ячейки 211 Вт/см и использования высокообогащенного урана ($^{235}\text{U}_{0,9}$, $^{238}\text{U}_{0,1}$) в стартовой топливной композиции, тяжелой воды на старте каждой кампании и ее разбавления легкой водой в процессе каждой кампании.

Использование в стартовой загрузке урана более высокого обогащения будет способствовать понижению наработки изотопов плутония, америция, кюрия и соответствующему упрощению обращения с топливом. Расчеты выполнены в ячеечном приближении с объемным водотопливным отношением 1,23. Видно, что основное изменение как в процессе каждой кампании (~50–60 кг/т), так и между первой и двадцатой

кампаниями (~30 кг/т), испытывает содержание тория. Происходит выгорание стартовых изотопов ^{235}U и ^{238}U со ~130 кг/т до ~8,5 кг/т и с ~13 кг/т до ~0,07 кг/т соответственно. Идет наработка (с нуля) ^{233}Pa и изотопов урана ^{233}U , ^{234}U , и ^{236}U . Нарбатываемый ^{233}Pa в соответствии с его распадом в ^{233}U в расчетах прибавляется к ^{233}U в топливе для последующей кампании. Происходит особенно большое понижение удельного содержания ^{235}U с соответствующим накоплением ^{236}U . Содержание ^{236}U выходит на максимум после третьей кампании, а затем начинает понижаться в соответствии с выгоранием ^{235}U . Имеет место рост содержания изотопов ^{233}U и ^{234}U в топливе с ростом номера кампании. При этом после примерно пятой кампании содержание ^{233}U стремится к насыщению (~70 кг/т), а содержание ^{234}U продолжает увеличиваться и также стремится к своему насыщению (~23 кг/т). Таким образом, при рециклировании формируется равновесный изотопный состав: ~70 кг/т ^{233}U , ~23 кг/т ^{234}U , ~8,5 кг/т ^{235}U , ~7 кг/т ^{236}U . Равновесное изотопное содержание зависит от водотопливного отношения, удельной мощности реактора, времени кампании, но в конечном счете не зависит от использования на начальном этапе ториевой энергетики высокообогащенного урана, реакторного плутония или их комбинаций в качестве источника нейтронов.

Не трудно увидеть, что в рассмотренном рециклировании интенсивное деление нарабатываемого ^{233}U начинается с первой кампании, со второй кампании вероятность деления ^{233}U превосходит вероятность деления ^{235}U , а далее становится определяющей. Подобная картина будет иметь место и при использовании реакторного плутония в качестве активного материала стартовой загрузки. Таким образом, в замкнутом торий-уран-плутониевом топливном цикле основными делящимися изотопами будут ^{233}U , ^{235}U , нарабатываемые на тории. Изотопы плутония, мало подходящие по своим свойствам для ЯЭ, практически будут устранены из нее. Их основная роль сведется к дополнительному устранению наработки изотопов америция и кюрия в замкнутом торий-уран-плутониевом топливном цикле.

8. В замкнутом торий-уран-плутониевом топливном цикле актиноиды рециклируются, а их потери и попадание в радиоактивные отходы определяются возможностями переработки облученного топлива, уровень которой характеризуется величиной ~0,1 % для каждого элемента. При переработке одной тонны облученного то-

плива в реакторе с выше указанными параметрами после каждой четырехлетней кампании радиоактивные отходы будут содержать ~54 кг продуктов деления, ~0,8 кг тория, ~0,1 кг изотопов урана, ~0,005 кг изотопов плутония, ~0,002 кг нептуния и «следовые» значения изотопов америция и кюрия, что качественно упрощает обращение с высокоактивными отходами ядерной энергетики. На всех этапах топливного цикла имеет место технологический барьер на пути несанкционированного распространения расщепляющихся материалов в виде содержания радиологически опасного изотопа ^{232}U в уране, естественно обогащенном изотопом ^{233}U , и высокого нейтронного фона от четно-четных изотопов плутония.

Решение проблем современной ЯЭ путем ее перевода на замкнутый торий-уран-плутониевый топливный цикл с использованием реакторов типа ВВЭР, теплоносителя – тяжелой воды и ее разбавления легкой водой в процессе кампании позволит:

- повысить на ~2 порядка топливный ресурс;
- качественно упростить обращение с радиоактивными отходами;
- понизить ядерную опасность реактора;
- создать технологический барьер на пути распространения расщепляющихся материалов и ядерных технологий.

При этом будут использованы имеющиеся опыт эксплуатации, технологии и инфраструктура современной ЯЭ. Можно ожидать, что реализация этих резервов и приведет к преодолению наметившейся стагнации и бурному наращиванию мощностей ЯЭ.

Автор благодарен академику Ю. А. Трутневу за внимание и сотрудничество, В. М. Повышеву за многолетнее сотрудничество.

Работа автора статьи «Концепция замкнутого торий-уран-плутониевого топливного цикла ядерной энергетики» получила вторую премию на Международном конкурсе научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие топливно-энергетической и добывающей отраслей промышленности 2017 г.

В 2017 г. на конкурс было представлено 188 работ от 79 предприятий топливно-энергетической и добывающей отраслей промышленности.

МАРШАЛКИН Василий Ермолаевич –
ведущий научный сотрудник ИТМФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, кандидат физ.-мат. наук

Директор института. Хозяин города

Н. П. ВОЛОШИН

Работа – это моя жизненная функция. Когда я не работаю, то не ощущаю в себе никакой жизни.

Жюль Верн

Я директор, и мне нужно, чтобы все крутилось и вертелось.

Георгий Ломинский

Георгий Павлович Ломинский – одна из тех легендарных личностей, которые являются гордостью и славой атомной отрасли СССР и России. 40 лет своей жизни он посвятил работе в Атомном проекте. Осуществлял операции подготовки к подрыву первого атомного и первого водородного зарядов СССР; неоднократно возглавлял и участвовал в ядерных испытаниях при проведении мирных ядерных взрывов; почти 25 лет руководил уникальным научно-исследовательским центром по разработке ядерного оружия и все эти годы создавал и преумножал благосостояние уральского города Снежинска.

С Георгием Павловичем мне посчастливилось познакомиться осенью 1962 г., когда он уже проработал, как теперь принято говорить, в ядерном оружейном комплексе четырнадцать лет. Мой стаж в атомной отрасли тогда составлял 6 месяцев; я только что был принят в испытательный сектор 12, которым руководил Г. П. Ломинский. В этот год ВНИИП (ныне РФЯЦ-ВНИИТФ) участвовал в последней сессии воздушных ядерных испытаний на Новоземельском полигоне. В составе очередной экспедиции меня направили на это испытание. Группа испытателей должна была вылететь из аэропорта Кольцово. Из Снежинска колонна с изделием и испытателями в сопровождении охраны выехала ранним утром в Свердловск (ныне Екатеринбург). Ее возглавлял плотный, деловой, с командными нотками в голосе полковник, которого старшие испытатели нашей группы почти исключительно называли «Гэ-Пэ».

Приблизительно на полпути колонна остановилась и любопытствующие товарищи, в том

числе и я, повыскакивали из-под тента грузового «Урала» на дорогу, чтобы понять в чем причина задержки. Видим – с боковой, примыкающей к основной трассе, дороги наперерез колонне пытаются проехать какая-то полуторка. Перед нею стоит ГП и что-то негромко, но очень убедительно говорит водителю. Разговор был недолгим, но сильно впечатлившим этого шофера – он включил заднюю скорость и так нажал на газ, что очень скоро пропал из нашего поля зрения, так и не разворачивая машину.

«Да, видно, ГП ему такое сказал – век помнить будет!» – так этот эпизод прокомментировал один из старших испытателей.

В Кольцово Георгий Павлович разместил нас на одну ночь в гостинице близ аэродрома. На следующий день прошла погрузка в самолет, и экспедиция улетела на полигон. На поле нас провожал Георгий Павлович отдавая честь, как истинный военный.

...Вот с того времени и до 1988 г., т. е. 26 лет мне многократно по производственным и общественным вопросам и даже по личным поводам доводилось встречаться, беседовать и даже пить с Георгием Павловичем.

Очевидно, что рассказ об этом замечательном человеке, основанный только на моих личных впечатлениях, заведомо был бы очень неполным. Пытаясь избежать такой неполноты, я решил использовать воспоминания коллег из книги «Человек. Генерал. Директор» (1988) и материалы его личного дела.

Георгий Павлович родился 23 апреля 1918 г. на Украине, в небольшом городке Казатин Винницкой области. 1918–1920-е гг. были периодом

иностранный интервенции. И только в конце 1920 г. область вошла в состав Украины, а затем – в состав СССР.

Отец Георгия Павловича – Павел Васильевич – работал кондуктором на железной дороге, мать – Варвара Мироновна – вела домашнее хозяйство и занималась воспитанием детей – сына и троих дочерей. Получившая хорошее гимназическое образование, она оказала очень большое влияние на формирование духовного мира детей, стараясь привить им тягу к знаниям.

Десять классов Казатинской средней школы Георгий успешно окончил в 1935 г. (в школьном аттестате против названий почти всех предметов стояла оценка «дуже добре») и поступил на машиностроительный факультет Киевского индустриального института. Здесь (вот ведь превратности судьбы!) он познакомился с будущими участниками реализации Атомного проекта СССР: Екатериной Алексеевной Феоктистовой и Давидом Абрамовичем Фишманом.

В институте, конечно, была военная кафедра, и каждое лето студенты выезжали в военные лагеря. Вспоминая об этом времени, Георгий Павлович рассказывал: «В последний год [учебы в институте – 1938] мы были на польской границе, готовились перейти ее, помогать чехам*... Мы вышли на границу с Польшей, несколько суток простояли, но ее не перешли и вернулись "на зимние квартиры" в Шепетовку, а оттуда в Киев».

В это время в Киеве уже работала комиссия по отбору лучших студентов в военные академии. Успешно прошедшему конкурсу студенту Георгию Ломинскому было предложено на выбор три будущих места обучения военному делу: Артиллерийская академия РККА им. Ф. Э. Дзержинского, Военно-воздушная инженерная академия им. Н. Е. Жуковского и Ейская школа морских летчиков. Георгий Павлович отдает предпочтение артиллерии и с 1 октября 1938 г. становится слушателем третьего курса артиллерийской ордена Ленина Академии им. Ф. Э. Дзержинского. В этом году академия только что была переведена из Ленинграда в Москву и расположилась в прекрасном месте – в особняке XIX века, на берегу Москвы-реки, в нескольких минутах ходьбы от Кремля (с 1997 г. это высшее военное учебное

заведение называется Военная академия РВСН имени Петра Великого; в 2015 г. переведена в подмосковную Балашиху).

С октября 1938 г. в академии начались интенсивные занятия. В день – не меньше 10–12 часов, по 6–8 лекций. Курс в академии – стрелково-пушечное вооружение – нигде больше не читался. С преподавателями повезло: лекции читали офицеры старой школы – не только замечательные специалисты, но и высокообразованные, интеллигентные люди. Учеба и здесь давалась Георгию легко.

В мае 1941 г. в академии состоялся последний предвоенный выпуск – около 700 офицеров, среди которых был и старший техник-лейтенант Г. П. Ломинский. 5 мая выпускников в последний раз собрал начальник академии и сообщил, что молодые офицеры приглашаются на правительственный прием – им предстояло выслушать речь Сталина, а затем присутствовать на банкете.

На приеме перед офицерами с 40-минутным докладом выступил Сталин, сказавший, что война с Германией неизбежна, но непобедимых армий не было и нет. С этим напутствием выпускники разъехались по местам службы. Ломинский, окончивший академию с отличием, был направлен в парашютно-десантную дивизию.



Супруги Ломинские.
Георгий Павлович и Мария Ивановна

* События связаны с Мюнхенским соглашением 1938 г. и так называемым Вторым Судетским кризисом, когда Правительство СССР намеревалось выступить на стороне Чехии.



Георгий Павлович с дочерью Эллой, внучкой Татьяной и внуком Георгием. 1980 г.

зию, а затем, с учетом темы диплома, перенаправлен на научно-исследовательский полигон стрелкового и минометного вооружения Главного артиллерийского управления Вооруженных сил.

В мае 1941 г. на подмосковный полигон Щурово прибыла группа выпускников академии, среди них и Г. П. Ломинский. И с первых же дней в поведении молодого инженера-испытателя появилась какая-то тайна: каждый день в определенное время его стали замечать на проходной полигона. Секрет вскоре был раскрыт – лейтенант высматривал «девочку с косичками». Вскоре познакомились. Оказалось, ее зовут Мария. Ухаживал Георгий Павлович красиво и так настойчиво, что конкуренты отступили. Пришлось сдать и Марии. Уже в октябре Ломинский подал начальству рапорт о намерении жениться...

Фронт приближался, и было решено эвакуировать сотрудников полигона на Урал. Так он впервые оказался на Урале, в деревне Непряхино Чебаркульского района Челябинской об-



На подмосковном полигоне. 1942 г.

ласти, всего-то в 140 километрах от будущего Снежинска!

Весной 1942 г. молодая семья вернулась в Подмоскowie, и Георгий Павлович продолжил службу на полигоне. Полигон был предназначен для испытания и отработки новых образцов военной техники как отечественной, так и трофейной. «Практически все стрелковое оружие, – вспоминал Ломинский, – которое и сейчас находится на вооружении, было испытано там. Частично даже и разработано. Я был начальником гранатометно-минного отделения; и все гранаты, которые сейчас находятся на вооружении, прошли через мои руки. Потом, когда стало появляться противотанковое оружие ближнего боя, его тоже передали нам. Я разработал один из образцов противотанковых гранатометов, РПГ-1, он стрелял недалеко, метров на 45, но

пробивал приличную броню – 150 мм. Ни один немецкий танк устоять не мог».

Спустя годы Георгий Павлович говорил, что за время службы на полигоне гранат он испытал больше, чем кто-либо другой. А работа с образцами артиллерийской техники привела к профзаболеванию – частичной потере слуха на определенной частоте.

Работа была не только интересная, но и опасная. За годы службы Ломинского на полигоне произошло два несчастных случая.

При первом он физически не пострадал, но приказом Верховного главнокомандующего временно был понижен в звании до лейтенанта. А в это время на столе командира полигона лежало представление о присвоении Г. П. Ломинскому очередного звания – капитана!

Во втором ЧП Георгий Павлович получил ранение многочисленными осколками разорвавшейся гранаты.

Но неприятности, если это можно так назвать, случаются в работе каждого. Это не изменило мнения руководства полигона: Георгий Ломинский – отличный офицер, с превосходной подготовкой, широкой эрудицией и всеми остальными данными для прекрасной служебной карьеры.

В конце 1942 г. он был повышен в звании до капитана. Многолетний опыт работы испытателя, хорошие знания в области эксплуатации и хранения боеприпасов позволили Георгию Павловичу в 1947 г. выдвинуть идею и получить авторское свидетельство на изобретение – как

записано в его анкете, «не подлежащее разглашению».

Осенью 1947 г. капитан Ломинский был приглашен на беседу в ЦК ВКП(б). Беседовал с ним некто по фамилии Щёлкин, расспросил Георгия Павловича, чем тот занимается и предложил продумать вопрос о переезде к новому месту службы на интересную работу и еще на всякий случай заполнить длинную анкету.

Об этой анкете стоит сказать отдельно. В ней 8 страниц, 32 вопроса и 9 «подвопросов». Анкеты с такой детализацией в кадровых службах уже не используются лет шестьдесят. Известно, что в послевоенное время особое внимание уделялось нахождению анкетуемого или его родственников «на территории временно оккупированной немецко-фашистскими захватчиками и их союзниками в период Отечественной войны».

Так в анкете Г. П. Ломинского его собственной рукой написано, что «отец и сестра находились на оккупированной территории (по месту жительства) до декабря 1943 г. Освобождены Советской армией».

Замечательно, что несмотря на это, с точки зрения бдительных кадровиков, «темное» пятно в биографии Георгия Павловича, его в начале 1948 г. приняли на работу в сверхсекретное предприятие КБ-11 (в будущем – РФЯЦ-ВНИИЭФ). Этот момент в автобиографии Г. П. Ломинского так кратко описан: «С 1 февраля 1948 г. был откомандирован в в/ч 54194». Как Георгий Павлович попал в поле зрения заместителя главного конструктора КБ-11 Кирилла Ивановича Щёлкина точно не известно. По легенде на полигоне в Щурово некоторое время служил красноармеец Я. Б. Зельдович. Вот, якобы с его подачи К. И. Щёлкин и пригласил Г. П. Ломинского на собеседование в ЦК партии.

Через несколько месяцев после этой беседы на полигон пришел вызов – инженер-капитану Г. П. Ломинскому предлагалось убыть в распоряжение начальника 4-го отдела Управления кадров Артиллерии ВС. Но тут возмутился начальник полигона: как так, неизвестно кому отдать молодого перспективного офицера, а ему и здесь неплохо послужится – вот начальником отделения стал и дальше пойдет. И предложил Ломинскому не забивать себе голову ерундой и продолжать работу. А там, «наверху», подождут и забудут.

Через три недели – второй вызов. «Срочно откомандировать, в течение 24 часов доложить». На следующий день, 1 февраля 1948 г., капитан

Ломинский, оставив в Щурово семью, отбыл в неизвестном направлении.

В КБ-11 он прибыл, когда работа, в том числе и по отработке отдельных узлов первого изделия, кипела вовсю. Но в каких условиях! Производственная база, в том числе и база по экспериментальной отработке узлов, находились в состоянии, мягко говоря, неудовлетворительном. С наращиванием темпов и объемов опытно-экспериментальных работ это становилось все более очевидным.

Виктор Иванович Жучихин, заслуженный ветеран атомной отрасли, вспоминал: «До того момента взрывные работы велись без каких-либо единых организационных начал. Каждый руководитель проводил работы на свой страх и риск, руководствуясь лишь теоретическими знаниями и небольшим практическим опытом... Часто бывали случаи, когда изготовление взрывных устройств, их транспортировка к месту взрыва и перевод их в боевое состояние осуществлялись с грубейшими нарушениями элементарных требований техники безопасности».

Само собой напрашивалось создание службы, которая устранила бы хаос в проведении взрывных работ. Этим и занялся молодой старший инженер, а в последующем начальник отдела полигонов – Георгий Павлович Ломинский.

В самой первой, составленной в КБ-11 характеристике на старшего инженера лаборатории тов. Ломинского Георгия Павловича от 22 марта 1948 г. отмечалось, что «старшим инженером лаборатории он работает с 8 марта 1948 г., к порученной работе относится серьезно [но, вот пример объективности], полных характеризующих данных покамест изложить не представляется возможным, т. к. работает небольшой период времени».

А каким увидели своего нового коллегу сотрудники «объекта»? Георгий Павлович был среднего роста, плотного телосложения. Военная форма сидела на нем как влитая. Особенно поражало то, что, несмотря на непролазную грязь на полигонах, сапоги у него всегда были вычищены до зеркального блеска. Отметили сослуживцы и бодрый, жизнерадостный характер капитана, его неумную энергию и прекрасное чувство юмора. В ходе совместной работы проявились и другие его черты: требовательность, но без излишней придирчивости; профессионализм, но без высокомерия и чванства. И еще одно свойство характера – Ломинский не терял оптимизма ни при каких обстоятельствах.

Георгий Павлович сразу проявил себя как талантливый руководитель. Во-первых, он с самого начала удачно решил кадровые вопросы в отделе. Начальниками площадок были назначены офицеры инженерных войск, что несомненно дисциплинировало людей. Заместителем Ломинского стал старший лейтенант Николай Степанович Повышев, хорошо знавший взрывное дело и имевший большой опыт работы с взрывчатыми материалами. В 1955 г. он вместе с Г. П. Ломинским перешел на работу в РФЯЦ-ВНИИТФ и там стал руководителем внутреннего полигона.

За короткое время из людей самых разных возрастов, характеров, интересов сложился дружный коллектив, который сотрудники «объекта» стали называть «площадочной командой». Это название, видимо, точно отражало взаимоотношения, сложившиеся в отделе, – они действительно стали единой командой.

В этот период организационного становления полигона самой сложной и срочной задачей было перевоспитание сотрудников, приехавших ставить опыты. Ломка установившихся «до пришествия Ломинского» вольных традиций прошла безболезненно, без обострения взаимоотношений между взрывниками и работниками площадок. Этому способствовало умение Георгия Павловича найти правильный подход к любому, даже строптивому, знающему себе цену научному сотруднику, и обязать его соблюдать необходимые правила безопасности при взрывных работах. «У Ломинского, – вспоминал Георгий Александрович Цырков, – было очень удачное сочетание: он был требовательным и в то же время умел показать, разъяснить человеку на примерах, почему это нужно делать так и к чему может привести отступление от правил. У физиков-теоретиков он пользовался не только авторитетом, но можно сказать, любовью, хотя иногда эти ученые могли быть очень занозистыми, обижаться, что какой-то капитан учит их, как нужно делать эксперименты».

Наведением порядков в работе полигонов Ломинский не ограничился. Им был разработан и после тщательного обсуждения одобрен руководством предприятия целый план модернизации испытательных площадок. И предложение, и реализация этого проекта были столь успешными, что полигоны «объекта», перестроенные «по Ломинскому», успешно работают вот уже семьдесят лет.

Полтора года пролетело как один день. Наступило лето 1949 г. – время знаменательных

событий, решающих судьбу первой отечественной атомной бомбы.

На внутреннем полигоне КБ-11 велись последние работы – в течение многих дней круглосуточно проводились испытания на надежность функционирования системы дистанционного подрыва, которой предстояло осуществить срабатывание атомного заряда. На круглосуточную работу перешел и Ломинский. Он успевает все – следит, привозят ли испытателям горячий обед, обеспечивают ли их необходимой аппаратурой, лично руководит комплектацией и отправкой экспедиции на Семипалатинский полигон. Один за другим уходят эшелоны с оборудованием и специалистами.

Подбор специалистов в состав экспедиции на первые натурные испытания осуществлялся, конечно, с учетом особенностей предстоящих работ, специальностей и личных качеств сотрудников. Попасть в состав экспедиции – это и высокая честь, и такая же ответственность. На каждого из кандидатов в этот состав составлялась производственно-общественная характеристика. Ниже приводится копия характеристики Г. П. Ломинского, составленная накануне его отправки на Семипалатинский полигон. Ее подписали заместитель начальника сектора, в который входил отдел полигонов, будущий начальник газодинамического отделения ВНИИЭФ, а впоследствии главный инженер 5-го ГУ МСМ Василий Константинович Боболев и и. о. секретаря партбюро Н. Паневкин. Эта характеристика от 20 июля 1949 г. существенно отличается от упоминавшейся ранее за март 1948 г. Здесь сказано, что Г. П. Ломинский сложившийся ру-

ХАРАКТЕРИСТИКА
на тов. ЛОМИНСКОГО Георгия Павловича

Тов. ЛОМИНСКИЙ Г. П. чл. ВКП/б/ с 1944 г., работает на объекте с 1948 года. в должности начальника отдела.

За время работы тов. ЛОМИНСКИЙ Г. П. проявил себя вполне сложившимся руководителем. В своей работе имеет достаточный опыт и знание. Принимал непосредственное участие в ряде ответственных испытаний. К себе и подчиненным требователен. Среди коллектива пользуется заслуженным авторитетом. В общественной работе принимает активное участие, являясь членом партбюро и пропагандистом. Политически выдержан. Делу Партии Ленина-Сталина предан.

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА СЕКТОРА /Боболев/
И. О. СЕКРЕТАРЯ П/БЮРО /Паневкин/

20/07-49.

ководитель, имеет достойный опыт и знания, к себе и подчиненным требователен, принимал непосредственное участие в ряде ответственных испытаний.

Итак, Г. П. Ломинский был включен в состав экспедиции и в июле прибывает на полигон.

Здесь он становится хозяином испытательной площадки, на которой сооружены сборочное здание, металлическая башня и грузоподъемные механизмы. В задачу небольшой группы под его началом входила аттестация всех сооружений, механизмов и технологического оборудования, а также перевозка заряда от сборочного цеха до площадки и подъем заряда на верхнюю площадку башни.

Все подготовительные операции были завершены к 29 августа 1949 г.

Утром этого дня в 4 часа 30 минут заряд поднимается на верхнюю площадку башни. В 5.00 начато снаряжение заряда капсулями-детонаторами (КД). Руководит операцией Кирилл Иванович Щёлкин, контролируют А. П. Завенягин и А. С. Александров. Первую полюсную пробку с КД вставляет лично Щёлкин. Далее снаряжение проводит Ломинский, ему помогает С. Н. Матвеев. В 5.40 снаряжение заряда завершено. Люди покидают башню. В 7.00 над Семипалатинским полигоном вырастает первый ядерный гриб. Отечественное атомное оружие становится реальностью.

Говорят, после первого испытания шутники приставали к К. И. Щёлкину с вопросом – куда он дел бомбу. «Ты же расписался в ее получении, а где она?» Предусмотрительный Ломинский с того первого испытания прихватил ключ от башни, на которой была установлена исчезнувшая «щёлкинская» бомба.

В течение следующего периода (1950–1953 гг.) Г. П. Ломинский продолжал совершенствовать структуру и обновлять базу внутреннего полигона. (Копия его аттестационной характеристики, подписанная К. И. Щёлкиным в 1951 г., приведена ниже). Участвовал в полигонной отработке «сахаровской слойки» и в ее натурном испытании.

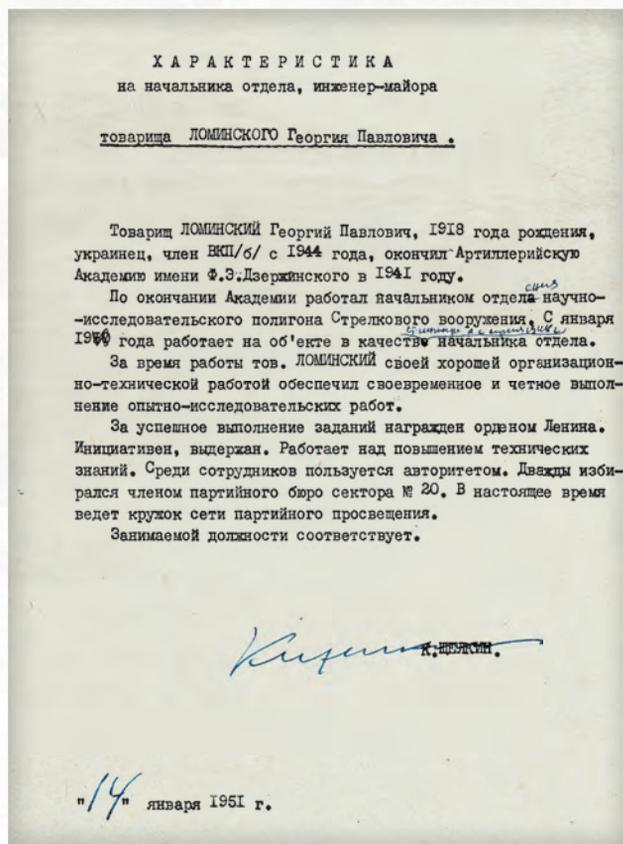
После испытаний 12 августа 1953 г. первой термоядерной бомбы, которую он снаряжал вместе с А. Д. Захаренковым, Ломинский стал владельцем ключа еще от одной башни. И долгие годы хранил их, пока не пришло время ключам занять место среди экспонатов в Музее ядерного оружия ВНИИТФ.

К 1955 г. Г. П. Ломинский прошел путь от начальника отдела полигонов до помощника директора КБ-11 по технике безопасности.

За разработки образцов ядерного оружия в период работы в КБ-11 Георгий Павлович был награжден орденом Ленина (1950 г.), удостоен звания лауреата Сталинской премии II степени (1951 г.), награжден орденом Красного Знамени (1951, 1953 г.) и орденом Красной Звезды (1954 г.).

В апреле 1955 г. родился новый институт НИИ-1011 (впоследствии ВНИИП, а ныне РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина) и в КБ-11 началось разделение на «остающихся» и «отъезжающих». По странному стечению обстоятельств Георгий Павлович попал в обе эти категории. С одной стороны, он был «отъезжающим», то есть сотрудником «нового объекта». А с другой стороны, он находился на «старом объекте», поскольку ехать было некуда. Строительство нового института и города только начиналось. Ломинский оставался в Арзамасе-16 в должности заместителя директора НИИ-1011 с 22 апреля 1955 г. – по общим вопросам, а с 20 апреля 1956 г. – по производству.

В 1958 г. Георгий Павлович приезжает на «новый объект». Начинается самый долгий и, как оказалось, самый важный этап в жизни Ломинского.



«Прямо с колес» 11 января 1958 г. он приступил к временному исполнению обязанностей директора на период болезни Дмитрия Ефимовича Васильева. Затем вплоть до ноября 1964 г. Георгий Павлович, находясь в составе высшего руководства НИИ-1011, работал главным инженером предприятия, заместителем главного конструктора – начальником испытательского сектора, первым заместителем директора – главным инженером. При этом он всегда находился в гуще основных событий, происходивших в период становления и наращивания потенциала нового ядерного центра.

Об этом периоде деятельности ярко вспоминал Борис Иосафович Беляев – будущий главный инженер предприятия: «Он замкнул на себя не только проблемы развития опытных заводов, но и производство как таковое с его бесконечными заботами от материально-технического обеспечения до сроков выпуска опытных образцов изделий. Подбирая специалистов, строя цехи опытных заводов, Ломинский настойчиво наращивал мощности этого главного для него в то время направления. Более того, как неплохой психолог, он понимал, что мало построить здания, поставить оборудование, набрать людей, надо прежде всего создать коллективы, сцементировать их единой задачей и дать им почувствовать вкус успеха. Выполняются планы производства, платятся премии, уходит чувство ущербности. Служить в его команде становится престижно. Такое отношение к опытному производству и его специалистам пронес Георгий Павлович через все последующие годы».

С 1961 по 1964 г. директором ВНИИП был Борис Николаевич Леденев. В конце 1964 г. руководство МСМ приняло решение назначить директором ВНИИП Георгия Павловича Ломинского. В этой должности он трудился (а по собственному выражению Георгия Павловича «служил») почти четверть века – с ноября 1964 г. по июнь 1988 г.

Это были годы наиболее стабильного развития института, период его расцвета. И одним из важных факторов, способствовавших этому расцвету, безусловно, было то, что во главе предприятия стоял Ломинский.

Для того, чтобы такой научно-исследовательский институт, как ВНИИП работал нормально, нужно было обеспечивать баланс трех его составных частей – науки, производства и вспомогательных служб. Георгию Павловичу это вполне удавалось. «Может быть, – вспоми-

нал В. И. Никитин, заместитель директора по кадрам, – он был иногда жестковат с наукой. Но тут существует вечное противоречие – наука всегда хочет больше, чем может дать производство. Поскольку директор знал технику, создаваемую в институте, мягко говоря, не понаслышке, то он участвовал в обсуждениях чисто технических проблем. Иногда это выглядело так: представители науки говорят: "Мы хотим провести X испытаний". Ломинский отвечает: "А мы можем позволить себе только Y. Извращайтесь как хотите. Даю столько, сколько могу". При этом, конечно, он старался, чтобы этот Y был как можно ближе к X».

Но наука – это отдельный разговор. Достоинство Ломинского как директора как раз и состояло в том, что он не лез в «чужой огород», в данном случае – в «огород» научного руководителя, просто из желания оставить за собой последнее слово. Он очень четко понимал свое место в институте, особых научных достижений за собой не числил и, будучи человеком трезвомыслящим, к ученым степеням, получаемым иными руководителями *honoris causa*, не стремился.

Его отношения с научным руководителем академиком Евгением Ивановичем Забабахиним были деловые, дружеские, что несомненно шло на пользу общему делу.

1964 г. можно назвать годом начала «эпохи Ломинского». Институт был еще очень молод. Строительство экспериментальной и производственной базы, научно-исследовательских комплексов, зданий и сооружений самого различного назначения шло полным ходом. Не все было гладко. В сложных ситуациях директору приходилось становиться арбитром по широкому кругу вопросов.

Справедливо будет отметить и то обстоятельство, что хотя проекты площадок разрабатывались специальным институтом, на их архитектурный облик существенное влияние оказывал и личный вкус Ломинского. В частности, когда проектировщики предложили заменить два трехэтажных здания основной площадки предприятия многоэтажным сооружением, по тем временам настоящим небоскребом, Георгий Павлович внимательно посмотрел на представленный проект и решительно зачеркнул несколько верхних этажей, заявив: «Пусть будет недоскреб». Случались и такие ситуации, когда строительную инициативу проявляли не проектировщики, а директор. Именно Ломинский обратил внимание на то, что перед зданием основной площадки негде поставить машины. И по его специаль-

ному указанию была построена вместительная по тем временам автостоянка. Намного позже уже в 2000-е гг., когда директором института был Г. Н. Рыкованов, эта стоянка была расширена примерно в десять раз.

Георгий Павлович обладал качеством, очень важным для руководителя – он знал, в чем состоят интересы возглавляемого им института, и знал, как их защитить. Можно сказать, что Георгий Павлович действовал по принципу, известному из песни: «Чужой земли мы не хотим ни пяди, но и своей вершка не отдадим». Такая решительность сочеталась с незаурядным дипломатическим искусством, что позволяло ему не только добиваться своей цели, но и сохранять добрые отношения с партнерами.

Ломинский был не из тех руководителей, которые, покидая кабинет в конце рабочего дня, оставляют там и нерешенные дела. Георгий Павлович, не считаясь со своим личным временем, и в вечернее, и в ночное время приезжал на площадки, где велись срочные сборочные работы, детально знакомился с их ходом и, при необходимости, на месте принимал управляющие решения.

Георгий Павлович во время выполнения особо опасных работ по разборке изделий на опытно-производстве обязательно лично руководил операцией и не из безопасной тиши кабинета, а стоял рядом с исполнителем, самым присутствием внушая уверенность в том, что операция пройдет нормально.



На праздновании 25-летия Снежинска. 1982 г.
Слева направо: Г. П. Ломинский, Г. А. Цырков, С. А. Зеленцов

Впрочем, чаще от директора ждут не столько и не только личной смелости. Гораздо важнее – принять решение, взять на себя ответственность за возможную неудачу. И здесь генерал ни разу не потерял лица. К чести института, это можно сказать не только о Георгии Павловиче. Руководители предприятия – Г. П. Ломинский, Е. И. Забабахин, А. Д. Захаренков, Б. В. Литвинов – составляли пусть не единодушную, но все же цельную команду, которая привела институт к солидным успехам. В 1966 г. ВНИИП был награжден орденом Ленина, а в 1980 г. – орденом Октябрьской Революции. За успешное выполнение государственных планов и личный вклад в разработки РФЯЦ-ВНИИТФ Георгий Павлович был награжден орденами Ленина (1966 г.), Октябрьской Революции (1971 г.) и Трудового Красного Знамени (1961 г.), удостоен звания лауреата Ленинской премии (1962 г.).

Но не все и не всегда в жизни директора было гладким.

В личном деле наряду с поощрениями в приказах по Министерству (5), по Главку (8), в постановлениях партийных и профсоюзных органов (4) есть и приказы о вынесении выговоров за серьезные нарушения сотрудниками института правил техники безопасности (1971 г.) и правил обращения с секретными документами (1981 г.), за дисциплинарные нарушения при выезде работников в экспедиции (1982 г.). Особенно тяжелыми были переживания Георгия Павловича после группового несчастного случая при работе с ВВ, произошедшего в 1971 г. Расхожая фраза – не ошибается тот, кто ничего не делает – не сглаживала его горькие чувства утраты человеческих жизней.

Вместе с тем он понимал, что единственная и самая крупная ошибка ничего не делающего человека заключается в том, что он ничего не делает! Такого безделья Г. П. Ломинский себе не позволял никогда.

В искренности переживаний Георгия Павловича за судьбы людей можно было еще раз убедиться, когда 26 октября 1978 г. он приехал в отделение экспериментальной физики и на собрании представителей коллектива объявил о произошедшей 25 октября скоростной смерти начальника отделения Юрия Ароновича Зысина, находив-

шегося в служебной командировке в Москве. Говоря об этой утрате, Георгий Павлович не смог сдержать слез...

Возвращаясь к теме «Ломинский – директор», вспомним, он – генерал-лейтенант. Хронология его продвижения по воинской службе выглядит следующим образом.

Звание старшего лейтенанта Г. П. Ломинскому было присвоено в 1941 г., капитана – в 1942 г., майора – в 1953 г., подполковника – в 1957 г., полковника – в 1961 г., генерал-майора – в 1968 г. и, наконец, генерал-лейтенанта – в 1977 г. В званиях капитана и майора Георгий Павлович работал (служил!) во ВНИИЭФ в должностях от начальника полигонов до помощника директора по технике безопасности. Директором ВНИИТФ Г. П. Ломинский был в званиях полковника, генерал-майора, генерал-лейтенанта. Понятно, что высшее офицерское и генеральское звания не могли не оказать влияния на его по-военному строгое отношение к своим обязанностям, к дисциплине подчиненных и, наконец, к ответственности за порученное дело. Четкость в постановке задач и требовательность к качеству и своевременности их решения – вот главные черты характера генерал-лейтенанта – директора научно-исследовательского института. Он был цельным человеком и не страдал «раздвоением личности» на гражданскую и военную половины.

Конечно, в рассказе о Г. П. Ломинском нельзя не обратить внимание на еще одну существенную черту его характера и еще один вид его деятельности. Наряду с руководством научно-исследовательским институтом он был настоящим хозяином города.



Парад в честь 40-летия Победы. Снежинск. 1985 г.

Здесь уместно провести сравнение ролей, которые играли в судьбе города Снежинска два директора – Д. Е. Васильев и Г. П. Ломинский.

Первый директор НИИ-1011 Дмитрий Ефимович Васильев, начиная с выбора места для строительства города и производственных площадок (1954 г.) был, что называется, обречен на комплексное решение всех проблем «нового объекта» – от жизнеобеспечения работающих до выполнения планов НИОКР. Строительство производственных и жилых зданий, объектов инфраструктуры было тесно взаимосвязано и велось параллельно.

Д. Е. Васильев в эти начальные годы становления ВНИИП по факту был директором всего «объекта», а не только института. Номинально городские власти появились после 1957 г., но еще долго они не имели ни финансовых, ни материально-технических возможностей полного и надежного обеспечения жизнедеятельности города и его жителей.

В следующий период истории института (1961–1964 гг.) директором был Борис Николаевич Леденев, больше тяготеющий к научно-исследовательской и опытно-конструкторской тематике. Работы общегородского плана выполнялись институтскими службами под руководством главного инженера Г. П. Ломинского и постепенно укрепляющимися муниципальными организациями.

С 1964 г. новый директор подключился к этим делам активнейшим образом. Надо признать, что в этот период все-таки уже не было такой полной обреченности на дела города, какая была в начале строительства. С директора намного более строго требовали выполнения планов НИОКР. Но не в характере Г. П. Ломинского было безразличное отношение к нуждам людей и всего города.

К заботам и интересам директора крупного научно-исследовательского института как бы автоматически присоединились и обязанности руководителя города – вне зависимости от того, насколько сильными и влиятельными были городские структуры управления. Проще говоря, он стал «хозяином» Снежинска. Стал уникальным хозяйственником, другого такого в отрасли не было – так говорили люди, хорошо его знавшие.

Сколько у него было объектов – больших и малых, важных и не очень? И чему отдать приоритет – медицине или дошкольным учреждениям, совхозу или торговле? Странно, но из воспоминаний очевидцев о том, как Ломинский справлялся с грудой хозяйственных дел, полу-

чается, что главным было все. Он уделял внимание самому мелкому хозяйственному вопросу, лично все контролировал, если видел, что без его пригляда вопрос не решается. И людям, приходившим к нему со своими проблемами – на их взгляд, самыми неотложными, самыми острыми, – не приходилось испытывать горечи от начальственного безразличия – «выпутывайся, как знаешь».

Его «недремлющее око» внимательно и постоянно следило за строительством, как тогда говорилось, объектов «соцкультбыта» и жилья, за работой медицинских учреждений, за состоянием дворов, площадей, дорог и тротуаров, деятельностью отдела рабочего снабжения и работой совхоза, организацией профессиональной и общеобразовательной учебы, работой музыкальной и художественной школ и спортивных секций. Особое внимание Георгий Павлович уделял детским учреждениям, в частности, по его инициативе и личном участии был построен и действует до сих пор детский оздоровительный лагерь «Орленок», которому в 1989 г. было присвоено имя Г. П. Ломинского. Это по его инициативе и при его личном участии на производственной площадке института в 1975 г. установлен памятник Игорю Васильевичу Курчатову.

Приведем несколько эпизодов, характеризующих отношение директора градообразующего предприятия к здоровью горожан и работе медиков.

...Долгое время Георгий Павлович мечтал построить на 21-й площадке профилакторий. Но поняв, что сделать это вряд ли удастся в обозримом будущем, он принял решение – переоборудовать под профилакторий здание строящегося жилого дома. Сказано – сделано. Горожане получили новое лечебное учреждение, а Ломинский – выговор!

О том внимании, которое Георгий Павлович уделял медсанчасти, надо сказать особо. На оперативках по строительству и реконструкции вопросы о развитии материально-технической базы медгородка рассматривались, как правило, в первую очередь.

Когда в городе освободилось несколько зданий воинской части, они были переделаны в городскую поликлинику и стоматологию.



Е. А. Дедов, Г. П. Ломинский, космонавт А. В. Филипченко. 1983 г.

Кроме строительства новых зданий для медсанчасти Ломинский старался держать под контролем непосредственную работу медиков. Один раз в неделю назначалось время официального приема по делам медико-санитарного отдела.

За большой вклад в развитие медицины в городе Георгий Павлович был награжден значком «Отличник здравоохранения СССР» (см. копию приказа по Минздраву). Конечно, по сравнению со всеми другими наградами Георгия Павловича, этот значок выглядел более чем скромно, но этой высшей наградой Министерства здравоохранения СССР Ломинский очень гордился.

Теперь о работе со строителями. Отношения с ними тогда были весьма сложными. Частенько задания, выполнялись только на словах. Поэтому Георгий Павлович разработал специальную систему – накануне оперативки, посвященной вопросам строительства, он сам без предупреждения приезжал на объект и уже на совещании был во всеоружии – фактами владел не хуже самих строителей. Услышав доклад, не соответствовавший тому, что увидел он, спрашивал: «Вы ничего не забыли?». Если же видел, что ему преподносят потемкинские деревни, говорил: «Хорошо, сейчас кончится оперативка, поедем и посмотрим».

Говорят, к хорошему привыкаешь быстро. Может быть, и снежинцы за годы директорства Ломинского привыкли к тому, что за городом присматривает строгий хозяйский глаз. Но вот взгляд со стороны.



Г. П. Ломинский с автором книги «Зубр» Даниилом Граниным в лодке на озере Сунгуль, на берегу которого в Лаборатории «Б» в 1947–1955 гг. работал Н. В. Тимофеев-Ресовский. 1987 г.

Приведем впечатление о тогдашнем городе уважаемого ветерана ВНИИЭФ Льва Федоровича Беловодского: «Снежинск всегда приятно поражал нас ухоженностью, порядком и хорошим снабжением. В этом городе, по сравнению с Арзамасом-16, люди быстрее получали квартиры и ставили телефоны, четко работал городской и служебный автотранспорт, своевременно чистились от снега дороги и тротуары, прекрасно функционировал отдел рабочего снабжения. Во всем этом несомненная заслуга Г. П. Ломинского, который фактически был полновластным хозяином города».

Такие слова, да еще от вечных друзей-конкурентов, нельзя отнести на счет простой вежливости.

Когда приезжавшие в город представители различных контролирующих органов, да и просто гости Снежинска интересовались, как удается добиваться такого порядка в жизни города директору градообразующего предприятия, Георгий Павлович с улыбкой отвечал: «Ходим, смотрим, гоняем!».

Здесь уместно привести слова Льва Дмитриевича Рябева, сказанные о Ломинском в то время, когда Рябев был директором ВНИИЭФ: «...Его позиция показывает, что мелочей на "объекте" нет. Там, где речь идет о человеке, важно все – в каких условиях он трудится, как налажен его быт, решаются ли социальные вопросы – и всем этим факторам Ломинский уделял немалое внимание. Я видел, как мой коллега вникает в эти

вопросы и какая от этого отдача для института. Это и был стиль Георгия Павловича и школа тех людей, которые вышли из довоенной и военной поры. Они не считали хозяйственную работу второстепенной. Если это нужно их работнику, значит нужно этим заниматься».

Завершая статью о директоре и хозяине города Георгии Павловиче Ломинском, отметим, что, будучи сам внимательным к людям, он ни о чем не просил. Для дела – может быть, для себя – никогда.

В 1987 г. здоровье Георгия Павловича сильно пошатнулось. В 5-м ГУ МСМ было принято решение о назначении Владимира Зиновьевича Нечая первым заместителем директора

ВНИИТФ, который, можно сказать, после годичной стажировки под руководством Ломинского с 1988 г. руководил институтом следующие труднейшие восемь лет.

Георгий Павлович скончался 17 июня 1988 г. в Москве, похоронен на Троекуровском кладбище.

Память об этом замечательном человеке, много сделавшем для укрепления обороноспособности СССР – России, жива в делах института и города. Его именем названы одна из улиц Снежинска и детский оздоровительный лагерь; на административном здании, где работал Г. П. Ломинский, и на стене дома, где он жил, установлены мемориальные доски; в 1975 г. ему было присвоено звание «Почетный гражданин Снежинска».

В 2018 г. РФЯЦ-ВНИИТФ торжественно отмечает 100-летие со дня рождения незабываемого Человека, Генерала, Директора – Георгия Павловича Ломинского.

ВОЛОШИН Николай Павлович –
помощник директора РФЯЦ-ВНИИТФ,
доктор техн. наук, лауреат Государственной
премии и премии Правительства РФ

Какова роль «неформата» в жизни ученого?

К 60-летию открытия эффекта Мессбауэра

Н. Е. АБЛЕСИМОВ

14 сентября 2011 г. ушел из жизни физик, открытие которого дало химии новую спектроскопию, названную его именем – мессбауэровская.

Развитие этого вида спектроскопии началось в 1958 г., когда Рудольф Мессбауэр опубликовал статью об открытом им явлении – резонансной ядерной флуоресценции. О его сути уже писали (Яковлев В. Эффект Мессбауэра. Что это такое?).

Итак, первый «неформат». Свое открытие Р. Мессбауэр сделал во время подготовки к степени PhD (эквивалент нашей аспирантуры) в 1955–1958 гг. в институте Макса Планка. Для работы ему был нужен радиоактивный изотоп ^{191}Os , который получают при облучении нейтронами в ядерном реакторе стабильного изотопа ^{190}Os . Где его взять в послевоенной разрушенной поверженной Германии? Какие реакторы? Какая радиоактивность? Выручила международная солидарность ученых. Р. Мессбауэр попросил сделать облучение своего английского друга в суперсекретном Британском ядерном центре «Харуэлл». Тот, рискуя своей карьерой и свободой, подпольно сделал эту работу и послал самолетом бандероль с радиоактивным изотопом ^{191}Os в Германию. В результате была открыта резонансная ядерная флуоресценция на переходе ^{191}Os ^{191}Ir и в 1958 и 1959 г. опубликованы две статьи. Автору, в возрасте 32 лет, вручили Нобелевскую премию за 1961 г. Это была первая премия по физике, врученная гражданину Германии за послевоенные работы (в 1954 г. В. Боте и М. Борн были награждены Нобелевской премией по физике за работы 1920-х гг.).

Еще один «неформат» в жизни Р. Мессбауэра. С 1961 по 1964 г. ученый служил профессором в знаменитом Калтехе в Калифорнии (США). Казалось бы, все есть: научное признание, должность и соответствующий оклад, прекрасные возможности для работы. Но он возвращается в Германию, в Технический университет Мюнхена. Вслед за ним еще несколько немецких ученых, работавших в США, вернулись в Германию, что назвали «вторым эффектом Мессбауэра». Что это? Патриотизм? Обостренное чувство ответственности за развитие отечественной науки? Наверное. Вам это ничего не напоминает? Во всяком случае, ситуация с наукой в современной России не лучше, чем в послевоенной Германии, а наши «мессбауэ-



Немецкий физик Рудольф Мессбауэр, получивший в возрасте 32 лет Нобелевскую премию по физике в 1961 г. за открытие резонансной ядерной флуоресценции

эры» все еще «за шеломянем еси», т. е. по современному «за бугром»!

Р. Мессбауэр всегда считал науку интернациональной. В разгар «холодной войны» он способствовал установлению тесных связей с учеными СССР («империей зла» по тогдашней терминологии), в частности, с Институтом химической физики (АН СССР, твердые ракетные топлива и химические взрывы) и Институтом атомной энергии (Минсредмаш СССР, атомное и термоядерное оружие) – очень «закрытыми» в ту пору организациями. В 1982 г. Р. Мессбауэр был избран иностранным членом Академии наук СССР.

И последний «неформат». В сентябре 1983 г. в Алма-Ате проходила мессбауэровская конференция ICAME'83, посвященная 25-летию открытия эффекта. Должны были приехать 400 зарубежных ученых. Но произошел пограничный инцидент в воздушном пространстве СССР, в результате которого 1 сентября 1983 г. советским истребителем был сбит южно-корейский Боинг-747. За границей Аэрофлоту был объявлен бойкот. Иностранцев прибыли единицы. Но Р. Мессбауэр провалился. Там то, на заключительном банкете, он и рассказал о детективном начале своей карьеры.

За 50 лет по данной тематике опубликовано 51265 статей 45859 авторов в 3354 журналах и 1506 монографий, включая 132 книги, посвященные полностью мессбауэровской спектроскопии.

Вот такой «неформат»!

АБЛЕСИМОВ Николай Евгеньевич –
член-корреспондент РАЕН, профессор,
доктор химических наук

КОРНЕПЛАСТИКА – хобби ученого А. И. Герасимова

В ноябре 2017 г. было открытие в Доме ученых выставки по корнепластике – поделок из корней деревьев в виде подобия каким-то существам. Автор оригинального хобби – Анатолий Иванович Герасимов, кандидат физ.-мат. наук, лауреат Ленинской премии, ветеран Великой Отечественной войны, изобретатель СССР, почетный ветеран ВНИИЭФ, автор и соавтор свыше 450 научных и научно-популярных публикаций, а также повести «На стройках Сарова (1951–1954 гг.)» в сборнике «Саровский летописец», Саров–Арзамас «АГПИ», 2009; книги воспоминаний «Из прожитого и сотворенного», Саров ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2013 и т. д.; в 2005–2010 гг. Анатолий Иванович был активным членом редколлегии журнала «Атом».

А. И. Герасимов родился 21.12.1930 г. в деревне, расположенной на северо-востоке Рязанской области, в красивой лесистой и озерной местности, издавна называемой Мещерской стороной. После окончания 7 классов поступил учиться сначала в Рязанский художественный техникум, а затем перешел в Рязанский техникум железнодорожного транспорта, который окончил в 1950 г., получив квалификацию и специальность «Техник-лейтенант пути и строительства» (железнодорожники находились тогда на военном положении), и был направлен на сооружение Московского госуниверситета им. И. В. Сталина (переименовали в им. М. В. Ломоносова после смерти вождя в 1953 г. и отменили установку его 20-метровой статуи из нержавеющей стали на главном корпусе МГУ). А через год успешной работы А. И. Герасимов был откомандирован в Приволжскую контору Главпромстроя МВД г. Шатки (современный Саров) для руководства заключенными на стройках различного назначения. Будучи старшим мастером, участвовал на сооружении зданий на заводах, полигонных площадках, жилых домов, проектировании и прокладке железных дорог и т. п. По прибытии в Саров сдал экзамены и был принят на учебу в вечернее отделение МИФИ № 4. После окончания в 1957 г. института и присвоения квалификации инженера-физика по физическому приборостро-



ению начал работать в секторе 4 (ныне ИЯРФ), прошел путь от лаборанта до начальника крупнейшей лаборатории ИЯРФ (по штату 176 чел.). По совместительству преподавал в Саровском политехникуме курс «Счетчики и детекторы излучений», руководил лабораторией ядерной физики в МИФИ № 4 и практикой в ней студентов-вечерников. По результатам производственной и общественной деятельности (был председателем цехкома профсоюза отдела, членом профкома и председателем производственной комиссии отделения и пр.) многократно заносился на Доску почета отделения и ВНИИЭФ, получал денежные премии, знаки отличия, награды. На пенсию ушел в возрасте 80 лет в 2010 г. и увлекся корнепластикой; встречается с бывшими коллегами по работе, участвует в общественных мероприятиях, в 2015 г. стал призером общероссийского конкурса на стихотворение к 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. и получил денежную премию; награжден грамотой «Победитель городского конкурса "Читатель года – 2015"», в 2016 г. – Почетной грамотой за II место в фотоконкурсе «Семейное селфи», знаком «Гражданин страны Росатом», памятной медалью «Дети войны 1926–1945 гг.», опубликовал в 2016–2017 гг. в газете «Саров» ряд статей на общегородские темы, а в газете «1000 советов» в 2017 г. – пять заметок. А. И. Гераси-



мов имеет садово-огородный участок, на котором с удовольствием занимается выращиванием овощей и фруктов.

На фотографиях с выставки по корнепластике представлены поделки А. И. Герасимова. На создание каждой из них необходимо много физического и творческого труда, вдохновения и терпения. По словам Анатолия Ивановича, надо отыскать где-то в городе или в лесу вывороченный пень. В засыпанном землей переплетении корней «углядеть» возможное подобие какой-то живности. Затем этот пень надо несколько раз перекантовать, что вручную трудоемко, а иногда и невозможно. В зафиксированном положении пня следует в предполагаемом месте очистить корни от земли. При этом нередко оказывается, что действительная и воображаемая форма корней сильно различаются.

Если выясняется, что часть корней имеют нужные габариты и формы, то их нужно отпилить от пня так, чтобы позже в домашних условиях минимально доработать, снять кору и высушить при комнатной температуре в течение нескольких месяцев. С сухих корней удалить выступы и отростки, довести до нужного чернового вида. Затем с помощью резцов и ножей начинается кропотливая подгонка корней до задуманного вида в макете. Иногда требуется

заделка прочной клеевой шпаклевкой щелей и неровностей. Затем поверхность корней выравнивается драчёвыми и личными напильниками, полируется микронной наждачной шкуркой. Продумывается расцветка поверхности модели и окрашивается акварельными красками, наиболее подходящими, по мнению автора, для нее. Такое окрашивание производится в несколько приемов с тщательной сушкой после каждого из них. Окончательно весь макет покрывается 6–8 раз бесцветным лаком.

Таким образом, только от момента завершения сушки корней до полной готовности корнепластикового макета необходимо от 2 до 5 месяцев в зависимости от размеров и сложности.

В итоге кропотливого творчества А. И. Герасимов создал «зоопарк» современных, древних и мифических макетов существ. А дерево, в отличие от многих других твердых веществ, является материалом «теплым, мягким, приятным и естественным», поэтому хочется подольше подержать в руках каждую корнепластиковую живность.

Научно-популярный журнал для всех, кто интересуется историей создания ядерного оружия, новыми направлениями развития современной физики, наукоёмкими технологиями

Учредитель —
ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»), г. Саров. Зарегистрирован Госкомитетом РФ по печати за № 12751 от 20.07.94 г.

С содержанием журналов можно ознакомиться на сайте РФЯЦ-ВНИИЭФ www.vniief.ru

Адрес редакции:
607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, 37, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Тел.: (831-30) 775-85,
факс: (831-30) 776-68,
e-mail: volkova@vniief.ru

Индекс подписки
в Каталоге Роспечати 72249

Работы А. И. Герасимова



