

ATOM

№ 37 '2008





Валентин Ефимович Костюков

назначен приказом по Федеральному агентству по атомной энергии директором ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики» на основании Решения конкурсной комиссии от 20.02.2008 г.

В. Е. Костюков родился 12 августа 1949 г. Окончил Горьковский политехнический институт им. А. А. Жданова по специальности «Технология

машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» в 1977 г. Прошел трудовой путь от младшего инженера до директора (с 1994 г.) ФГУП ФНПЦ «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю. Е. Седакова» в Нижнем Новгороде. Кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент Международной академии информации, первый вице-президент Нижегородской ассоциации промышленников и предпринимателей, автор свыше 100 публикаций и 4 изобретений. Имеет государственные и ведомственные награды: орден Почета, орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени, знак отличия в труде «Ветеран атомной энергетики и промышленности» Министерства РФ по атомной энергии, нагрудный знак «Е. П. Славский» Федерального агентства по атомной энергии. Лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники. Награжден благодарственной грамотой Патриарха Всея Руси Алексия II.

В НОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- 2** Н. Н. Петров Плазменный фокус. Воспоминание о будущем
- 7** А. И. Герасимов Вода — простейшее, но аномальное вещество

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 16** В. М. Горбачев К истории разработки термоядерного заряда РДС-37
- 24** Г. А. Гончаров Двухступенчатый термоядерный заряд РДС-37
- 26** А. И. Герасимов История создания импульсного высокочастотного ускорителя для рентгенографирования быстропротекающих процессов
- 32** Ю. М. Макаров Харьковский ускоритель электронов во ВНИИЭФ
- 35** С. П. Егоршин Из истории противовоздушной обороны Сарова
- 41** В. А. Степашкин Пассажир № 1... и вся жизнь на колесах
- 44** С. А. Зеленцов О начале создания ракетных войск стратегического назначения

НАША ЗЕМЛЯ

- 46** И. Н. Чуркин Солнечная поэзия Михаила Тимонина

На 1-й стр. обложки: Фото из каталога «Оружие России», издательство «Военный парад», 1996 г.

Адрес редакции: 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОПИНТИ. Телефон: (831-30)205-25. Факс: (831-30)205-47. E-mail: volkova@vniief.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ — ФГУП
«РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР - ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»
(РФЯЦ-ВНИИЭФ)

ЗАРЕГИСТРИРОВАН
ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОМИТЕТОМ РФ
ПО ПЕЧАТИ
№ 12751 от 20.07.94 г.
Издается с декабря 1994 г.

Главный редактор

начальник отдела ИТМФ, доктор физ.-мат. наук, профессор С. А. Холин

Редакционная коллегия

Н. А. Волкова (зам. гл. редактора, зам. нач. ОПИНТИ);
А. К. Музыря (зам. гл. редактора, канд. техн. наук, ВНИИТФ);
А. И. Герасимов (ведущий научный сотрудник ИЯРФ, канд. физ.-мат. наук);
Л. Н. Пляшкевич (ведущий научный сотрудник НТЦФ, канд. техн. наук);
Ю. Н. Смирнов (ведущий научный сотрудник РНЦ «Курчатовский институт», канд. физ.-мат. наук);
В. А. Разуваев (начальник отдела ИЯРФ);
А. В. Чувиковский (начальник ИПК РФЯЦ-ВНИИЭФ);
А. Е. Малеев (художник-инженер ИЯРФ);
В. И. Лукьянов (директор Музея РФЯЦ-ВНИИЭФ)

Редактор Е. А. Мясоедова

Компьютерная подготовка оригинала-макета

Е. Л. Соседко, В. В. Ельцов

© ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2008
© Авторы публикаций, 2008

Отпечатано
в Издательско-полиграфическом
комплексе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
2008 г.

Налоговая льгота — общероссийский
классификатор продукции ОК-005-93,
том 2; 953000 — книги, брошюры

Подписано в печать
27.05.08 г.
Формат 84×108/16
Печать офсетная
Усл. печ. л. ~5,0
Уч.-изд. л. ~5,0
Тираж 1000 экз.
Заказ 788-2008



ПЛАЗМЕННЫЙ ФОКУС. ВОСПОМИНАНИЯ О БУДУЩЕМ

Н. Н. ПЕТРОВ

В широко известном в 1960-х гг. фильме «Девять дней одного года» действие разворачивается вокруг установки, на которую разряжается мощная конденсаторная батарея. Гром разрядов, пляшущие осциллограммы, сыплющиеся нейтроны... Реальными прототипами главных героев фильма были супруги Филипповы из ИАЭ им. Курчатова, а прототипом установки — их камера «Плазменный фокус».

В 1954 г. Н. В. Филиппов, исследуя мощные сильноточные разряды типа z -пинч со сжатием канала газового разряда под действием сил собственного магнитного поля, с которыми связывали тогда большие надежды на получение импульсной термоядерной реакции, попытался преодолеть недостатки z -пинчей, перейдя к плоской металлической разрядной камере (рис. 1). После подачи от конденсаторной батареи 1 через разрядник 2 напряжения на катод 3 происходит пробой рабочего газа по поверхности изолятора 4, где и образуется поверхность 5 разрядного токового слоя. Давлением магнитного поля, сосредоточенного внутри изолятора, этот токовый слой отрывается от изолятора и ускоряется вдоль стенок 6 камеры, а затем токовая оболочка сходится к оси. Около оси создается небольшая область плотной плазмы 7 воронкообразной конической формы, которая является источником импульсного нейтронного излучения. Эта область получила название «плазменного фокуса», а заодно так стала называться и вся камера.

После откачки воздуха и заполнения камеры рабочим газом (дейтерием, водородом, дейтериево-третиевой смесью) проводится серия так называемых тренировочных разрядов, при которых жестких излучений (рентген, нейтроны) из области 7 не наблюдается. Это нужно для удаления примесей воздуха из поверхностных слоев электродов и насыщения их рабочим газом, напыления металлической пленки на изолятор и анод. С ростом числа разрядов каждая установ-

ка проходит три стадии, сменяющие друг друга через несколько сотен пусков. Сначала осуществляется режим с одним сжатием плазмы в области 7 с одной мощной вспышкой нейтронного излучения. Затем следует режим с двумя сжатиями, когда наблюдаются две начальные сравнительно малоинтенсивные вспышки нейтронного и рентгеновского излучений, а в основной вспышке их интенсивность возрастает в несколько раз. Когда толщина напыленного на анод металла, насыщенного рабочим газом, достигает десятков микрон, наступает режим с генерацией рентгеновского и высокоинтенсивного нейтронного излучения. В 1961 г. аналогичные явления наблюдались Дж. Мейзером в цилиндрических коаксиальных плазменных инжекторах.

Благодаря нецилиндрической форме радиальной кумуляции сжатие плазмы в зоне плазменного фокуса оказалось существенно более устойчивым, а концентрация энергии на конечной стадии заметно выше, чем в z -пинчах, что и привело к значительному росту нейтронного излучения. Результаты исследований были настолько впечатляющими, что стимулировали развитие международного сотрудничества, в том числе и создание объединенной европейской программы по плазменному фокусу. Однако генерация одновременно с нейтронами рентгеновского излучения, аналогичного наблюдавшемуся ранее в z -пинчах, уже с первых опытов позволяла делать вывод о нетепловом происхождении нейтронов и бесперспективности плазменного фокуса с точки зрения нагрева плазмы до термоядерных температур.

Тем не менее, камеры «Плазменный фокус» интенсивно изучались в СССР и за рубежом. В 1959 г. во ВНИИЭФ под руководством будущего академика А. И. Павловского был проведен опыт с камерой Филиппова, запитываемой от взрывного магнитокумулятивного генератора. Это решение являлось довольно легкомысленным, поскольку никакого опыта работы с плазменным

фокусом до этого во ВНИИЭФ не имелось. Когда ни одного нейтрона не получили, приняли мудрое решение: исследовать сначала работу камеры с питанием от конденсаторной батареи.

Это поручили лаборатории Е. Н. Смирнова. Была построена батарея с энергией до 200 кДж и напряжением до 50 кВ. Начались эксперименты. Но что-то новое удалось получить только в 1965 г., когда была предложена комбинированная камера (анод в камере Филиппова удлиннили на 200–300 мм). В результате исчезла необходимость в длительной тренировке камеры, нейтронное излучение возросло в 10–20 раз и в отдельных опытах достигло $(3-5) \cdot 10^{10}$ нейтронов за импульс.

В 1966–1968 гг. была проведена оптимизация конструкции камеры, разработаны и исследованы конструкции двухконтурных камер цилиндрического и радиального типов, проведены исследования работы камеры на смеси дейтерия с тритием в широких диапазонах давления, их концентрации и разрядного тока. Максимальное увеличение выхода нейтронов (до 70 раз) имело место при равных концентрациях дейтерия и трития.

При токе 1,3 МА выход нейтронов составил $2 \cdot 10^{12}$ нейтронов за импульс. В этом диапазоне зависимость выхода от тока хорошо описывалась выражением $N = 2 \cdot 10^{12} (I/I_0)^5$, где $I_0 = 1,3$ МА. Для дальнейшей проверки этой зависимости при токах, увеличенных до ~ 3 МА, по инициативе А. И. Павловского были построены под руководством Е. Н. Смирнова 30-киловольтные конденсаторные батареи МКБ-1 на энергию 1 МДж и МКБ-2 — на 2,7 МДж и изготовлена крупнобаритная камера (диаметры анода — 0,8 м, катода — 1 м), с которой и начали опыты на батарее МКБ-1.

Кроме того, для исследования возможности работы камеры в области высоких давлений (по-

рядка атмосферного) были начаты исследования по формированию симметричных плазменных оболочек с помощью электрического взрыва лайнеров из алюминиевой фольги или тонких вольфрамовых проволочек (50–100 микрон).

Уже в самом начале работ на мегаджоульном плазменном фокусе возникли серьезные проблемы с механической прочностью изолятора и согласованием электротехнических параметров фокуса и батареи. Генерация нейтронов наблюдалась лишь в области низких давлений (0,1–0,5 тор). При увеличении тока обнаружилось отклонение выхода нейтронов от предсказываемого формулой зависимости от величины тока.

Поэтому для дальнейших исследований был создан новый экспериментальный комплекс на основе 35-киловольтной батареи энергоемкостью около 400 кДж и использованы модифицированные камеры Мейзера с сетчатыми трубчатыми катодами (прозрачность $\sim 50\%$), сделанными из нержавеющей стали с толщиной стенки 10 мм [1].

Камера типа РК-200 с наружным диаметром 200 мм имела анод диаметром 120 мм, длиной 140 мм. Катод был сделан из перфорированной трубы с внутренним диаметром 160 мм. Изолятор — из полиэтилена, цилиндрическая часть которого была защищена от контакта с плазмой керамической вставкой длиной 120 мм. Аналогичная камера РК-450 имела наружный диаметр 450 мм, диаметр анода 200 мм, длину анода 190 мм, диаметр катода 310 мм.

С этими камерами были проведены исследования при токах 1,4–2,1 МА, давлении дейтерия 1–10 тор и энергетике 100–400 кДж. Максимальный выход нейтронов $2 \cdot 10^{11}$ за импульс получен в РК-200 при токе 2,1 МА и давлении дейтерия 6 тор. В исследованном диапазоне токов выход нейтронов был пропорционален $0,5 \cdot 10^{11} I^4$

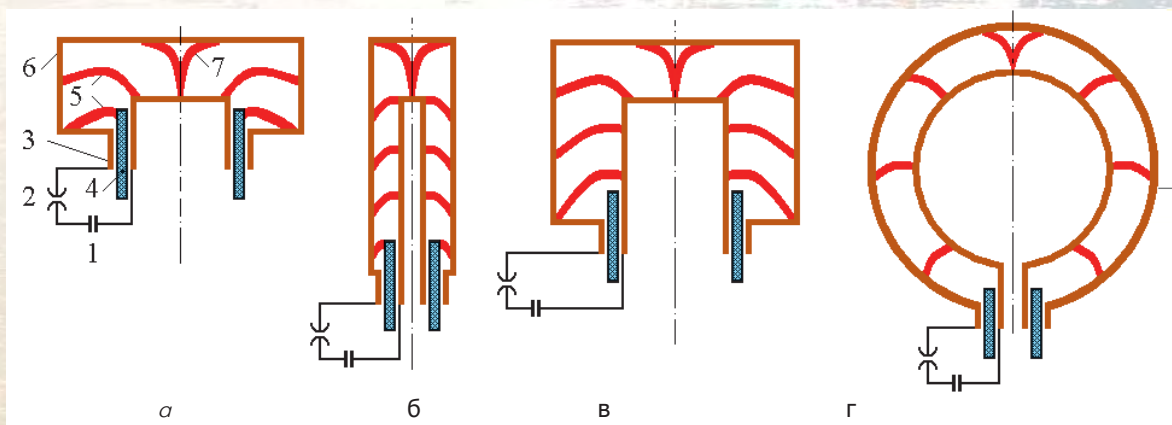


Рис. 7. Схемы установки плазменного фокуса: а — схема Н. В. Филиппова; б — Дж. Мейзера; в — комбинированная схема; г — схема Н. Г. Макеева

(ток в МА), он также удовлетворительно описывался и зависимостью $0,25 \cdot 10^{10} I^5$. Наибольший вклад в эти исследования внесли Е. Н. Смирнов, Е. Ф. Жолобов, Н. Н. Петров, В. Н. Суворов, Г. В. Карпов, Б. Г. Птицын.

Исследования этих камер продолжались до 1979 г. Но затем в исследованиях плазменного фокуса наступил спад, возникла идеологическая неопределенность, и в 1982 г. лаборатория Е. Н. Смирнова была расформирована.

В 1964 г. в физическом отделении ВНИИЭФ (ныне ИЯРФ) В. А. Цукерманом и Н. Г. Макеевым началась разработка компактных сферических камер плазменного фокуса. В 1972 г. были созданы отпаянные камеры (типа СФК-5). Они имели стабильные выходные характеристики при небольших массогабаритных параметрах. На дейтериево-третиевой (D-T) смеси при энергии питания 30 кДж камеры позволили получить импульс нейтронов $\sim 10^{12}$ длительностью 25 нс. Они широко применялись в экспериментах как импульсные источники быстрых нейтронов, рентгеновского излучения и высокоскоростных плазменных струй для активационного анализа, для нейтронографии, для формирования дефектов в полупроводниках и т.п.

В 1966 г. проведены первые опыты по запитке камер Н. Г. Макеева от компактного магнитокумулятивного генератора, разработанного в подразделении В. К. Чернышева. В 1975 г. при импульсе тока с амплитудой 1,2 МА с фронтом нарастания ~ 1 мкс в камере с D-T смесью получено $\sim 10^{12}$ нейтронов в импульсе длительностью ~ 50 нс. На основе этих опытов разработаны компактные автономные источники нейтронов для исследования

работоспособности различных устройств при воздействии внешнего нейтронного излучения. За разработку таких источников в 1980 г. сотрудники ВНИИЭФ Н. Г. Макеев, Г. Н. Черемухин, В. К. Чернышев, В. А. Демидов, А. Д. Демидов, Г. И. Волков, А. Е. Телегин, Г. В. Табаков были удостоены Государственной премии.

Программа общеевропейских исследований («Объединенная европейская программа исследований плазменного фокуса») начала 1970-х гг. была принята на фоне успехов, достигнутых на установках первого поколения. Цель программы состояла в том, чтобы проверить, сохраняется ли без изменения зависимость выхода нейтронов от тока вплоть до максимально осуществимых энергий (токов), и лучше понять природу основных явлений, ответственных за генерацию нейтронного излучения. В рамках программы были созданы крупномасштабные установки во Франции (Лимейл), с энергетикой 340 кДж, Германии (Штутгарт, установка «Посейдон»), с энергетикой 500 кДж, Италии (Фраскатти) — 1 МДж. В США создали установку с батареей на 720 кДж. В начале работы над программой во Фраскатти возникли неожиданные затруднения, однако работа продвигалась успешно, и был получен выход нейтронов около 10^{12} при 560 кДж, который сопоставим с рекордным выходом D-D нейтронов $2,5 \cdot 10^{12}$, достигнутым в США (Лос-Аламос) при энергетике 400 кДж. Во Фраскатти использовалась гибридная камера Филиппова—Мейзера, а в Лос-Аламосе — классическая камера Мейзера [2]. Ожидалось, что при энергии конденсаторной батареи ~ 1 МДж выход D-D нейтронов достигнет 10^{13} нейтронов за импульс.

До настоящего времени продолжает действовать установка ПФ-1000 в Варшаве (рис. 2). Это наиболее крупная в мире установка плазменного фокуса: объем разрядной камеры 4 м³, диаметры анода 23 см, катода — 52 см. При необходимости внутри камеры может поместиться человек для проведения наладочных работ (рис. 3). К сожалению, энергетика невелика — всего ~ 1 МДж, ток 2 МА, поэтому выход нейтронов всего $1,1 \cdot 10^{11}$ на D-D реакции. Работает также установка КПФ-4 — ФЕНИКС в Сухуми (Абхазия) с диаметром анода 18 см, катода — 30 см, с энергетикой ~ 1 МДж, током 2–2,5 МА, дающая $\sim 10^{11}$ нейтронов за импульс.

В экспериментах на установках плазменного фокуса мегаджоульного диапазона обнаружилось неприятное изменение зависимости выхода нейтронов от тока: рост выхода был существенно меньшим, чем это ожидалось. К тому же было

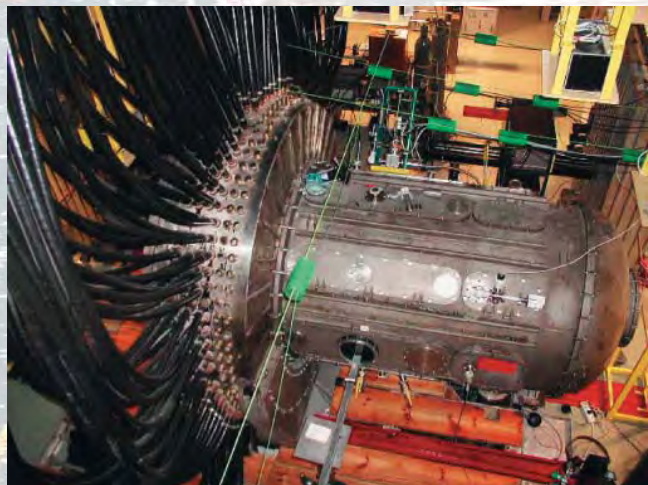


Рис. 2. Самая крупногабаритная в мире установка плазменного фокуса создана в Варшаве



Рис. 3. В варшавскую камеру при необходимости может поместиться человек

экспериментально доказано, что подавляющая часть нейтронов имеет ускорительную природу, т.е. реакции термоядерного синтеза $D+D$ и $D+T$ обусловлены не температурой, а взаимодействием с плазмой пучков ускоренных ионов D и T . Такие нейтроны назвали ускорительными. Генерируются они из областей разряда, которые не совпадают с зонами перетяжки плазменного шнура.

Те нейтроны, выход которых в результате термоядерных реакций обусловлен высокой температурой, назвали тепловыми, или термоядерными. В экспериментах их доля составляла всего $\sim 10^{-3}$ – 10^{-4} от общего числа нейтронов. Термоядерные нейтроны генерируются в фазе максимального сжатия и только на установках с большими токами и временами нарастания тока. Генерация ускорительных нейтронов наблюдалась, как правило, в нестабильной фазе разряда, возникающей после развития перетяжки. Однако в короткоимпульсных высоковольтных (до ~ 300 кВ) установках с большой скоростью нарастания тока ($\sim 10^{13}$ ампер в секунду) — установка SPEED-2 в Германии — и в установках с большой энергетикой (установка во Фраскатти, установка «Посейдон») нейтроны возникали и до развития перетяжки в фазе радиального сжатия, причем с ростом тока доля термоядерных нейтронов и длительность их генерации в этой фазе возрастала.

Механизмы ускорения нейтронов в плазменном фокусе пока недостаточно ясны. Предполагается, что в фазе радиального сжатия дейтроны

ускоряются при их отражении от плазменной оболочки (механизм ускорения Ферми), а их пробеги в плазме увеличиваются в несколько раз из-за ларморовского движения дейтронов. В нестабильной фазе ускорение дейтронов связывается с развитием аномального сопротивления. Высокая эффективность генерации нейтронов в ускорительных режимах определяется тем, что основная часть ускоренных дейтронов имеет энергию 100–150 кэВ, оптимальную для $D-D$ и $D-T$ реакций, к тому же и их пробег в плазменной мишени возрастает из-за ларморовского вращения.

При выходах $D-D$ нейтронов до 10^{12} за импульс зависимость выхода от тока удовлетворительно описывается выражением $N = 10^{10} I^4$, где ток I выражен в мегаамперах. При сохранении этой зависимости до токов ~ 100 МА выходы должны составить $\sim 10^{18}$ – 10^{20} нейтронов за импульс. Расчетами сотрудников ИАЭ им. Курчатова было показано, что такая зависимость от тока должна сохраняться с его увеличением, по крайней мере, до 100 МА. Но в опытах с плазменным фокусом с выходом $\sim 10^{13}$ нейтронов уже наблюдались заметные отклонения от этой зависимости: выходы были существенно ниже.

Поскольку опыты с еще более сильноточным плазменным фокусом не проводились, то для оценки предельных значений нейтронного выхода можно использовать расчеты А. Бирнбойма [3] для модели взаимодействия пучка ионов дейтерия с плазменной мишенью, где нейтроны — также ускорительные. Согласно этим расчетам, при энергии ионов 120 кэВ пучок с энергетикой ~ 500 кДж при взаимодействии с плазменной короной твердотельной тритиевой мишени генерирует $\sim 10^{17}$ нейтронов. Это более реалистичные оценки, так как по зависимости для плазменного фокуса должно быть на 3–4 порядка больше.

Однако эксперименты показали, что в плазменном фокусе часть ускорительных нейтронов с увеличением тока заменяется термоядерными, поскольку в приосевой зоне хорошо работающий при низких плотностях и температуре плазменной мишени ускорительный механизм переходит в тепловой (термоядерный), а максимальный выход ускорительных нейтронов в обычном плазменном фокусе — заметно меньше 10^{17} . При тепловом механизме заметно возрастает объем области генерации, длительность нейтронного импульса и, соответственно, время жизни термоядерной плазмы, а зависимость выхода нейтронов от тока для теплового механизма равновесного пинча остается пропорцио-

нальной четвертой степени тока и сохраняется с увеличением тока.

Так есть ли будущее у плазменного фокуса? Основные отличия плазменного фокуса от прямых z-пинчей заключаются в более высокой устойчивости сжатия, благодаря его нецилиндричности и возможности синхронизации старта радиальной кумуляции в максимуме тока. В настоящее время в z-пинчах на основе многопроволочных лайнеров эти условия реализованы. Однако многопроволочные пинчи требуют высокого вакуума, и нагрев D-D или D-T смеси возможен только в режиме конверсии энергии оболочки в изотропное рентгеновское излучение. Расчеты нагрева цилиндрической мишени с D-T газом при времени нарастания тока ~ 100 нс, выполненные в РФЯЦ-ВНИИЭФ [4], показали, что для реализации режима зажигания необходима энергия ~ 200 МДж, при этом нейтронный выход составит $\sim 10^{20}$ нейтронов за импульс. Для индуктивности разрядного контура ~ 10 нГн, принятой в этих расчетах, энергия ~ 200 МДж соответствует току ~ 200 МА, при котором, в соответствии с зависимостью нейтронного выхода от тока для термоядерного механизма, нейтронный выход также оказывается близким к 10^{20} . Такой уровень энергий и токов может быть реализован при использовании в качестве энергоисточника магнитокумулятивного генератора и при одновременном увеличении времени нарастания тока до 1–10 мкс, что неприемлемо для прямых z-пинчей, в том числе и для многопроволочных лайнеров, так как при таких временах устойчивая кумуляция экспериментально наблюдается только в плазменном фокусе, одновременно обеспечиваются и более оптимальные условия работы магнитокумулятивного генератора.

Основной недостаток крупномасштабных устройств плазменного фокуса состоит в снижении доли полного тока в области фокуса с ростом энергоемкости установок. На завершающем этапе исследований плазменного фокуса во Фраскати были сформулированы предложения по преодолению выявленных недостатков: необходимость работы при напряжениях свыше 100 кВ, замещение нейтрального газа в коаксиальной части магнитным полем, замена коаксиала индуктивностью, в которой накапливается магнитная энергия и затем в максимуме тока передается в фазу радиальной кумуляции.

Эти рекомендации в полном объеме реализуются в двухконтурных системах плазменного фокуса с импульсной инжекцией плазмы, разработка которых проводилась во ВНИИЭФ. По схеме энерго-

питания такие системы близки к системе МАГО (обжигание замагниченной термоядерной мишени), исследовавшейся в коллективах В. Н. Мохова и В. К. Чернышева. Это значительно упрощает их отработку, учитывая большие достижения в экспериментальных исследованиях системы МАГО с питанием от магнитокумулятивного генератора, часть из которых проводилась во ВНИИЭФ совместно с Лос-Аламосской лабораторией.

Одной из наиболее сложных проблем пинчей с импульсной инжекцией является согласование по массе инжектируемого газа, так как в зоне радиальной кумуляции необходимо создать плазму с плотностью $\sim 10^{19} - 10^{20}$ см⁻³. Однако эта проблема имеет чисто технический характер, и пути ее решения известны.

В заключение хочется напомнить одно из высказываний академика А. И. Павловского: «Для зажигания термоядерной реакции достаточно обеспечить необходимую концентрацию плотности энергии. Сочетание таких эффективных концентраторов импульсной энергии, как магнитокумулятивный генератор и плазменный фокус, и достижения РФЯЦ-ВНИИЭФ в разработке сверхмощных дисковых магнитокумулятивных генераторов позволяют надеяться не только на получение высокоинтенсивных потоков нейтронов, но и на зажигание термоядерной реакции».

Литература

1. J.W. Mather, P.J. Bottoms. Characteristics of the dense plasma focus discharge. The Physics of Fluids. 1968. V. 11. N. 3. P. 611.
2. O. Zucker, W. Bostick, et al. The plasma focus as a large fluence neutron source. Nuclear Instrument and Methods. 1977. V.145. P. 185.
3. A. Birnboim, E. Greenspan, D. Sharts. Inertial-confinement ion-beam wet-wood-burner fusion neutron source. Nuclear Fusion. 1979. V.19. N.12.
4. Долголева Г. В., Ермолович В. Ф., Ивановский А. В., Орлов А. П. О перспективах зажигания капсулы с D-T газом при газодинамическом сжатии компактным высокоскоростным плазменным лайнером // Физика плазмы. 2003. Т. 29. № 9. С. 826-829.

ПЕТРОВ Николай Николаевич —
заместитель начальника отдела НТЦФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, кандидат физ.-мат. наук,
лауреат Государственной премии



ВОДА — ПРОСТЕЙШЕЕ, НО АНОМАЛЬНОЕ ВЕЩЕСТВО

А. И. ГЕРАСИМОВ

Вода — древнейшая из тайн, вечно ставит в тупик физиков и химиков.

Дж. Бернал

О воде сложены былины и песни, пословицы и поговорки, ее называют святой, уважают и почитают. Каждый из нас общается с ней ежедневно, ежечасно. Она важнейший фактор всего живого и основная среда, в которой протекают практически все многочисленные биологические, химические и физико-химические процессы. Она единственная природная жидкость, правда, ее происхождение до сих пор не объяснено; остается только верить, что воду создал Бог. Тем не менее, по оценкам ученых, основная масса гидросферы сформировалась к началу палеозоя, 570 млн. лет назад [1]. Все остальные жидкости являются продуктами жизнедеятельности земных организмов или полученными человеком в ходе различной производственной деятельности. Воду изучают теоретики и экспериментаторы, химики и физики, биологи и гидрологи, представители многих других областей знаний. К настоящему времени накопилось много поразительных и совершенно непонятных фактов. Одни из них установлены твердо, другие требуют количественного надежного подтверждения, и все они ждут своего объяснения.

Например, еще никто не знает, что происходит с водой, протекающей через сильное магнитное поле. Физики-теоретики совершенно уверены, что ничего измениться не может, подкрепляя свою убежденность достоверными теоретическими рас-

четами, из которых следует, что после прекращения действия поля вода мгновенно возвращается в первоначальное состояние. А опыты показывают, что она изменяется и становится другой.

Достоверно установлено, что после пропускания через воду постоянного тока в специальном электролизере получается вода двух видов: щелочная («живая») и кислотная («мертвая»). При этом вода не просто ощелачивается или окисляется, а изменяются ее характеристики, в результате чего в ней иначе протекают физические и химические реакции. Поэтому «живая» и «мертвая» вода используется в технике, медицине и сельском хозяйстве. Для применения в домашних условиях такой воды выпускаются и продаются электроактиваторы, обеспечивающие получение качественных экологически чистых растворов анолита и катиолита.

Вода — уникальнейшее вещество на Земле. Внешне она кажется совсем простой и потому долго считалась неделимой. Лишь в 1766 г. Г. Кевендиш (Англия), а в 1783 г. А. Лавуазье (Франция) показали, что вода — это соединение в определенной пропорции кислорода и еще чего-то. После этого новый открытый в составе воды элемент получил химическое обозначение H и название Hydrogen (от греческого *hydro genes* — «порождающий воду») — водород, а молекулу воды стали химически обозначать H₂O

(окись водорода). Кстати говоря, атомы водорода составляют 93 % атомов Вселенной. Последующее изучение воды показало, что она является трудным объектом для исследований, ее свойства многогранны, изменчивы и не всегда прогнозируемы.

Поверхность земного шара на 75 % покрыта водой — это океаны, моря, озера, реки и ледники. Общие запасы свободной воды на Земле составляют 1,4 млрд. км³. Основное ее количество на поверхности Земли содержится в океанах (около 97,6 %), в виде льда — 2,14 %. Вода рек и озер составляет лишь 0,29 %, а атмосферная вода — 0,0005 %. Немалая часть гидросферы содержится в земной коре в виде грунтовых (до глубины 0,1 км) и поровых (до 2 км) вод. Академик В. И. Вернадский показал еще в 1942 г., что общий объем вод в земной коре сопоставим с объемом вод всего Мирового океана. Причем на глубинах более 5–10 км начинается загадочное царство сверхкритической воды (СКВ), в том числе в связанном состоянии (в минералах). СКВ, как универсальную среду для осуществления химических реакций, в лабораторных условиях исследуют с начала прошлого века. Если кипящую воду продолжать нагревать и увеличивать давление, то в момент достижения температуры 374 °С и давления 220,64 атм плотности жидкости и пара становятся одинаковыми, а граница раздела между этими фазами исчезает. В этой критической точке вещество переходит в промежуточное состояние СКВ — она не жидкость и не пар. У СКВ сильно изменяются относительная диэлектрическая проницаемость, электропроводность, ионное произведение, структура водородных связей, растворимость веществ и др. Малейшее изменение температуры и давления вблизи критической точки резко изменяет все физико-химические характеристики воды. На этом, например, основана технология гидротермального выращивания кристаллов, которой уже более полувека. Переноса на огромные расстояния растворенные в ней химические вещества, СКВ принимает участие в формировании земной коры, вулканической деятельности, в концентрации минеральных веществ в земной коре. Можно сказать, что благодаря СКВ сформировался геологический облик нашей планеты.

Кстати говоря, веществ, переходящих в сверхкритическое состояние достаточно много, например, пропан, аммиак, углекислый газ. Последний в сверхкритическом состоянии наиболее широко используется в различных технологиях, особенно на Западе, так как он имеет удобные

параметры: 31 °С, 73,8 атм. СКВ же из-за высоких температуры и давления не нашла широкого практического применения, хотя это наиболее распространенный дешевый, безопасный и экологически чистый растворитель. Поэтому для дальнейшего развития химии сверхкритических сред именно вода обладает наибольшим потенциалом как активный растворитель, реагент и катализатор для осуществления неорганических и органических реакций [2,3].

Вода находится в постоянном кругообороте. Почти четверть всей падающей на Землю солнечной энергии расходуется на испарение влаги с водоемов. Ежегодно поднимается таким образом в атмосферу 511 тыс. км³ воды. Примерно 2/3 атмосферной воды возвращается в виде осадков обратно в океан, а 1/3 выпадает на сушу, причем очень неравномерно. Среднее время пребывания влаги в атмосфере — 10 суток, вода в реках меняется за год примерно 30 раз, влага в почве обновляется за 1 год. Воды проточных озер обновляются за десятки лет, а непроточных — за 200–300 лет. Воды мирового океана обновляются в среднем за 300 лет. Из этих данных видно, как много надо времени для самоочистки водоемов!

Взрослый человек состоит из 60 % воды по массе, в то время как эмбрион — из 97 %, новорожденный — из 75 %. В тканях человека вода распределена неравномерно: в мозге — до 89 %, в крови — до 80 %, в мышцах — до 76 %, в костях — до 22 %. Таким образом, можно сказать, что человек живет потому, что до краев наполнен водой. Очистку воды в организме осуществляют почки, которые удаляют, вместе с частью воды, шлаки (продукты пищеварения, обмена веществ, кроветворения, синтеза тканей). За сутки вся кровь человека прогоняется через почки 360 раз. А гонит кровь сердце, сокращающееся за 60 лет более 2 000 000 000 раз и перекачивающее 150 000 м³ крови. Этого количества хватило бы заполнить озеро глубиной 2 м и диаметром около 300 м! Общий объем воды, потребляемый человеком в сутки при питье и с пищей, составляет 2–2,5 л. Благодаря балансу столько же воды и выводится из организма, причем через почки и мочевыводящие пути 60 %. В течение жизни человек выпивает почти 25 т воды! При потере организмом человека 6–8 % влаги сверх обычной нормы, повышается температура тела, краснеет кожа, учащаются дыхание и сердцебиение, появляется мышечная слабость и головная боль. Потеря 10 % воды может привести к неблагоприятным изменениям в органах, а потеря 15–20 % ведет к смерти, так как кровь настолько густеет,

что с ее перекачкой не справляется сердце. Без пищи человек может прожить около месяца, а без воды — всего несколько дней!

Практически все свойства воды аномальны, а многие из них не подчиняются логике законов физики, которые управляют другими веществами. Кратко отметим те из них, которые обуславливают существование жизни на Земле. Вначале о трех особенностях тепловых характеристик воды.

Первое. Вода — единственное вещество на Земле (кроме ртути), для которого зависимость удельной теплоемкости от температуры имеет минимум около 37 °С. Поэтому нормальная температура человеческого тела находится в диапазоне температур 36–38 °С (внутренние органы имеют более высокую температуру, чем наружные), т.е. в минимуме реализуется наиболее устойчивое состояние организма.

Второе. Удельная теплоемкость воды аномально высока. Чтобы нагреть определенное количество воды на один градус, необходимо затратить больше энергии, чем при нагреве других жидкостей (вдвое по отношению к простым веществам). Из этого вытекает уникальная способность воды долго сохранять тепло. Эта исключительная особенность способствует тому, что у человека нормальная температура тела поддерживается на одном уровне и жарким днем, и прохладной ночью, т.е. вода играет главенствующую роль в процессах регулирования теплообмена человека и позволяет ему поддерживать комфортное состояние при минимуме энергетических затрат. При нормальной температуре тела человек находится в наиболее выгодном энергетическом состоянии. Температура других теплокровных млекопитающих (32–39 °С) также хорошо соотносится с температурой минимума удельной теплоемкости воды.

Третье. Вода обладает высокой удельной теплотой плавления, т.е. воду трудно заморозить, а лед — растопить. Благодаря этому климат на Земле в целом достаточно стабилен и мягок.

Все эти указанные особенности тепловых свойств воды позволяют человеку оптимальным образом существовать в условиях благоприятной среды.

Интересна особенность в поведении объема воды. Плотность жидкостей, кристаллов, газов при нагревании уменьшается и при охлаждении увеличивается, вплоть до процесса кристаллизации или конденсации. Плотность же воды при охлаждении от +100 °С до +4 °С (точнее до 3,98 °С) возрастает, как и у подавляющего боль-

шинства жидкостей. Однако, достигнув максимума при 4 °С, плотность при дальнейшем охлаждении воды начинает уменьшаться. Другими словами, уникальная аномалия воды состоит в том, что максимальной плотности она достигает при 4 °С, а не при температуре замерзания 0 °С!

Замерзание воды сопровождается скачкообразным уменьшением плотности более чем на 8 %, тогда как у большинства других веществ процесс кристаллизации сопровождается повышением плотности. В связи с этим лед (твердая вода) занимает больший объем, чем жидкость, и плавает на ее поверхности. Столь необычное поведение плотности крайне важно для поддержания жизни на Земле. Покрывая воду сверху, лед играет роль плавучего одеяла, защищающего реки и водоемы от дальнейшего промерзания и сохраняющего жизнь подводному миру. Если бы плотность воды увеличивалась при замерзании, лед начал бы тонуть, а реки, озера и океаны замерзли бы целиком, превратившись в глыбы льда. Поэтому все живые существа в водоемах погибли бы. В момент же плавления льда объем воды скачком уменьшается на 10 %, в то время как, например, свинца — увеличивается в 1,003 раза!

Океаны и моря являются регуляторами климата земного шара. Суть их заключается в переносе воды океаническими течениями (течением Гольфстрим, Японским, Бразильским, Восточно-Австралийским) из экваториальных районов в более холодные и в противоположном направлении (холодными течениями: Канарским, Калифорнийским, Перуанским, Лабрадорским, Бенгальским).

Аномальным образом ведет себя изотермическая сжимаемость воды. В обычных жидкостях сжимаемость всегда уменьшается с понижением температуры. В воде же со снижением температуры ниже +46 °С сжимаемость растет!

Вода сильнее других жидкостей проявляет свойства универсального растворителя и растворяет в разной степени все элементы таблицы Менделеева. Если дать ей достаточно времени, она может растворить любое твердое вещество. Именно из-за уникальной растворяющей способности никому не удалось получить химически чистую воду — она всегда содержит растворенный материал сосуда. Вода с твердыми компонентами растворенных веществ является средой питания и поставщиком микроэлементов, необходимых для жизни растений, животных и человека.

Обратимся теперь к молекуле воды. Она самая маленькая среди подобных трехатомных

молекул (гомологов — водородных соединений типа H_2Be , H_2S , H_2Se , H_2Te , со свойствами которых традиционно сравнивают свойства воды). Молекулы гомологов при нормальных условиях образуют газы, а молекула воды — жидкость, хотя она легче, например, сероводорода H_2S почти в 2 раза. Почему? Ученые считают, что хаотическое сообщество молекул воды обладает свойством объединяться в кластеры (группы) типа $(\text{H}_2\text{O})_x$, причем « x » изменяется от 2 до 6. Под кластерами (ассоциациями) понимают группу атомов или молекул, объединенных физическим взаимодействием в единый ансамбль, как бы кристалл, но сохраняющих внутри его индивидуальное поведение. Это означает, что при комнатной температуре молекула воды не просто H_2O , а нечто среднее между $(\text{H}_2\text{O})_3$ и $(\text{H}_2\text{O})_6$. Короче говоря, вода — сложная жидкость. Поэтому, если бы вода подчинялась общим правилам гомологов, то должна была бы замерзать при температуре около — 100 °С, а закипать — при +10 °С.

Предполагается, что при 0 °С вода содержит много соединений $(\text{H}_2\text{O})_3$. При нагревании они диссоциируют с образованием соединений $(\text{H}_2\text{O})_2$ и сообщением воде максимальной плотности при

4 °С. С дальнейшим ростом температуры двойные молекулы распадаются на обычные, но даже при 100 °С водяной пар содержит некоторое количество молекул $(\text{H}_2\text{O})_x$. Если бы вода при испарении оставалась в виде $(\text{H}_2\text{O})_3$, $(\text{H}_2\text{O})_4$ или $(\text{H}_2\text{O})_6$, то водяной пар был бы намного тяжелее воздуха и поверхность Земли была бы покрыта вечным слоем тумана.

Долго вызывала споры форма молекулы воды. А это очень важно, так как форма и размеры молекулы определяют ее взаимодействие с другими молекулами и надмолекулярными структурами. Было точно определено, что одиночная молекула имеет в проекции на плоскость V-образную форму, в углу которой расположено ядро кислорода, а на концах сторон находится по ядру водорода, причем длина сторон и угол раствора зависят от агрегатного состояния жидкости. Для пара и льда стороны изменяются, соответственно, от 1,15 до 0,957 Å (1 Å = 10^{-8} см), а угол — от 104,5° до 109,5°, хотя не все ученые с этим согласны. Средний же диаметр молекулы гораздо больше стороны угла и формой молекула похожа на пухлый треугольный пирожок.

Именно в связи с треугольной формой молекулы воды и высокой ее полярностью значительная



часть молекул объединяется посредством «водородных» связей в пространственные структуры и ассоциации $(H_2O)_x$. Удовлетворительной теории структуры ассоциированной воды пока нет.

Вернемся снова к проекции на плоскость геометрической схемы молекулы воды. Вначале представим себе прямой отрезок АВ, равный единичной длине и разделенный в промежутке точкой С. Если выполняется соотношение $АС:СВ = АВ:АС = 0,61833:0,38196$, то такое деление отрезка АВ точкой С называют в математике «золотым сечением», или гармоническим делением. Этот термин ввел Леонардо да Винчи, хотя еще в античные времена красоту такого правила использовали в основе архитектурных пропорций многих замечательных творений мирового зодчества, в изобразительном искусстве, в музыке это отображает особенности человеческого восприятия временных пропорций. Это правило проявляется в красоте и гармонии биологического и физического мира. Оказывается, если в схеме молекулы воды соединить атомы водорода прямой линией, то отношение длины каждой стороны к длине соединяющей линии равно 0,618! Получается, что в основе конструкции молекулы воды лежит золотая пропорция!

Такая элегантность молекулы очаровывает и восхищает. Поэтому роль воды в природе и жизни не может быть правильно оценена без учета красоты формы молекулы, и свойства воды необходимо иногда интерпретировать, выходя за рамки традиционной научной парадигмы. Тогда некоторые загадки воды могут быть объяснены таким ненаучным понятием, как гармония. Следует отметить, что все остальные трехатомные молекулы-гомологи имеют валентный угол около 90° и отношение длин сторон в их геометрическом треугольнике, далекое от золотой пропорции.

Совсем недавно, впервые сотрудниками Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН, обнаружены неизвестные ранее макроструктуры воды, возникающие при конвективной подвижности ее при комнатной температуре [4]. При положительных температурах вода испаряется из любого открытого водоема, а следовательно, верхние слои ее оказываются более холодным, чем внутренние. Температурный градиент приводит воду в движение: холодные слои опускаются вниз, теплые — поднимаются. В результате поверхность воды разбивается на ячеистые структуры, регистрируемые инфра-



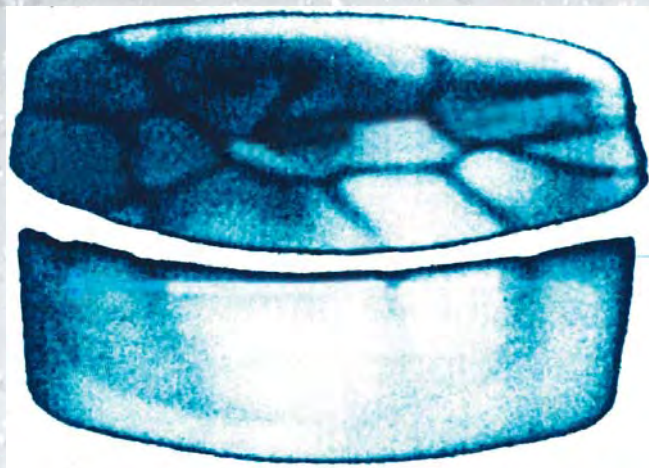


Рис. 1. Ячейки, возникшие из-за испарения воды в круглом сосуде при комнатной температуре и видимые в инфракрасном свете с длиной волны 8–12 мкм

красными камерами с пространственным разрешением 30–50 мкм, с появлением горбов и впадин (рис. 1). Механизм их образования связан с одновременным проявлением разнообразных сил природы: гравитационных, тянущих воду вниз; архимедовых, поднимающих нагретые слои воды при ее расширении; электрических, связанных с дипольными зарядами молекул и кластеров воды, заставляющих воду двигаться в электрическом поле и переносить заряды от точки к точке; магнитных, возникающих при наличии перемещения зарядов; сил давления, связанных как с изменением толщины воды, так и с изменением внешнего атмосферного давления; сил вязкости и трения и т.д. По-существу, это открывает путь для новой ветви науки — магнитной гидродинамики воды, в отличие от классической гидродинамики, берущей свое начало от уравнения Бернулли, пренебрегающего электрическими и магнитными силами в воде.

Автор же статьи, не являясь химиком или биологом, заинтересовался в конце 1960-х гг. водой как эффективной импульсной изоляцией в электрофизических установках. И здесь сочетание характеристик обезгаженной и деионизованной воды оказалось уникальным: относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 80$ при 20 °C до частоты 10^9 Гц (у спиртов и глицерина $\epsilon \approx 40$, у конденсаторного масла $\epsilon = 2,3$); импульсная (~ 1 мкс) рабочая напряженность электрического поля $E = 130$ кВ/см при площади электродов более 1 м²; низкий тангенс угла диэлектрических потерь до частоты 10^9 Гц; пожаро- и взрывобезопасна; быстро восстанавливает электропрочность после пробы по объему воды; радиационно стойкая к про-

никающим излучениям; безвредная и дешевая.

Величины ϵ и E определяют плотность запасаемой электрической энергии в единице объема $W = \epsilon E^2/2$ накопителя и, соответственно, его мощность. Поэтому накопитель с водяной изоляцией становится способным передавать потребителю сильные токи и поддерживать на низкоомной нагрузке более высокое напряжение. Большие значения ϵ и E позволяют сократить длину и диаметр накопителя при заданной длительности формирования электромагнитного импульса.

Впервые электрический конденсатор с водяной изоляцией применен 1959 г. в исследованиях электрического взрыва проводников в США. Конденсатор имел плоские электроды, импульсно заряжался до 240 кВ и запасал 30 кДж энергии. В СССР исследования по применению воды как средства изоляции в низкоомных генераторах мощных электрических импульсов были начаты в 1963 г. по предложению академика Г. И. Будкера в Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск). Впоследствии на этой основе там был создан ряд сильноточных ускорителей электронов. Почти одновременно изучение электрической прочности воды и влияние на нее разных факторов было начато под руководством профессора В. Я. Ушакова в Томском политехническом институте. Результаты работ этого коллектива и других авторов были обобщены затем в монографиях. Во ВНИИЭФ в 1969 г. был создан по предложению В. А. Цукермана и О. П. Печерского первый отечественный импульсный ускоритель прямого действия РИУС-3В с водяной изоляцией (1,3 МВ; 180 кА; 60 нс).

В связи с потребностью ВНИИЭФ в мощных ускорителях сильноточных импульсных пучков электронов с энергией в несколько десятков МэВ автором совместно с Г. Д. Кулешовым и А. И. Павловским была обоснована 1971 г. разработка линейного индукционного ускорителя ЛИУ-30 (30 МэВ, 100 кА, 25 нс) с водяной изоляцией в радиальных линиях его индукторов и создание на основе этого ускорителя облучательного комплекса ПУЛЬСАР. Направление такого ЛИУ-строения стало во ВНИИЭФ бурно развиваться совместно с необходимой для этого высоковольтной технологией и последующим переходом от радиальных линий в индукторах к формирующим линиям со ступенчатым изменением волнового сопротивления. Последовательно были введены в действие ускорители ЛИУ-10, ЛИУ-30, И-3000, ЛИУ-10М, СТРАУС, СТРАУС-2, СТРАУС-Р; в 2006 г. проведены фи-

зические пуски первой очереди нового ускорителя ЛИУ-Р (рис. 2) [5, 6]. Перечисленные ускорители с водяной изоляцией позволили иметь во ВНИИЭФ развитую экспериментальную базу мощных установок с широким диапазоном амплитудно-временных и спектрально-энергетических характеристик излучений.

Естественно, что широкое применение в ускорителях воды как импульсного диэлектрика потребовало обобщения и анализа опубликованных исследований по различным аспектам электрических характеристик воды и проведения собственных исследований и разработок соответствующих систем для этих целей. Тем более, что опубликованные сведения были часто противоречивы. Необходимо же было иметь достоверные данные о влиянии на электропрочность воды большого числа факторов и их различных сочетаний: удельного электрического сопротивления воды; температуры воды; наличия твердых проводящих и диэлектрических частиц; материала, геометрической формы и площади электродов; содержания и типа растворенных газов; формы, длительности и полярности импульсов прикладываемого напряжения; частоты воздействующего напряжения; гидростатического давления; инъекции зарядов в воду материалами электродов и т.д. Автором статьи был составлен обзор этих данных с их анализом

и сопоставлением [7]. Оказалось, что и здесь поведение воды тоже аномально. Например, напряженность электрического поля при пробое в равномерном поле с положительного электрода в 2 раза ниже, чем с отрицательного, в то время как у спиртов, глицерина, трансформаторного и касторового масел — одинакова. Поэтому в коаксиальных системах электродов с водяной изоляцией, наиболее часто применяемых в мощных ускорителях для накопления или передачи электрической энергии к нагрузке, внутренний электрод поддерживается под отрицательным потенциалом, как имеющий всегда на поверхности электрода максимальную напряженность поля. Смеси же воды с этиленгликолем (ЭКГ) или метанолом не замерзают при отрицательных температурах (в зависимости от процентного состава) и могут применяться как жидкая изоляция, тем более что со снижением температуры величина ϵ растет. Например, смесь воды и ЭКГ в соотношении 60:40 имеет температуру замерзания -51°C и $\epsilon \approx 90$. Такие смеси (тосолы) используются круглогодично для охлаждения двигателей внутреннего сгорания.

Использование же в ускорителях водяной изоляции потребовало изготовления соприкасающихся с ней электродов только из нержавеющей стали. Кроме того, для каждого ускорителя разработана соответствующая система водопод-



Рис. 2. Первая очередь ускорителя пучка электронов ЛИУ-Р с энергией до 30 МэВ, током 10–20 кА, длительностью 50 нс

готовки, посредством которой вода очищается от механических частиц и осуществляется циркуляция воды между электродами с удалением из нее растворенных в ней газов и глубокой деионизацией воды путем пропускания ее через колонки с ионообменными смолами (катионитами и анионитами) до получения удельного сопротивления воды ~ 10 МОм·см, т.е. с меньшим в $\sim 10^4$ раз содержанием солей и ионов, чем в водопроводной воде.

При поиске путей повышения импульсной электрической прочности воды автором была обоснована возможность предварительного формирования приэлектродных слоев с повышенной проводимостью из находящихся в воде катионов и анионов. Эти слои будут экранировать микроострия на электродах, с которых и инициируется развитие разрядов, понижающих электропрочность воды. К носителям зарядов, поставляемым в приэлектродные области, отнесены примесные ионы, а также ионы, выделяемые в жидкость электродами, ионы H^+ и OH^- — из-за постоянной диссоциации молекул воды. Оценки показывали, что для создания указанных слоев необходимо пропустить через воду в течение десятков секунд постоянный ток с плотностью около 1 мА/см^2 путем приложения на это время электрического поля с напряженностью примерно 100 В/см . Однако оставалась недостаточно ясной требующаяся полярность электродов по отношению к их полярности при последую-

щем приложении импульсного высоковольтного напряжения. Могло влиять на характеристики слоев электролизное разложение воды, проявляющееся при длительном пропускании постоянного тока с плотностью более 6 мА/см^2 . Проведенные эксперименты с электродами из нержавеющей стали X18H10T в воде с удельным сопротивлением 1 МОм·см подтвердили, что предварительное пропускание в течение 15 с тока с плотностью $0,6 \text{ мА/см}^2$ при разнополярном включении источников и $1,6 \text{ мА/см}^2$ при однополярном их включении повышает импульсную (1 мкс) электропрочность воды в $1,5$ раза. Отключение постоянного тока за 1 с до приложения высоковольтного импульса не уменьшает этот коэффициент.

Такой метод увеличения электропрочности воды применительно к использованию ее в качестве изоляции в электрофизических установках позволяет повысить в $1,5$ раза рабочее напряжение при неизменной длине водяного зазора и, соответственно, увеличить в $2,25$ раза плотность запасаемой энергии или сократить в $1,5$ раза зазор при прежнем рабочем напряжении, улучшив массогабаритные и эксплуатационные характеристики устройства. При этом снижается импеданс и растет мощность источника электромагнитной энергии. Можно удлинить и время зарядки накопителя энергии с водяной изоляцией, что упростит конструкцию генератора его зарядки и сократит потери энергии в нем.



Новая Земля



Река Сатис в окрестностях Сарова (фото А. В. Разуваева)

В этой статье приведена лишь малая толика необычных свойств воды. Их исследования продолжаются, вызывая порой жаркие дискуссии. Сложность проблемы, отсутствие ясности — все это должно не отпугивать, а притягивать и способствовать появлению новых идей, гипотез, теорий. Таков тернистый путь развития науки.

Человечество свое будущее в смысле теплового и электрического обеспечения связывает тоже с водой: выделение водорода для использования в качестве горючего в топках котельных и в двигателях внутреннего сгорания и выделение дейтерия для применения в энергетических установках термоядерного синтеза.

Поэт Леонид Мартынов посвятил воде такое стихотворение:

Вода благоволила литься!
Она блистала столь чиста,
Что ни напиться, ни умыться
И это было неспроста.

Ей не хватало ивы, тала
И горечи цветущих лоз.
Ей водорослей не хватало
И рыбы жирной от стрекоз!

Ей не хватало быть волнистой.
Ей не хватало течь везде.
Ей не хватало жизни — чистой
Дистиллированной воде!

Литература

1. Фашук Д. Я. Сок жизни на земле// Химия и жизнь. 2007. № 5. С. 48–51.
2. Галкин А. А., Лунин В.В. Вода в суб- и сверхкритическом состояниях — универсальная среда для осуществления химических реакций// Успехи химии. 2005. Т. 74. № 1. С. 24–40.
3. Благутина В. Сверхкритическая вода// Химия и жизнь. 2007. № 8. С. 26–29.
4. Иваницкий Г. Р. Изменения воды// Химия и жизнь. 2007. № 4. С. 46–49.
5. V. S. Gordeev, V. F. Basmanov, G. A. Myskov and all. High-current pulse elektron accelerators based on stepped forming lines // ВАНТ. Серия: Ядерно-физические исследования (38), 2001. № 3. С. 50–52.
6. Герасимов А. И., Гордеев В. С. Импульсные линейные ускорители электронов// АТОМ. 2006. № 30. С. 33–37.
7. Герасимов А. И. Вода как изоляция в импульсных установках (обзор)// ПТЭ. 2005. № 2. С. 9–37.

ГЕРАСИМОВ Анатолий Иванович —
ведущий научный сотрудник ИЯРФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, кандидат физ.-мат. наук,
лауреат Ленинской премии

К ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ ТЕРМОЯДЕРНОГО ЗАРЯДА РДС-37

В. М. ГОРБАЧЕВ

12 августа 1953 г. был испытан первый советский термоядерный заряд РДС-6с, знаменитая «слойка» А. Д. Сахарова. Энерговыведение в тротиловом эквиваленте составило 400 кт, что было в 20 раз выше, чем у первого советского атомного заряда РДС-1. Полученное энерговыведение хорошо совпало с ожидаемым по расчету Л. Д. Ландау.

Как вспоминает А. Д. Сахаров, в конце 1953 г. его пригласил к себе министр МСМ В. А. Малышев и попросил представить свои соображения по новому поколению термоядерных изделий и ожидаемым характеристикам. «Конечно, мне следовало отказаться, сказать, что подобные вещи не делаются с ходу и одним человеком, что необходимо осмотреться, подумать. Но у меня была

идея, не слишком оригинальная и удачная, но в тот момент она казалась многообещающей. Посоветоваться мне было не с кем. Я написал требуемую докладную. Через две недели меня пригласили на заседание Президиума ЦК КПСС» (А. Д. Сахаров. Воспоминания // Знамя. 1990. № 10–11).

Были приняты два постановления. Одно из них обязывало наше министерство в 1954–1955 гг. разработать и испытать предлагаемый заряд, другое обязывало ракетчиков разработать к нему межконтинентальную баллистическую ракету.

Однако выполненный А. Д. Сахаровым и Я. Б. Зельдовичем анализ показал: невозможно существенно повысить энерговыведение термоядерной бомбы, оставаясь в рамках прин-

ципа «слойки». В этот период А. Д. Сахаров сформулировал принципиально новое предложение конструирования термоядерных зарядов, так называемую «третью идею». Ряд соображений, относящихся к этой идее, высказывали В. Л. Гинзбург, Я. Б. Зельдович, Ю. А. Трутнев и др. Однако вклад А. Д. Сахарова в осуществление «третьей идеи» был решающим. Идея состояла в использовании двухступенчатой конструкции, суть которой заключалась в «сжатии и иницировании пространственно разделенного вторичного термоядерного узла большой мощности» (С. Paul Robinson, «The Weapons Program, Overview». Los Alamos Science, 7, p. 110, 1983).

Как писал академик Л. П. Феокистов, «началось все с совещания у руководства (в конце 1953 г. или начале 1954 г.). Детали обсуждения стерлись из памяти. Но главный мотив, ради чего собрались, отчетливо сохранился. Речь шла, ни много ни мало, о том, чтобы прекратить всю предыдущую деятельность, включая «слойку», и переключиться на поиск новых решений. В ответ на чью-то реплику: «Зачем так резко? Давайте развивать старое и искать новое» — последовало возражение И. Е. Тамма: «Нет-нет! Человек консервативен. Если ему оставить старое и поручить новое, то он будет делать только старое. Мы должны



Взрыв первого в СССР атомного заряда РДС-1, снятый с расстояния 10 км

завтра объявить: товарищи, все, что вы делали до сих пор, никому не нужно. Вы — безработные! Я уверен, что через несколько месяцев мы достигнем цели». Мудрый Тамм оказался прав».

Новая схема заряда с середины 1954 г. стала приоритетной в дальнейших разработках ВНИИЭФ и А. Д. Сахарова. Техническое задание на создание конструкции изделия было выдано 1 февраля 1955 г. До испытания оставалось 10 месяцев. Новый заряд получил индекс РДС-37. Он сразу начал проектироваться как оружие. При разработке широко и эффективно применялись новые расчетно-теоретические и экспериментальные методы изучения процессов, протекающих при обжати водородного узла. Потребовалось создать новые технологии для изготовления деталей из термоядерного горючего. Газодинамические и другие эксперименты проводились до конца сентября 1955 г., практически до полигонного испытания. Контроль за ходом работ осуществлялся руководством Главного управления (П. М. Зернов, Н. И. Павлов и др.).

Важную роль при создании изделия РДС-37 играли нейтронные исследования на моделях заряда. Эти работы велись отделами Б. Д. Сциборского, Ю. С. Замятнина, Ю. А. Зысина в физическом отделении, руково-

димом В. А. Давиденко. Одну из сложных задач по изучению распределения ядерных реакций в материалах основного узла было поручено решать группе в составе Ю. С. Замятнина, Ю. А. Васильева, П. В. Торопова, В. М. Горбачева. В сжатые сроки была разработана методика исследований, создано и подготовлено необходимое экспериментальное оборудование. На одной из внутренних площадок института был сооружен легкий ангар, в котором размещались модель изделия, нейтронный генератор и измерительная аппаратура. Работа велась в напряженной обстановке — требовалось получить информацию в сжатые сроки. Результаты немедленно докладывались руководству института. На одном из таких обсуждений у Ю. Б. Харитона присутствовали многие видные физики, работавшие тогда на «объекте» (КБ-11). К нашей работе был проявлен большой интерес, а И. Е. Тамм сказал, что если бы существовала медаль «За изящество эксперимента», то эта работа несомненно была бы ее удостоена. Такой медали не было (и пока нет!). Но чуть позже участников этих измерений наградили орденами и медалями.

Обстановка в начале разработки нового заряда была накаленной и нервной. Слишком велика

была ответственность за решение задачи, поставленной руководством страны. К тому же еще не были забыты легенды, связанные с историей создания первого атомного заряда РДС-1.

Известно, что бомба РДС-1 создавалась с использованием документации, добытой по разведывательным каналам. Тогда над нашими разработчиками висел дамоклов меч: не дай Бог, чтобы заряд не сработал. Поэтому в конструкцию не вносились даже такие изменения, которые явно улучшали ее характеристики. Недаром тогда говорили, что разработчикам заряда после испытания были уготованы два пути: в случае положительного результата — звания Героев Труда, ордена и другие регалии, но в случае отказа — Колыма, лагеря и т. п., вплоть до высшей меры. К счастью, дело пошло по первому пути.

Те события нашли отражение в фольклоре разработчиков зарядов:

Катятся колеса, колеса,
колеса...
Едут итээры в тревожную
даль.
Что нас ждет: успех или
пакость какая,
Крепкая решетка иль злата
медаль!

В начале 1954 г. появился эскиз бомбы, по поводу которо-



Корпуса бомб РДС-1 и РДС-37. Музей ядерного оружия РФЯЦ-ВНИИЭФ

го говорили, что его просил рассмотреть заместитель министра А. П. Завенягин. Идея предложения — попробовать сжать основной заряд изделия (по аналогии с обычной взрывчаткой) атомными взрывами. То есть заменить внешний слой обычной химической взрывчатки в «слолке» композицией атомных зарядов и, подрывая их одновременно, использовать огромную энергию атомных взрывов для обжатия термоядерного горючего. В сечении конструкция напоминала лезвие с дырочками, которое используют для безопасной бритвы, поэтому теоретики назвали конструкцию «бритва».

Предложение А. П. Завенягина было сразу же подхвачено теоретиками. Появилось несколько вариантов таких зарядов, в которых основной заряд обжимался продуктами взрыва нескольких атомных взрывов. Затем обсуждался вариант обжатия основного заряда продуктами только двух атомных взрывов. В тот период новые предложения рождались чуть ли не каждый день. Ходила шутка, отражавшая «единство» конструкции и режимных требований: «Если нарисуешь круг — это секретно, два — совершенно секретно, а уже три — особой важности».

Определенную роль в работах по использованию атомного взрыва для сжатия и поджига термоядерного горючего (атомное обжатие, АО) играл начальник экспериментального ядерно-физического сектора института (тогда КБ-11) В. А. Давиденко. Им, в частности, была высказана идея «атомного обжатия». Я. Б. Зельдович в январе 1954 г. направил Ю. Б. Харитону записку с поясняющей схемой заряда, в основе которой лежал принцип АО. Зельдович писал: «В настоящей записке сообщаются предваритель-

ная схема устройства для АО сверхизделия и оценочные расчеты ее действия. Применение АО было предложено В. А. Давиденко» (выделено Я. Б. Зельдовичем. — Прим. авт.).

Одно из первых совещаний по АО проводилось в конференц-зале на территории завода ВНИИЭФ. (В этом же корпусе находились кабинеты Ю. Б. Харитона, К. И. Щёлкина и В. А. Давиденко). Совещание было представительным. Соблюдались очень жесткие, даже по тем временам, режимные требования. Доклад делал А. Д. Сахаров в своей особой манере изложения материалов. Я не уверен, что все присутствующие сразу осознали принципиально новые идеи и связанные с ними сложные физические процессы. В дальнейшем совещания по АО чаще проводились у теоретиков.

На одном из таких совещаний председательствовал И. В. Курчатов. Рассматривались предложения по созданию системы обжатия основного заряда энергией нескольких зарядов, расположенных вокруг основного. Такая конструкция получила название «канделябр». Обсуждения проходили очень живо и темпераментно, так что председательствующему И. В. Курчатову приходилось сдерживать разгоряченных ораторов. Он понимал настроение выступавших, желающих отстоять свою идею, по-отечески журил. Помню, как один из ведущих теоретиков-бомбоделов М. П. Шумаев выступал очень энергично, Игорь Васильевич слушал его с улыбкой. Но все-таки не удержался и сказал: «Ну, Шумай, шуми, шуми, но дай нам работать», после чего накал выступления снизился. Все были потрясены масштабом и грандиозностью ожидавшихся эффектов, хотя, как мне показало, далеко не все представляли

физику процессов и значимость идей для последующего времени. Но настораживала сложность систем, предлагавшихся для реализации АО. В действительности все оказалось проще. Для сжатия хватило одного атомного заряда, «канделябры» не потребовались.

В июне 1955 г. был выпущен отчет по расчетно-теоретическому и конструкторскому обоснованию заряда РДС-37. Отчет был подписан большим числом авторов (см. статью Г. А. Гончарова в этом номере журнала). Имеется там и такая запись: «В обсуждении проблемы на ранней стадии (1952 г.) весьма плодотворным было участие В. А. Давиденко».

Проведение испытания заряда РДС-37 Постановлением СМ СССР было возложено на КБ-11, ВВС МО и полигон УП-2 МО СССР. Испытание планировалось осуществлять путем сброса авиабомбы с самолета. Были проведены мероприятия по обеспечению безопасности экипажа самолета-носителя от ударной волны и теплового воздействия взрыва большой мощности. Самолет был покрыт белой краской, а с нижней части поверхности фюзеляжа, крыльев и оперения был смыт лак. Для увеличения времени полета бомба была оборудована парашютной системой. Этим достигалось увеличение расстояния от самолета-носителя до точки взрыва и позволяло самолету-носителю уйти на безопасное расстояние. Для изучения воздействия эффектов термоядерного взрыва большой мощности на опытное поле была установлена военная техника и другие объекты.

Испытание изделия было запланировано на 20 ноября 1955 г. Бомба была размещена в самолете Ту-16. Взлет состоялся в 9 часов 30 минут. Однако погодные условия для опыта оказались неблагоприятными — от-

сутствие визуальной видимости цели и невозможность оптических измерений по методу огненного шара. Оставалась возможность осуществить бомбометание по радиолокационному прицелу. Но... неприятности не ходят в одиночку — радиолокатор вышел из строя. Бомбометание не состоялось. Обстановка — сложнее некуда. Самолет с мощной термоядерной бомбой на борту кружит над полигоном, сбросить бомбу не может, но и посадку на аэродром в непосредственной близости от Семипалатинска тоже не разрешают. Такая ситуация ранее не предусматривалась — последствия непредсказуемы. Руководством было поручено А. Д. Сахарову и Я. Б. Зельдовичу срочно (самолет-то в воздухе!) рассмотреть и дать заключение о возможности посадки самолета. В подготовленном заключении было сказано, что нет оснований ожидать больших неприятностей при аварийной посадке самолета-носителя. Окончательное решение принял И. В. Курчатов. Самолет-носитель вернулся на аэродром и благополучно произвел посадку. Как писал А. Д. Сахаров, вспоминая события времен первых термоядерных взрывов, И. В. Курчатов (ему было 52 года) говорил: «Еще одно такое испытание, как в 1953 и 1955 г., и я уже пойду на пенсию».

Повторный вылет был назначен на 22 ноября 1955 г. К этому времени были устранены причины отказа локатора. Прицельное бомбометание состоялось в 9 ч 47 мин. с высоты 12000 м над площадкой опытного поля. Взрыв произошел на высоте 1550 м. Самолет-носитель в момент взрыва находился на удалении 15 км.

Светящаяся область взрыва развивалась от небольшого шара до сферы значительных размеров и сохранялась длительное

время. Ударная волна, отраженная от поверхности земли, деформировала нижнюю часть сферы. Образовались области конденсации водяных паров, содержащихся в воздухе. Длительное время была видна ножка термоядерного гриба — пылевой столб. Пыль над опытным полем поднялась до облаков и перемешалась с ними, образовав свинцово-черную тучу, которая медленно двигалась в сторону городка (ныне город Курчатова).

Участники опыта, находившиеся на расстоянии 35 км от места взрыва, в момент взрыва ощутили сильное тепловое воздействие, двукратный сильный и резкий звук и давление на уши. Сильное воздействие теплового излучения ощутили и члены экипажа самолета-носителя. Заметных следов повреждения обшивки самолета не было обнаружено. Нижняя граница облака достигала высоты 1200–1400 м. Ударная волна дошла до городка через ~ 3 минуты и вызвала многочисленные разрушения. В домах были разбиты стекла, выбиты окна и двери, разрушены легкие перегородки и т.д.

При испытании изделия РДС-37 осуществлялся контроль работы автоматики бомбы на траектории бомбометания, забор проб продуктов взрыва специально оборудованными самолетами ИЛ-28, а также контроль движения облака продуктов термоядерного взрыва.

По вопросам конструирования атомных бомб и определения их энерговыделения Постановлением СМ СССР была создана комиссия под председательством И. В. Курчатова, в которую вошли Ю. Б. Харитон, Б. Г. Музруков, Н. И. Павлов, Е. А. Негин, В. А. Давиденко и представители МО СССР и АН СССР. Энерговыделение РДС-37 составило 1,6 Мт. Было отмече-

но, что дальнейшую разработку термоядерных бомб нужно проводить на принципах, заложенных в основу РДС-37. Сводный отчет по результатам испытания подписали И. В. Курчатов, Ю. Б. Харитон, Н. Н. Семенов, А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович, М. А. Садовский, А. В. Енько, Б. М. Мамонов, И. Н. Гуреев.

Созданием заряда РДС-37 Советский Союз в области ядерных вооружений опередил США более чем на полгода (американцы испытали свою авиационную термоядерную бомбу только 20 мая 1956 г.). Физик-ядерщик Ханс Бете так комментирует эффективность разработки РДС-37, признавая приоритет советских ученых: «Насколько я могу судить, их конструкция 1955 г., несмотря на то, что в ней использовались те же принципы, что и у нас, была ими разработана полностью самостоятельно».

За разработку термоядерного заряда РДС-37 А. Д. Сахаров в 1956 г. был награжден второй, а Я. Б. Зельдович — третьей медалью Героя Социалистического Труда. Героями Социалистического Труда стали Е. А. Негин и Н. И. Павлов. Лауреатами Ленинской премии, восстановленной к этому времени, стали И. В. Курчатов, Ю. Б. Харитон, А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович. Большая группа специалистов была награждена орденами и медалями.

Создание двухступенчатых термоядерных зарядов имело фундаментальное значение для развития ядерных вооружений Советского Союза.

ГОРБАЧЕВ
Валентин Матвеевич —
заместитель начальника
отделения ИЯРФ,
кандидат физ.-мат. наук,
лауреат Ленинской
и Государственной премий,
заслуженный
машиностроитель РФ



РДС-37 на Семипалатинском полигоне



Самолет ТУ-16



Сооружения для проведения оптических измерений параметров "огненного шара" взрыва



РДС-37 сброшена с самолета-носителя

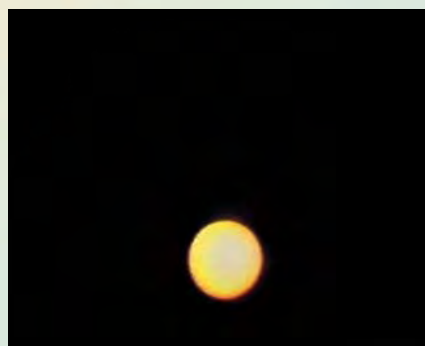


"Гриб" взрыва и воздействие ударной волны на сооружения



Последствия термоядерного взрыва

ФАЗЫ ВЗРЫВА РДС-37





ния и проверка расчета новых физических процессов при взрыве опытного устройства».

Разработка принципа окружения является одним из ярких примеров коллективного творчества. Одни давали идеи (идей потребовалось много, и некоторые из них независимо выдвигались несколькими авторами). Другие более отличались в выработке методов расчета и выяснения значения различных физических процессов. В длинном списке участников разработки, приведенном на титульном листе, существенной оказалась роль каждого. В обсуждении проблемы на ранней стадии (1952 г.) весьма плодотворным было участие В. А. Давиденко.

В разработке столь сложной системы особенно велика роль математических расчетов, в ряде случаев расчеты уравнений в частных производных кардинально исправляли наши представления о работе того или иного узла или роли того или иного изменения в системе. Эти расчеты проводились, в основном, в Отделении прикладной математики МИ АН СССР (ОПМ) под общим руководством Келдыша М. В. и Тихонова А. Н.

1. Расчеты обжатия основного изделия проводились в ОПМ в отделе Семендяева К. А. Ряд расчетов был проведен в КБ-11 в отделе Адамской И. А. Отдельные расчеты проводились в отделе Самарского А. А.

2. Расчеты теплопередачи... в сложных геометрических условиях... проводились в ОПМ, отдел Гельфанда. Отдельные расчеты проводились в КБ-11 в отделе Бунатяна А. А.

3. Расчеты КПД первичного изделия и выхода излучения из него проводились в ОПМ, отдел Самарского А. А.

4. Расчеты проникновения тепла в кожух проводились в ОПМ в отделе Самарского А. А.

5. Расчеты КПД взрыва основного изделия проводились в ОПМ в отделе Самарского А. А. Ряд расчетов был проведен группой Халатникова И. М.

6. Расчет уравнения состояния Li^6D был проведен группой Халатникова И. М.

Многие расчеты проводились на электронной машине ОПМ «Стрела». Были решены весьма сложные задачи разработки методов расчета, программирования и организации.

Разработка опытного устройства потребовала больших конструкторских, экспериментальных и технологических работ, проводившихся под руководством главного конструктора КБ-11 Харитона Ю. Б. (Харитон Ю. Б. был в то время также и научным руководителем КБ-11. — Прим. авт.).

В конструкторских работах активное участие принимали Фишман Д. А., Терлецкий Н. А.,

Юрьев Б. А., Гречишников В. Ф., Матвеев Г. И., Бронников Н. В., Коблов П. И., Кочарянц С. Г., Алексеев В. Г., Додонов П. П., Богословский И. В., Янов А. И.

В разработке... первичного изделия принимали участие Феоктистов Е. А., Терлецкая Б. А.

В газодинамических опытах участие принимали Захаренков А. Д., Казаченко Н. А., Кустов В. С., Иванов А. Г., Тарасов Д. М., Литвинов Б. В.

В опытах по прохождению нейтронов в модели изделия принимали участие Давиденко В. А., Сциборский Б. Д., Малинкин А. А., Антропов Г. П.

В середине 1955 г. материалы расчетно-теоретического обоснования заряда РДС-37 были рассмотрены комиссией под председательством И. Е. Тамма. В составе комиссии входили В. Л. Гинзбург, Я. Б. Зельдович, М. В. Келдыш, М. А. Леонтович, А. Д. Сахаров, И. М. Халатников. В заключении комиссии говорилось: «Комиссия отмечает, что в КБ-11 и ОПМ проделана весьма большая работа по исследованию новых физических принципов, положенных в основу конструкции водородных бомб с атомным обжатием...»

Комиссия считает, что следующим важнейшим шагом в развитии водородного оружия является испытание на полигоне № 2 предложенного КБ-11 опытного устройства.

Выполненные работы подтверждают целесообразность проведения этого испытания в 1955 году...»

Заряд РДС-37 был успешно испытан 22 ноября 1955 г. Многие участники разработки и испытания РДС-37 получили в 1956 г. государственные награды. Я. Б. Зельдович был награжден третьей золотой медалью «Серп и Молот» Героя Социалистического Труда, А. Д. Сахаров — второй медалью «Серп и Молот». Командиру экипажа самолета Ф. П. Головашко, осуществлявшего сброс РДС-37, было присвоено звание Героя Советского Союза. М. В. Келдышу, Е. А. Негину и Н. И. Павлову было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Я. Б. Зельдовичу, И. В. Курчатову, А. Д. Сахарову и Ю. Б. Харитону была присуждена Ленинская премия. Свыше 2400 человек были награждены орденами и медалями СССР.

ГОНЧАРОВ Герман Арсеньевич —

главный научный сотрудник ИТМФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор физ.-мат. наук,
профессор, Герой Социалистического Труда,
лауреат Ленинской премии и Государственной
премии РФ, заслуженный деятель науки РФ

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО УСКОРИТЕЛЯ ДЛЯ РЕНТГЕНОГРАФИРОВАНИЯ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

А. И. ГЕРАСИМОВ

Государственный комитет обороны СССР издал 28.09.1942 распоряжение «Об организации работ по урану», положившее начало развитию исследований по атомной энергии в СССР. Распоряжение предписывало создать при АН СССР «специальную лабораторию атомного ядра (Лабораторию № 2) для координации работ по атомному проекту». И. В. Курчатов (академик с 1943 г.) назначается 10.03.1943 начальником Лаборатории № 2 (ныне РНЦ «Курчатовский институт»). А уже после Отечественной войны издается 08.09.1945 решение технического совета Специального комитета о создании Лаборатории № 3 (ныне ИТЭФ, г. Москва) по разработке реакторов на тяжелой воде. «А где же Лаборатория № 1?» — спросит читатель. По-видимому, нумерация лабораторий не по порядку была принята первоначально специально для запутывания зарубежных разведчиков и шпионов. Тем не менее, 02.03.1946 выпускается Постановление Совета Народных Комиссаров (СНК) «Об организации Лаборатории № 1 при Харьковском физико-техническом институте (ХФТИ) АН УССР». Ее начальником назначается профессор К. Д. Синельников. Первыми задачами этой лаборатории являлись исследования эффективного сечения урана-235 нейтронами средних энергий (до 1 МэВ); исследования отражений различными веществами нейтронов средних энергий (применительно к оболочкам); разработка мощных ионных источников для целей изотопического разделения тяжелых элементов (в частности, урана); разработка теории цепных реакций на быстрых нейтронах; расчеты по установлению критических размеров котлов (ядерных реакторов).

По мере развертывания в Лаборатории № 1 исследований комплекс решаемых задач начал сильно расширяться, особенно по созданию разного типа ускорителей заряженных частиц. Дело в том, что в ХФТИ разработкой высоковольтной



Владимир Тарасович Толок,
член-корреспондент АН УССР

технологии по ускорительной тематике стали заниматься еще с 1931 г., в том числе применительно к линейным резонансным (высокочастотным) ускорителям. Поэтому с 1946 г. по этому направлению исследований была спроектирована и создана серия ускорителей протонов и электронов.

Следует отметить, что назначение К. Д. Синельникова директором Лаборатории № 1 произошло, по-видимому, не без влияния И. В. Курчатова. Синельников с 1920 г. начал учиться на физико-математическом факультете Крымского университета. Тут он познакомился с И. В. Курчатовым — студентом того же факультета. Они стали друзьями. В тяжелые голодные годы (1920–1921) подрабатывали вместе: Синельников — контролером в кинотеатре «Лотос», Кур-

чатов — там же ночным сторожем. С 1924 г. Синельников работает у Иоффе в Ленинградской физико-технической лаборатории. В 1925 г. сюда же приезжает Курчатов, начинает работать тоже у Иоффе, живет у своего друга Синельникова и женится в 1927 г. на его сестре. Друзья становятся родственниками. Они интенсивно занимаются исследованиями, опубликовывают серию совместных работ. Вернувшись в 1930 г. из двухгодичной научной стажировки в Кавендишской лаборатории (Англия), Синельников принимает предложение переехать в Харьков, где создается новый институт. В 1944 г. член-корреспондент АН УССР Синельников (академик с 1948 г.) назначен директором ХФТИ.

Для создания ядерного заряда теоретикам, экспериментаторам и конструкторам КБ-11 (ныне — РФЯЦ-ВНИИЭФ) необходимо было знать давления, возникающие при детонации мощных взрывчатых веществ (ВВ). Не менее важным было определение плотности металлов при импульсном воздействии на них таких давлений, способных в миллионные доли секунды переводить деформируемые материалы в сверхкритическое состояние. Началось также изучение ударной сжимаемости конструкционных материалов. Наиболее наглядную и прямую информацию о таких процессах давала импульсная рентгенография, схема импульсного рентгенографирования взрывного процесса приведена на рис. 1. Получаемые рентгеновские фотоснимки позволяли «увидеть» размеры и взаимное положение металлических деталей в любой момент их сжатия, в том числе и максимального, при давлении в миллионы атмосфер.

Разработка генераторов импульсного рентгеновского (тормозного) излучения проводилась в КБ-11 с 1947 г. под руководством В. А. Цукермана (доктор технических наук с 1954 г.). Для этих целей на основе ускорителей прямого действия разрабатывались импульсные источники пучков электронов. При их прохождении через мишень из тяжелого вещества (W , Ta) кинетическая энергия частиц трансформировалась в рентгеновское излучение. Максимальная энергия электронов достигала 2 МэВ. Но этого было мало для увеличения толщины просвечиваемых материалов и повышения точности исследований, и А. И. Павловский (академик с 1992 г.) предложил в 1954 г. использовать для этих целей безжелезные сильноточные бетатроны с энергией ускорения до 100 МэВ. Начались исследования возможностей их создания. Ю. Б. Харитон, который был хорошо знаком с К. Д. Синельниковым, директором Лаборатории № 1 в Харькове, обратился в 1955 г. к нему, при поддержке И. В. Курчатова, с просьбой разработать для КБ-11 высокочастотный ускоритель с импульсным током пучка электронов 1 А и их энергией 5 МэВ. Этот ток превышал в 10 раз максимально достигнутый харьковчанами к тому времени уровень.

К. Д. Синельников предложил возглавить разработку ускорителя для КБ-11 и форсированно вести ее выпускнику ХГУ 1951 г. Владимиру Тарасовичу Толоку, который уже имел опыт практической работы в современной физической лаборатории в группе Л. И. Болотина, наладки инжектора протонов ускорителя на энергию

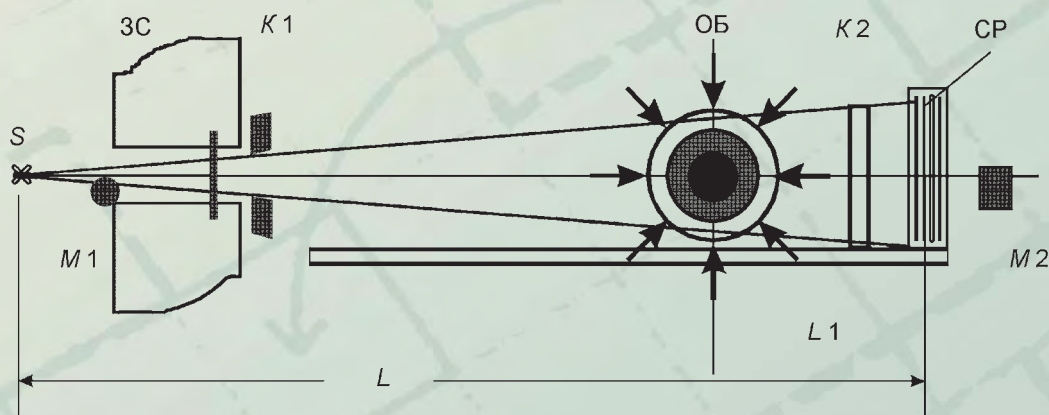


Рис. 1. Схема импульсного рентгенографирования взрывного процесса: S — источник направленного импульсного рентгеновского излучения, $ЗС$ — защитное сооружение, $М1-2$ — детекторы излучения, $К1-2$ — коллиматоры излучения, $ОБ$ — соосные трубы, $СР$ — система регистрации (рентгеновская пленка с усиливающим экраном в защитной металлической кассете), ψ — направление воздействия ВВ при его подрыве

5 МэВ и самостоятельной работы на ускорителе в целом. В. Т. Толок о прожитом вообще и о работе в ХФТИ, в том числе о периоде создания ускорителя ЛУЭ-5 «для Харитона», написал две книги: «Физика и Харьков» (Харьков: ННЦ «ХФТИ», 2005) и «Жизнь моя...» (Харьков: ННЦ «ХФТИ», 2006). В дальнейшем мой рассказ будет опираться на эти малоизвестные в России книги.

В 1951 г. лаборатории, где работал В. Т. Толок, стало известно, что «сверху» получено задание разработать, изготовить и отладить какой-то необычный ускоритель. Работа совершенно секретная и очень срочная. Имя заказчика разработчикам не объявили, но они догадывались, что это одна из так называемых «контор». Степень закрытости «конторы» поражала любое воображение. Тогда прошел слух — работа «для Харитона». Вскоре выяснилось, что это вовсе не имя, а фамилия — Харитон Юлий Борисович — разработчик атомных и водородных бомб!

Задача была не просто интересной — захватывающей. Требования по параметрам — сверхжесткими. Не менее жесткими оказались и условия по фокусировке пучка, ширине его энергетического спектра. Необычным было и требование по длительности импульса тока — десятая часть миллионной доли секунды (10^{-7} с). В научной литературе никаких сведений о чем-либо похожем на такой ускоритель не было. Академик К. Д. Синельников предложил использовать опыт работы института с ускорителями тяжелых частиц (протонов).

Новый ускоритель получил название ЛУЭ-5. Внешне он походил на слегка укороченный котел паровоза (рис. 2). Внутри, в вакууме, располагались два последовательно «связанных» полых

медных резонатора в виде шестнадцатигранных призм. В них в импульсах длительностью 400 мс накачивалась энергия от 12 высокочастотных генераторов мощностью 100 кВт каждый, которая ускоряла впрыскиваемые туда из инжектора электроны.

Темпы выполнения специального задания были в духе того напряженного времени. Ускоритель должен был быть источником интенсивного жесткого ионизирующего излучения. Поэтому необходимо было принимать специальные меры по технике безопасности, в частности, соорудить бетонный бункер для биологической защиты окружающей среды. Но времени на это просто не было. Выбрали свободное место во дворе института подальше от других объектов, над выкопанной ямой соответствующих размеров установили «котел» ускорителя с вакуумными насосами и начали его откачку под открытым небом. Потом над всем этим сооружением натянули брезентовый тент от дождя. Пока шла непрерывная вакуумная тренировка, в мастерских спешно изготавливались остальные узлы ускорителя.

С наступлением холодов брезентовый шатер оброс деревянными стенами и настоящей толевой крышей. Изготовлением систем ЛУЭ-5 руководил Л. И. Болотин. Работы по сооружению сложной установки хватало всем: конструкторам, строителям, электрикам, монтажникам. Но вот все узлы собраны, отлажены, теперь очередь за физиками. Остается самая малость — сделать из нагромождения оборудования и приборов ускоритель, не имеющий аналогов в мире. При работе с ускорителем защищать работающих от излучения должна была полутораметровая кирпичная стена. За нею находился пульт управления. Стена была поставлена только с одной стороны ускорителя, в стене узкая амбразура для наблюдения.

Толоку подчинялась небольшая научная группа: молодые физики Виктор Чечкин и Николай Назаров и трое постоянных лаборантов (интеллигентный и изобретательный Виктор Суворов, спокойный, уравновешенный Анатолий Украинский и Анатолий Новгородцев, отчаянный рыбак и охотник). Создание этого уникального ускорителя стало первой серьезной победой маленького коллектива. В результате вместо заданной задомо рекордной силы тока в 1 А было получено 10 А! Превысили задание в 100 раз!

Результат этот дался непросто. Было, например, когда в течение месяца работа оказывалась на грани срыва. Никто не мог помочь, дело новое, да и посещать сверхмощную по излучению уста-

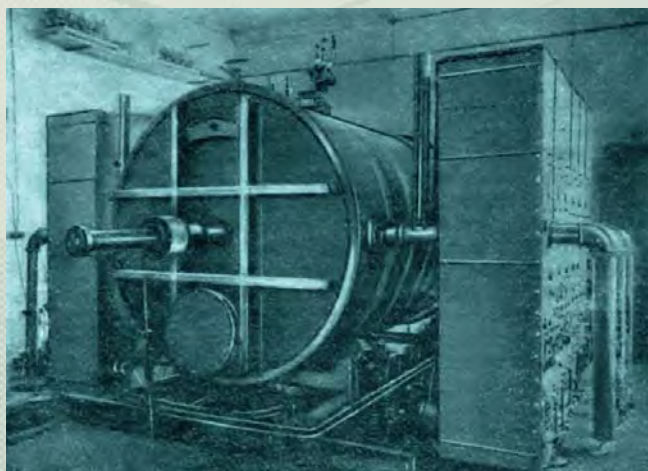


Рис. 2. Линейный ускоритель ЛУЭ-5

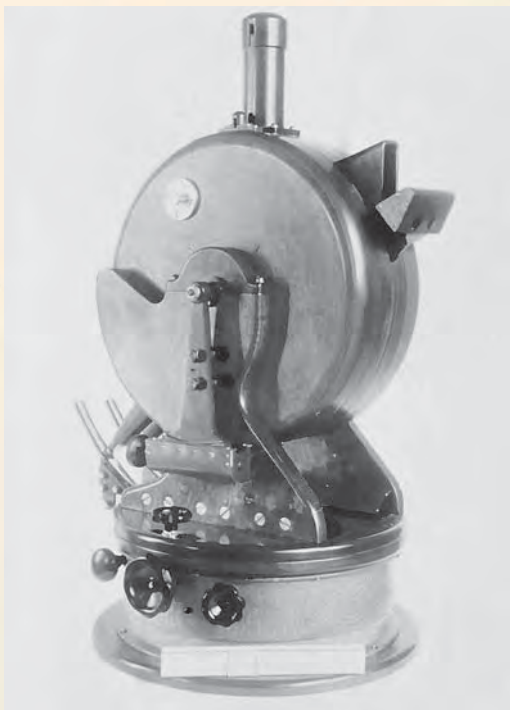


Рис. 3. Безжелезный бетатрон БИМ-3

новку опытные старшие товарищи не спешили. Но случалось и иное настроение, когда радость от выполнения задания толкала лихо отплясывать гопак прямо «на спине» ускорителя.

В ходе работы удалось найти несколько оригинальных и очень простых решений трудных задач. Так, отказавшись от знаменитых тогда дорогих и капризных лантанных катодов, научились получать необычно большие импульсные токи электронов путем импульсного перекаливания плоской спирали — катода из вольфрамовой проволоки — до температуры, близкой к плавлению вольфрама. Установили возможность эффективной «автоматической» фокусировки пучка электронов уже в первом ускоряющем зазоре вследствие того, что электроны в нем успевали набрать скорость, близкую к скорости света, и на них уже не могла влиять дефокусирующая конфигурация электрического поля на выходе из зазора. Не понадобилось использовать какие-либо специальные фокусирующие устройства. Конфигурация ускоряющего электрического поля напоминала линзу, выпуклую на входе и плоскую на выходе электронов.

Вначале было много хлопот с обеспечением синхронной работы 12 высокочастотных генераторов. Ввели они себя подобно стаду диких мустангов. Настроенные, казалось бы, на одну частоту колебаний, они мешали друг другу, никак

не хотели суммировать общую мощность в резонаторах. Добились этого только увлечением всех генераторов на частоту одного из них — «лидера», которого они «выбирали» сами.

Когда работа шла хорошо, работники безвылазно «сидели» на установке, благо жили рядом с институтом. В такой ситуации удавалось успевать многое. Рабочий день Толока начинался в 9 часов. К этому времени лаборанты успевали откачать воздух из резонаторов до нужного разрежения. Работа до обеда, затем короткий перерыв, продолжение экспериментов до 17–18 часов. После можно было тут же, во дворе института, сыграть в волейбол с соседним отделом. Часов с 20 — снова работа, а далее — как получится, часто и до полуночи. В вечернее время было лучше всего вести измерения: электросеть не «качается», телефоны молчат, лаборанты отпущены. Когда же ускоритель заработал на полную мощность, то его обходили стороной уже и в рабочее время. Серьезным предостережением был далеко видный красный фонарь (повод для очень «тонких» шуток), вывешиваемый на входе.

Кирилл Дмитриевич Синельников следил за успехами в своеобразной манере. Он не любил выходить из своего кабинета, но ему, чтобы знать положение дел, и не нужно было этого делать. Когда сообщили, что получены, наконец, электроны с необходимой энергией 5 МэВ при хорошей фокусировке, он дал большой кристалл каменной соли и попросил подставить его под электронный пучок. «Выстрелили» один раз, Синельников взглянул на кристалл и сказал: «Да, 5 МэВ, и фокусировка отличная. Поздравляю». В месте попадания пучка электронов соль почернела на некоторую глубину, по ней Кирилл Дмитриевич и оценил энергию. Он по опыту знал, что глубина почернения 2 мм соответствует примерно 1 МэВ. На кристалле почернение достигало 10 мм, а фокусировка была определена по черному пятну диаметром около 3 мм на поверхности соли.

Работа шла к концу. Были сняты зависимости параметров ускоренного пучка от различных факторов, показаны широкие возможности разработанной ускоряющей системы, в частности, создания ускорителей с большими токами электронов на энергию 100 МэВ и выше. Подоспела и теория, обосновавшая успех. Создал ее теоретик Николай Хижняк.

Самым тщательным образом была снята карта пространственного распределения полей тормозного излучения. Его интенсивность была впечатляющей — две с половиной тысячи рентген вдоль оси на выходе ускорителя. Излучение ге-

нерировалось при торможении пучка электронов на танталовой мишени. Поток излучения благодаря отличной фокусировке электронов имел узкую направленность.

Можно было досрочно сдавать ЛУЭ-5 заказчику. Но, сэкономив время, решили провести еще серию экспериментов, связанных не с самим ускорителем, а с использованием его «способностей» по назначению. К тому времени разработчики уже догадались, для чего был нужен такой ускоритель.

Надо полагать, что разработчики достаточно хорошо обосновались в своей «временке», так как в ней стали появляться мыши. Кому-то пришла жестокая мысль провести «биологический эксперимент». Одну пару мышей поместили на выходе пучка электронов, где интенсивность излучения была самой высокой и жесткой, другую — в стороне от оси, где оно было слабее и «мягче». Результат нас удивил: «мягкое» излучение убило мышей в тот же день, а попавшие в самое «жесткое», не задерживающееся в тканях, продолжали жить. Этих мышей отпустили, уступив угрызням совести.

Перед расставанием с дорогой «игрушкой» решили продемонстрировать заказчику предельно понятный любому «генеральский эффект». Решили, что лучшим быстрым объектом съемки может послужить летящая пуля. Скорость у нее приличная — 865 м/с (для боевой винтовки). Пулю нужно было «ловить» в момент, когда она пролетает между мишенью, в которой тормозится пучок ускоренных электронов, давая вспышку излучения, и рентгеновской пленкой. На пленке должен получаться теневой снимок.

Было сделано множество эффектных снимков. Например, «сфотографированы» две пули: одна спокойно лежащая, другая — в полете. Визуально обе пули выглядели одинаковыми, за время экспозиции тень быстрой пули на снимке не успевала размыться. Однако для получения таких снимков пришлось немало потрудиться. Нужно было поймать быструю пулю в нужном месте в нужный момент. Для этого сделали пулю «включателем» ускорителя, а потом соответствующим образом она синхронизовала и работу всех его систем. Вершиной искусства синхронизации в таких «генеральских забавах» стал снимок разрывной пули внутри стеклянной банки с жидкостью. На снимке были видны контуры банки, жидкость — вода с примесью железной руды (чтобы она была видна в гамма-лучах). Перед пулей, летящей со сверхзвуковой скоростью, уплотнение жидкости. Этот снимок уникален и он единственный. Причина — слишком уж «генеральским» получился эффект на деле:

громкий выстрел винтовки, не менее громкий взрыв. Поток кровавой жидкости с потолка! Казалось бы, учли предварительно все: обложили банку небольшими ящиками с железной рудой и свинцовыми кирпичами, но сверху все это накрыли просто листом фанеры. Пуля «взорвала» жидкость, и взрыв пошел вверх! Струя жидкости кровавого цвета (воду окрасила руда) ударила в потолок. От банки осталась стеклянная пыль. Забыли про гидравлический удар!

На ученом совете института академик К. Д. Синельников поздравил разработчиков с мировым рекордом по силе тока в резонансных ускорителях. По результатам этих исследований и разработок В. Т. Толок вскоре защитил кандидатскую диссертацию, его научным руководителем был Кирилл Дмитриевич. (Полагающуюся за создание ЛУЭ-5 премию в 200 тысяч рублей разработчики не получили. По словам Толока, ХФТИ великодушно отказался от нее. Может, так оно и было. Разработчики не поинтересовались. Воспитание не позволило. Посочувствовали все только Виктору Чечкину, который собирался на премиальные купить себе штаны вместо заношенных тренировочных, в которых ходил на работу).

У Толока об этом ускорителе-рекордсмене осталась своеобразная память на всю оставшуюся жизнь. Через пару месяцев после отправки ускорителя заказчику на первых трех пальцах обеих рук появились твердые сухие волдыри. Боли усиливались, кончики пальцев опухли, приобрели розовато-фиолетовый цвет. Указательный палец левой руки начал чернеть. Время шло, а наша медицина не помогала. Наконец, опасаясь гангрены, институт направил Толока в Москву, в Институт биофизики Академии наук СССР. Вадим Николаевич Петушков — профессор и главный хирург клиники объявил: «Ампутация и немедленно. Сначала фалангу одного пальца, а потом посмотрим. Кстати, по клиническим показаниям у Вас на пальчиках более двух тысяч рентген, так как начался некроз (омертвение) тканей. Эта доза равна от четырех до шести летальных при общем облучении».

Каким-то образом кончики пальцев обеих рук попали под поток тормозного излучения, и только отличная фокусировка пучка электронов спасла от смертельного общего облучения. Некроз тканей начинается при интенсивности облучения свыше двух тысяч рентген. Это полностью соответствует дозе, измеренной в месте торможения тонкого пучка электронов на мишени. Мишень приходилось менять. Она невелика — танталовый диск 20 мм в диаметре, взять ее можно было только

кончиками пальцев. Очевидно, ускоритель сработал при замене мишени. Он был подготовлен для запуска от пули, пуля закорачивала тонкие фольги, которые могли замкнуться и сами по себе от неосторожного движения. К счастью, облучение было локальным. По карте распределения излучения было понятно, что общее облучение было около двухсот рентген. Это все же раза в два-три меньше средней летальной дозы.

Официально В. Т. Толок был направлен в обычную научную командировку. Даже были соответствующие бумаги, например, командировочное предписание, чем там заниматься. Платили и командировочные — 50 рублей в день. Командировки, как положено, выписывались на месяц и присылались новые, когда срок предыдущих кончался. В течение 1956–1957 гг. пришлось побывать в таких своеобразных командировках четыре раза: процесс продолжался и пальцы очень медленно заживали. Эти командировки означали, что факту несчастного случая был присвоен гриф «секретно», чтобы не портить реноме института. Только через 37 лет в 1994 г. из архива секретного отдела института было извлечено официальное заключение Института биофизики 1957 г., и Толоку стал известен диагноз: «лучевое поражение кистей обеих рук с превышением порога некроза в результате несчастного случая на производстве». Через много лет его заболевание признали профессиональным и установили ему инвалидность 2-й группы.

Ускоритель ЛУЭ-5 был перевезен в КБ-11, налажен и введен в 1956 г. в эксплуатацию. Использовался до 1965 г. в опытах по регистрации быстропротекающих процессов, проводимых в газодинамическом отделении (ныне Институт физики взрыва, ИФВ) коллективом во главе с Диодором Михайловичем Тарасовым (доктор технических наук с 1963 г.). ЛУЭ-5 сразу позволил получить серию новых важных результатов. Так как автор статьи участвовал с 1955 г. в разработках под руководством А. И. Павловского безжелезных бетатронов для таких же целей, будущих конкурентов для ЛУЭ-5, то мы ревностно следили за результатами его применений в экспериментах. После ввода в практику газодинамических исследований в 1959 г. первой бетатронной установки БИМ-3 стали видны ее большие преимущества по сравнению с ЛУЭ-5. В связи с этим он был выведен из эксплуатации и в 1965 г. демонтирован. Свою значительную роль он сыграл.

Первая публикация об ускорителе ЛУЭ-5 «Сильноточный ускоритель электронов» появи-

лась в журнале «Атомная энергия» в 1961 г. (Т. 11, № 1, с. 41–45), авторы — В. Т. Толок, Л. И. Болотин, В. В. Чечкин, Н. Н. Назаров, Н. А. Хижняк, — непосредственные участники создания ускорителя. Обращает внимание отсутствие в авторах К. Д. Синельникова, бывшего научным руководителем данной работы и руководителем кандидатской диссертации В. Т. Толока. Это подчеркивает принципиальность ученых старой школы (И. В. Курчатов, Ю. Б. Харитон и др.) в отношении соавторства.

В. Т. Толок в дальнейшем занимался исследованиями, связанными с возможностями разработки управляемых термоядерных реакторов, созданием экспериментальных стеллараторных и торсионных установок «Снег», «Украина», «Ураган» и др., исследованием и внедрением в промышленность обнаруженного эффекта — конденсации атомов дуговой плазмы на более холодную, чем у катода, поверхность и бомбардировки ее ионами (метод КИБ). Оборудование, в основе работы которого лежит этот эффект, выпускалось промышленно и позволяло создавать прочные механические покрытия на металлах, в частности, увеличивать износостойкость отрезных резцов в десять раз. Толок защитил докторскую диссертацию, стал профессором, член-корреспондентом АН УССР в 1972 г., первым заместителем директора ХФТИ.

Литература

1. Ранюк Ю. Н. Лаборатория № 1. — Харьков: АКТА, 2006.
2. Круглов А. К. Как создавалась атомная промышленность в СССР. — М.: ЦНИИАтоминформ, 1994.
3. Цукерман В. А., Азарх З. М. Люди и взрывы. — Арзамас-16: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1994.
4. Герасимов А. И., Куропаткин Ю. П., Тарасов А. Д. Безжелезные бетатроны — генераторы коротких импульсов излучения для рентгенографии быстропротекающих процессов // АТОМ. 1996. № 2. С. 32–37.
5. Физика и техника импульсных источников ионизирующих излучений для исследования быстропротекающих процессов. Сборник научных трудов/ Под ред. Н. Г. Макеева. — Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996.

ГЕРАСИМОВ Анатолий Иванович —
ведущий научный сотрудник ИЯРФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, кандидат физ.-мат. наук,
лауреат Ленинской премии

ХАРЬКОВСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ ВО ВНИИЭФ

Ю. М. МАКАРОВ

Ускоритель электронов ЛУЭ-5, разработанный в ХФТИ по заказу Ю. Б. Харитона, прибыл в 1956 г. на «объект» автотранспортом, когда еще не было закончено строительство каземата на лесной полигонной площадке для его размещения и использования во взрывных исследованиях. Поэтому решено было ускоритель сначала смонтировать в небольшом одноэтажном домике на территории завода ВНИИЭФ (ныне в этом домике находится медпункт и аптека). Мы этот ускоритель называли ЛИУ — линейный импульсный ускоритель, так как главной его особенностью был именно импульсный характер генерируемого проникающего рентгеновского излучения.

Поперечные габариты резонаторов ЛИУ составляли около 2 м. Чтобы внести их в помещение, понадобилось полностью разрушить одну из стен домика. Потом ее опять сложили из кирпича, уже большей толщины, так как именно в эту сторону выводился электронный пучок и рентгеновское излучение. Внутри домика была вырыта и обложена кирпичом яма глубиной 1,7 м с поперечными размерами 1,2×3 м. для размещения двух паромасляных диффузионных насосов М-1000, висящих под «брюхом» ускорителя и необходимых для создания в полостях резонаторов разрежения 10^{-6} мм рт. ст. Здесь же в яме стояла фреоновая холодильная установка для вымораживания паров вакуумного масла на выходе из указанных насосов.

Разработчики В. В. Чечкин и Н. Н. Назаров в течение полутора месяцев помогали монтировать ускоритель и настраивать его, передавая нам свой опыт. Мы — это группа сотрудников газодинамического отделения (ныне Институт физики взрыва, ИФВ) из отдела Д. М. Тарасова: инженеры О. В. Федоровский, Ю. М. Макаров, А. Н. Поспелов, Т. И. Петрова, техники и лаборанты Г. В. Зубков, М. Л. Стайцов, В. М. Жалостников, А. Г. Балеевский, М. Г. Коротких.

Оба резонатора были связаны друг с другом шестью отверстиями диаметром 110 мм для синхронного формирования в резонаторах стоячей электромагнитной волны 12 генераторами высокочастотной энергии. В каждом генераторном шкафу работали две генераторные лампы типа Г-465, настроенные на частоту 137 МГц (длина

волны $\approx 2,2$ м). Лампы включались на импедансы отрезков коаксиальных волноводов диаметром 120 мм, один конец из которых обеспечивал согласованную нагрузку, а второй вводился в виде петли внутрь резонатора для его запитки мощностью примерно 1,2 МВт, отбираемой из сеточного контура каждой лампы. Катодный и анодный узлы служили для настройки генераторов. Вот с этими-то настроечными элементами и приходилось «биться» большую часть времени, чтобы обеспечить синхронную работу 12 генераторов на общую нагрузку. Оказалось, что это очень сложно.

Сначала харьковчане, а потом и мы потратили несколько дней, чтобы получить эффект ускорения электронов. Правда, когда был приобретен опыт, стало легче. Подстройка занимала уже только часы. Она производилась непосредственно в ускорительном зале. Дистанционного управления не было. Поэтому приходилось плавно вращать две ручки (анодного и катодного контуров) на каждом из 12 генераторов по очереди. Часто это делали одновременно двое или трое операторов, находясь около тех генераторных шкафов, которые, как нам казалось, были в данный момент ответственными за успех настройки. После отъезда Чечкина и Назарова такими операторами были А. Н. Поспелов, Т. И. Петрова и Ю. М. Макаров. Кроме этой настройки, мы пользовались еще одним эффективным приемом: с помощью механического рычага прогибали внутрь второго резонатора его заднюю торцевую стенку. Но этот способ мы применяли только в крайних случаях, когда уже вообще ничего не получалось.

Остальное оборудование ускорителя тоже было очень громоздким. Кроме генераторов (шкафы высотой 2,2 м), стояли еще 12 модуляторных шкафов такой же высоты сечением 0,8×0,8 м и 12 шкафов управления с реле, трансформаторами, блоками питания, кнопочными пультами и др. Специалистам, наверное, ясна необходимость этих узлов. А вот модуляторы на мощных тиратронах высотой каждый более 1 м нужны были для формирования импульсов напряжения амплитудой 20 кВ и длительностью 250–300 мкс для запитки ламп Г-465. В течение этого промежутка времени как раз и длилась генерация высокочастотных импульсов, закачиваемых в резонаторы.

Одной из задач взаимной настройки генераторов и резонаторов являлось возбуждение в резонаторах так называемых π -колебаний, когда в каждый момент времени электрические поля в резонаторах находились в противофазе. Длина каждого резонатора равнялась примерно половине длины волны высокочастотных колебаний. Поэтому электрон, пролетев в ускоряющем поле по оси первого резонатора со скоростью, близкой к скорости света, попадал во второй резонатор, когда в нем тоже возникало ускоряющее поле. Электрон, тем самым, приобретал суммарную энергию 5 МэВ. При указанной частоте 137 МГц длительность каждого высокочастотного импульса, когда электрон ускоряется, составляет 7–10 нс, так что каждый импульс тормозного излучения длительностью 200 нс состоял из 20–30 таких высокочастотных импульсов (банчей). На осциллографе с хорошим временным разрешением мы видели эти банчи, похожие на зубчики пилы, на гребне импульса.

В конце 1956 г. технология настройки ЛИУ нами была усвоена, и он был выведен на проектные параметры: энергия электронов ~ 5 МэВ, ток пучка электронов — 5 А, длительность импульса ~ 0,2 мкс. При падении пучка электронов на танталовую мишень возникало рентгеновское излучение, которое на расстоянии 1 м от мишени «просвечивало» 75 мм свинца при использовании наиболее чувствительной рентгеновской пленки и усиливающих экранов (конвертер «рентген-свет») типа УФД.

В 1957 г. каземат на полигонной площадке был построен с перспективным запасом по площадям и другим параметрам, и мы начали перевоз узлов ЛИУ. Этот каземат в газодинамическом отделении около 50 лет оставался самым большим и престижным. После монтажа ЛИУ сюда

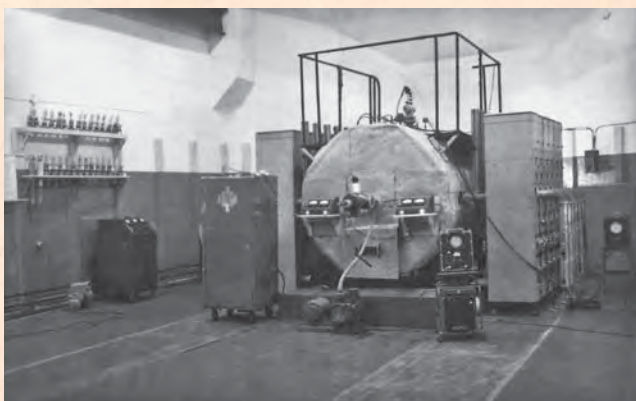


Рис. 1. ЛУЭ-5. Торцевая сторона резонатора облицована слоем свинца толщиной 5 мм

опять приезжали из Харькова Чечкин и Назаров на период его новой настройки.

После получения проектных параметров ЛИУ измеренный размер фокусного пятна на мишени составил $3,5 \times 4$ мм, что было допустимо. Мы научились оперативно менять вольфрамовую спираль (диаметр провода 0,7 мм, длина 14 см) катода инжектора — источника электронов. Спираль всегда работала с перекалом и требовала частой смены. Так же, как и харьковчане, мы пытались найти ей замену, в том числе, недавно появившимися L-катодами. Но ничего лучше вольфрама с перекалом не подобрали.

На рис. 1 фотография ЛУЭ-5 внутри каземата. Надо признаться, что защите от рассеянного рентгеновского и высокочастотного электромагнитного излучения мы тогда не уделяли должного внимания. На рис. 2 приведены огибающие высокочастотных колебаний в первом и втором резонаторах. Во время прохождения электронного пучка через резонаторы происходит «подсадка» запасенной там энергии, которая фиксируется на огибающей в виде острого пика, направленного к оси X на осциллограмме. Форма фокуса электронного пучка на выходе ускорителя показана на рис. 3.

Остановимся на временной последовательности процессов, реализующихся при проведении взрывного эксперимента. После подстройки генераторов ЛИУ и возбуждения в резонаторах π -колебаний, устойчиво повторяющихся при периодическом запуске всех систем, начинали к этому режиму добавлять по временной программе новые операции: включали накал спирали инжектора; подавали через 2 с одновременно с запуском модуляторов сигнал на линию задержки; шел с линии задержки через ~ 80 мкс сигнал на подрыв исследуемой сборки; еще через ~ 40 мкс инициировалось срабатывание инжектора; готовые к ускорению резонаторы пропускали пучок электронов до мишени, тем самым генерируя рентгеновское излучение. Электроны вводились в резонаторы через $(80 + 40)$ мкс = 120 мкс в момент достижения в них максимального электрического ускоряющего поля, а исследуемый процесс регистрировался на 40-й мкс после его начала. Длительности первых двух интервалов можно было менять в любую сторону в зависимости от решаемой задачи.

На рис. 4 фотография зарегистрированного подрыва так называемой «палочки», т. е. длинного, узкого и тонкого слоя химического взрывчатого вещества, инициируемого с одного торца (в данном случае — справа). Виден фронт разлета-

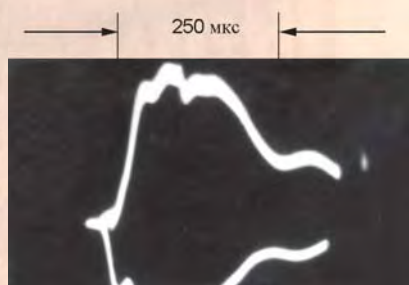


Рис. 2. Вид огибающей высокочастотных колебаний



Рис. 3. Снимок фокусного пятна

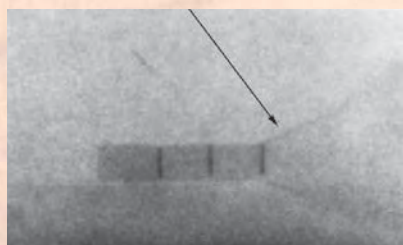


Рис. 4. Рентгеновский снимок подрыва стандартного заряда (стрелкой указан фронт продуктов взрыва)

ющихся под углом продуктов взрыва и то место на «палочке», куда дошла детонационная волна. Три черные полоски на «палочке» — это свинцовые реперы, по которым можно определить путь, пройденный волной.

В связи с проблемой определения на изображении границ объекта возникал вопрос о разрешении по толщине объекта, которое может обеспечить тормозное излучение. Получено, что можно разрешить, т. е. отличить друг от друга два участка, если изображения сформированы предметами, отличающимися по толщине на 1 мм железа и расположенными за общей преградой, равной 30 мм свинца.

В работах ИФВ по основной тематике ускоритель в период 1958–1965 гг. дал возможность получить много новых и интересных результатов. Дело в том, что энергия электронов, равная 5 МэВ, позволяла генерировать такой спектр квантов излучения, которые сравнительно легко «просвечивали» детали из «тяжелых» металлов. Поэтому использовались модельные газодинамические образцы небольшого габарита, но зато ме-

таемые детали были из «тяжелых» материалов. Это позволяло наблюдать их внутреннюю конфигурацию, что было очень важно.

Полученными нашей группой результатами пристально интересовалось руководство газодинамического отделения и всего ВНИИЭФ. Б. В. Литвинов, который был в те годы заместителем по ОКР директора ИФВ, получал результаты опытов в первую очередь. Постепенно наша группа (А. Н. Поспелов, Т. И. Петрова, Ю. М. Макаров) стала не только обеспечивать нормальное функционирование ЛИУ, но и вести тематические и научно-исследовательские работы по основному плану ИФВ. В таком статусе, зная и то и другое, было легче обеспечивать качественное проведение экспериментов и оперативное получение результатов. Вспоминаю, что в тех работах, о которых я пишу, наш ЛИУ называли установкой «Блок».

Одной из интересных задач было исследование сжимаемости различных газов (N_2 , H_2 , CO_2 , He , Cl_2 , SF_6 , NH_3), помещенных в сферические сосуды при разных начальных давлениях. Кроме научных целей, получаемые результаты имели фундаментальное и прикладное значение. К многоплановой газодинамической тематике мы добавили исследования научно-физические.

Так как за выходом из ускорителя электронный поток обеспечивал дозу 10^5 рад, то мы изучали закономерности пробоя воздушных промежутков разной конфигурации при воздействии на них электронов в зависимости от разности потенциалов между электродами. Например, были измерены времена задержки пробоя при пониженных напряжениях в широком диапазоне изменения их величин. Немало исследований проведено при облучении диэлектриков разного состава. Особенно много нового и интересного было получено с диэлектриком типа ЦТС, который хорошо поляризуется в электрическом поле при облучении.

ЛУЭ-5 был демонтирован в 1965 г. в связи с созданием других импульсных рентгеновских установок, обеспечивающих «просвечивание» более 75 мм свинца на 1 м от мишени. Но «вклад» этого ускорителя в понимание процессов, происходящих внутри «труднодоступных» газодинамических объектов, которое было приобретено в нужное время, невозможно переоценить.

МАКАРОВ Юрий Михайлович —

заместитель директора ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ,
начальник отдела, доктор технических наук,
профессор, лауреат Государственных премий

ИЗ ИСТОРИИ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ САРОВА

С. П. ЕГОРШИН

В 1952 г. руководство СССР приняло срочное решение о немедленной организации противовоздушной обороны всех важнейших объектов страны, в том числе и специального конструкторского бюро (КБ-11), размещенного в поселке Саров. Сегодня уже хорошо известно, что в США с конца 1940 г. последовательно разрабатывались планы нанесения авиационных ядерных ударов по важнейшим целям СССР. Последний из них с использованием стратегических бомбардировщиков, прорывавшихся через Арктику, был завершен к началу 1959 г. По этому плану, с учетом наличия 12305 авиабомб с ядерными зарядами, предполагалось уничтожить 450 целей в СССР.

В Советском Союзе к 1959 г. было изготовлено 1050 авиабомб с ядерными зарядами. Для их доставки имелись дальние бомбардировщики ТУ-16. Но их дальность полета ограничивалась всего 5800 км с бомбовой нагрузкой 3 т. Поэтому наш ответный удар мог достичь только северной части американского континента. Однако в ноябре 1959 г. на вооружение нашей армии поступила большая партия новых дальних стратегических бомбардировщиков ТУ-95, которые могли нести на борту 12 т авиабомб,

в том числе ядерных, и имели дальность действия 13200 км. Это означало, что США могли получить ответный удар большой разрушительной силы.

Новых ядерных ударов по СССР только силами авиации США больше не планировали, так как в январе 1960 г. на боевое дежурство в нашей стране был поставлен первый ракетный комплекс с межконтинентальной стратегической ракетой Р-7А, оснащенной ядерной боевой частью первого поколения, разработанной в РЯЦ-ВНИИЭФ. Гонка вооружений переместила свой акцент на создание межконтинентальных ракетных средств доставки ядерных боевых частей.

Но вернемся в 1952 г. Именно тогда и началась история противовоздушной обороны «объекта» — КБ-11, в 1954 г. ставшего городом. По сей день горожанам почти ничего неизвестно об организации такой обороны. Пришло время рассказать об этих интересных страницах истории.

Представленная в статье информация собиралась в 2004–2006 гг. в ходе изучения открытых публикаций, материалов, предоставленных руководством музея РЯЦ-ВНИИЭФ, в ходе полевых работ по изучению местоположения сохранившихся

военных городков, командных пунктов, позиций зенитных батарей и ракетных дивизионов, а также на основе воспоминаний сержантов и офицеров, служивших в подразделениях ПВО, охранявших город: сержантов П. В. Пидько и Н. П. Малышева; майора в отставке М. З. Зинатуллина; знакомства с удивительными воспоминаниями подполковника в отставке Любомирова П. С., охранявшего город более 17 лет.

Первый этап противовоздушной обороны города (1952 — 1958 гг.) начался с момента выхода 26 июля 1952 г. приказа о создании в составе войск ПВО Московского района (а с 1954 г. — Московского округа) двух новых войсковых частей: отдельного зенитно-артиллерийского дивизиона малого калибра (в/ч 31686) для защиты основных объектов города от низколетящих целей и особого зенитно-артиллерийского полка (в/ч 41011) — для защиты города от средне- и высоколетящих целей.

Дивизион малого калибра был расквартирован за городом южнее деревни Цыгановка. В состав дивизиона входили четыре 8-орудийных батареи, укомплектованных 57-миллиметровыми автоматическими зенитными пушками, предна-



П. С. Любомиров делится воспоминаниями с молодежью о своей службе в частях ПВО, охранявших город 57-миллиметровыми автоматическими зенитными пушками

значенными для борьбы с низколетящими целями на высотах до 5,5 км. Позиции батарей отдельного зенитно-артиллерийского дивизиона малого калибра были расположены у основных охраняемых площадок и ТЭЦ. Постоянного боевого дежурства на этих позициях не велось. Командный пункт дивизиона располагался в убежище нынешнего Дома учителя. Штатная численность личного состава дивизиона составляла 440 человек, в их числе 44 офицера. Командиром дивизиона был подполковник Роянов, затем его сменил подполковник А. Д. Иванов.

Особый зенитно-артиллерийский полк (в/ч 41011), укомплектованный восемью зенитными батареями (восемь 100-миллиметровых зенитных орудий типа КС-19 в каждой), был расквартирован на северной окраине пункта Сатис. В полку в боеготовности поддерживались 4 батареи для экстренного выезда. Кроме того, вокруг города (вблизи пунктов Балыково, Стекланный, Сафоновка, Бара-

новка) были оборудованы четыре военных городка со стационарными позициями еще для четырех зенитных батарей. В лесном массиве северо-западнее пункта Полевой, был построен подземный командный пункт со всей необходимой инфраструктурой. Этот командный пункт был оборудован мощным радарным комплексом СРЦ (станция разведки и целеуказаний) П-12, позволяющим выявлять воздушные цели на дальних (более 200 км) подступах к городу.

К концу 1952 г. особый зенитно-артиллерийский полк встал на боевое дежурство. Штатная численность личного состава полка составляла 1000 человек, в их числе 92 офицера. Обе воинские части на момент создания были укомплектованы опытными специалистами. Из почти полутора тысяч артиллеристов и зенитчиков, охранявших наш «объект», примерно 60 % имели боевой опыт, участвовали в Великой Отечественной войне. Для поддержания боевой готовности батарей и слаженности

работы орудийных расчетов в полку регулярно проводились тренировки. Важным упражнением для «первых» номеров расчета — наводчиков — было удержание цели на прицеле. Им надо было держать на прицеле небольшой макет самолета, скатывающийся по натянутой проволоке. Трудной была работа у «вторых» номеров расчетов — заряжающих, особенно 100-миллиметровых зенитных орудий, так как снаряд для этих орудий весил 32 кг. Для контрольной проверки готовности орудийных расчетов личный состав частей ежегодно выезжал на полигон округа во Владимирской области.

На полигоне одновременно собиралось по одной батарее со всех полков Московского округа ПВО. Когда они выстраивали свои орудия вдоль опушки леса, получалась грандиозная картина: на протяжении 5 км через каждые 25 м стояли орудия со своими расчетами. На полигоне батареи работали по-настоящему. Стреляли по маневрирующим целям — сбивали 12-

метровый конус, движущийся за бомбардировщиком ИЛ-28 на фале 800-метровой длины. Кроме того, батареи дивизиона малого калибра работали болванками прямой наводкой по движущимся макетам танков.

К концу 1950-х гг. стоящие на вооружении в батареях зенитные орудия, в том числе и 100-миллиметровые, имевшие потолок стрельбы по высоте от 10 до 12 км, уже устарели. Нужны были средства защиты города от авиационных целей, идущих на гораздо больших высотах. Поэтому в 1958 г. было принято два важных решения: о расформировании дивизиона в/ч 31686, свою задачу исторически выполнившего, и решение о сохранении в структуре Московского округа ПВО в/ч 41011. Но эта часть из особого зенитно-артиллерийского полка реформировалась в особый зенитно-ракетный полк.

Дело в том, что именно в 1958 г. на вооружение поступил зенитно-ракетный комплекс

С-75 («Двина»), созданный в НПО «Алмаз» коллективом под руководством главного конструктора академика Б. В. Бункина. Зенитно-ракетный комплекс С-75 оснащался ракетой В-750В, разработанной в ОКБ-2 коллективом под руководством главного конструктора академика П. Д. Грушина. Ракета была двухступенчатой (первая ступень — жидкостная, вторая — твердотопливная), имела длину 10,7 м, диаметр 0,65 м и общую массу 2163 кг. Управлялась ракета радиокомандами с земли, несла боевую часть массой 190 кг и могла поражать воздушные цели в зоне перехвата радиусом 22 км, идущие на высотах от 100 м до 22 км.

Второй этап.

В 1958 г. развернулось строительство стационарных позиций четырех зенитно-ракетных дивизионов. Место строительства было определено так, чтобы дивизионы находились в вершинах условного квадрата, имеющего диагонали длиной

52–54 км. В центре этого квадрата находился исторический центр города.

Стационарная позиция каждого дивизиона имела форму квадрата площадью 20–22 га, огороженного забором в 2,5 м высотой, каждая сторона которого охранялась изнутри сторожевыми овчарками. К каждому дивизиону были проложены шоссейные дороги. Внутри дивизиона имелся целый военный городок со специальными сооружениями и казармами для личного состава, который по штатному расписанию насчитывал 116 офицеров и солдат. Дивизион был оснащен шестью пусковыми зенитно-ракетными комплексами С-75 («Двина»), радиолокационной станцией разведки и целеуказаний (СРЦ П12) и станцией наведения ракет (СНР).

В самом полку в 1958 г. также шла учебно-организационная переподготовка личного состава. Строилась база технического дивизиона (осуществляв-



Зенитно-ракетный комплекс С-75, оснащенный ракетой В-750

шего поэлементное хранение, сборку и заправку топливом ракет), автопарк спецмашин (доставка собранных и заправленных ракет в дивизионы), автопарк средних и тяжелых армейских тягачей и т.п. Три ракетных дивизиона полка стали на боевое дежурство уже в 1958 г. Четвертый дивизион занял свою стационарную позицию у деревни Коврез в 1959 г.

Таким образом, в 1959 г. особый зенитно-ракетный полк Московского округа ПВО встал на боевое дежурство и приступил к исполнению задачи по защите неба над «объектом». Личный состав полка был полностью укомплектован и обеспечен боезапасом, 120 ракет В-750В. При этом 24 ракеты постоянно находились в боевом положении на позициях дивизионов, а остальные 96 ракет — на складах базы технического дивизиона, расположенного рядом с полком у пункта Сатис. В случае возникновения опасности включался хорошо отработанный «конвейер» их поэтапной сборки силами личного состава технического дивизиона и оперативной доставки на боевые позиции в дивизионы полка спецмашинами.

К началу 1960-х гг. «холодная война» разгорелась с особым ожесточением. Для усиления защиты промышленных центров Горьковской области в 1960 г. был создан Горьковский корпус Московского округа ПВО. Всего в Горьковском корпусе было создано (включая наш полк) шесть зенитно-ракетных полков. Для повышения боевых возможностей и более раннего обнаружения целей корпусу была придана специально созданная радиотехническая бригада. У деревни Глухово был развернут пост с мощной

радиолокационной станцией разведки и целеуказаний П-35. Глуховский пост обнаруживал цель за 500 км от города. После получения координат обнаруженной цели командный пункт нашего зенитно-ракетного полка в полной готовности встречал цель на дальних подступах к городу.

К концу 1950-х гг. советские военные инженеры разработали автоматическую систему распознавания «я — свой». Если радиолокационные станции засекали свои самолеты, то на экране радиолокатора сразу появлялся сигнал, который означал «я — свой». Если самолет был чужой, то такой сигнал не появлялся, и тогда срочно объявлялась боевая тревога.

Отработка системы распознавания «я — свой» осуществлялась совместно с авиационно-истребительными полками, базировавшимися в пунктах Правдинск и Моршанск. Модернизированная система с установленной аппаратурой распознавания «свой-чужой» получил название «Двина-А» и индекс С-75М1. Именно благодаря этой системе в 1961 г. над Уралом был обнаружен американский самолет-разведчик «Локхид» У-2, пилотируемый Ф. Г. Пауэрсом, и сбит с помощью ЗРС С-75М1.

В 1964 г. полк в/ч 41011 переоснащен модернизированным вариантом зенитно-ракетной системы ЗРС С-75 «Волхов» с более современной ракетой В-760В, которая могла поражать цели в радиусе 50 км на высотах от 100 м до 35 км. Кроме того, эта ракета имела вариант оснащения ядерно-боевой частью. Необходимость установки такой части была обоснована политическими событиями и ре-

алиями того момента. Действительно, в 1961–1962 гг., в период Карибского кризиса, возникла опасность нанесения американцами удара по целям в СССР, в том числе, и по территории «объекта» с помощью самолетов-снарядов «Хау-

дог», несущих термоядерные заряды мощностью 1 Мт. Для борьбы с такими целями на склады Горьковского корпуса ПВО поступили спецбоеприпасы, по одному на каждый зенитно-ракетный дивизион. Это были «Ромашки» — боевые головные части, оснащенные ядерными зарядами мощностью 6 кт, разработанными во ВНИИЭФ. Применение «Ромашек» предполагалось только в крайнем случае — для гарантированного уничтожения «Хау-догов» на большой высоте. Конечно, воздушный взрыв 6-килотонного ядерного заряда в густо населенной Горьковской области имел бы неприятные последствия, но они были бы гораздо меньшими, чем взрыв прорвавшегося к нашему городу «Хау-дога» в 1 Мт.

К счастью, применять «Ромашки» не пришлось. Карибский кризис 1961–1962 гг. удалось разрешить. Но эта ситуация заставила серьезнее подойти к вопросу совершенствования боеготовности расчетов зенитно-ракетных дивизионов и подготовке для них офицерских кадров. В Горьком было открыто Высшее военно-командное ракетно-зенитное училище. Расширилась программа учебных стрельб зенитно-ракетных дивизионов на полигонах. Отрабатывалась стрельба из ЗРК С-75 по «уголку» (крест из дюралевых реек метровой длины), сбрасывавшегося бомбардировщиком Ил-28 с высоты 10 км на парашюте. Производились стрельбы



Зенитно-ракетная система С-200, оснащенная ракетой 5В28МН



Установки зенитно-ракетной системы С-300

и по реальным целям — снятым с боевого дежурства ракетам или по беспилотным самолетам МиГ-17. Для поражения шести целей на каждый комплекс С-75 выдавалось 18 ракет. Учебная норма была — три ракеты на поражение цели. За расход двух ракет на цель ставилось «отлично». Два года подряд, в 1961 и в 1962 гг., лучшим зенитно-ракетным полком Московского округа ПВО признавался наш полк. Все дивизионы полка в эти годы сбивали на полигонах все цели снайперски, с первой ракеты! Это достигалось за счет прекрасной выучки и слаженности действий расчетов, их отличной огневой подготовки.

За достижение высоких показателей наш полк в 1961 и 1962 гг. награждался переходящим Красным знаменем Московского ГК КПСС и Моссовета. Это знамя вручал в Москве знаменной группе нашего полка (командир П. С. Любомиров) первый секретарь МГК КПСС Гришин.

Неудивительно, что 80 % офицерского состава и 60 % солдатского нашего особого полка были специалистами I и II класса, а четыре офицера имели класс мастера. Особая заслуга в достижении полком таких высоких результатов в огневой подготовке, безусловно, принадлежала командованию части. Полком командова-

ли замечательные командиры: полковник Тельнов, полковник Шмелев, полковник Л. М. Гончаров, полковник Е. М. Антонов, подполковник Двужилов.

Второй этап истории противовоздушной обороны «объекта» продлился до 1972 г. Этот этап обеспечил чистое небо над «объектом» и городом в разгар «холодной войны» и в период Карибского кризиса.

Третий этап развития противовоздушной обороны города.

В 1972 г. в Горьковский корпус ПВО поступил зенитно-ракетный комплекс С-200. И хотя комплекс С-75 продолжал стоять на вооружении сил ПВО страны, было принято решение защитить город более современным и более мощным зенитно-ракетным комплексом.

В 1972 г. город был прикрыт двумя дивизионами ЗРС С-200. Один был развернут на месте бывшего первого дивизиона у деревни Кошелиха, а другой — на 33-м километре шоссе Нижний Новгород–Арзамас. Эти две ЗРС С-200 до 1992 г. охраняли небо над Саровом.

В связи с выполнением поставленной задачи по противовоздушной обороне города особый зенитно-ракетный полк в/ч 41011 в 1972 г. был расформирован. Радиолокационные станции и установки ЗРК С-75 были демонтированы и перебазированы. Военные городки дивизионов были переданы местным властям для организации на их базе загородных пионерских лагерей.

Известно, что зенитно-ракетная система С-200 стояла на вооружении сил ПВО страны до 2001 г. Однако к началу 1980-х гг. ученые НПО «Алмаз» создали более высокоточную подвижную зенитно-ракетную систему С-300. И хотя зенитно-ракетная система С-200 продол-



Группа офицеров дивизиона 3-го особого зенитно-ракетного полка в/ч 41011. Крайний слева — Ф. П. Ильиных (ныне полковник в отставке), рядом с ним — П. С. Любомиров (фото из архива П. С. Любомирова)

жала еще стоять на вооружении, в 1992 г. было принято решение защитить город более современной и более мощной зенитно-ракетной системой С-300. После снятия С-200 с дежурства по охране нашего города в 1992 г. начался четвертый современный этап истории ПВО города.

Подводя итоги нашего исследования, скажем, что наиболее сложные и ответственные периоды охраны неба над городом (1952–1958 гг. и 1959–1972 гг.). совпали с периодом ожесточенного противостояния двух мировых социальных систем в разгар так называемой «холодной войны». Но личный состав в/ч 31686 и 41011 в полном объеме выполнил поставленные государством задачи по противовоздушной обороне Сарова и не допустил ни одного несанкционированного вторжения в небо над ним. И это не случайно, ведь большинство офицеров, солдат и сержантов были классными специалистами. Кроме того, многие офицеры имели боевой опыт. Так, с 1952 по 1972 гг. 25 офицеров (Кулинич В. Г., Любомиров П. С., Темниц-

кий Н. Т., Капитонов, Пожидаев И. С., Петров В. В., Гончаров Л. М., Антонов Е. М., Сумороков, Ласковенков П. В., Ильиных Ф. П., Демин Е., Ильюшенко В. и другие) направлялись для оказания помощи армиям КНДР, Кубы, Египта и Вьетнама. Лишь один ракетный дивизион С-75, которым командовал подполковник Ф. П. Ильиных из третьего (Хохлихинского) дивизиона в/ч 41011, сбил во Вьетнаме 24 американских самолета. За это Ф. П. Ильиных был награжден двумя орденами: Ленина и Красного Знамени.

Четверым офицерам в/ч 41011 впоследствии были присвоены генеральские звания: Гончарову Л. М., Горшкову Л. С., Антонову Е. М., Ковалеву В. П. Около 150 солдат, сержантов и офицеров в/ч 31686 и 41011 после окончания службы были приглашены для работы в Саров. Они внесли свой достойный вклад в развитие наших производств и процветание города.

Сегодня жители Сарова должны сказать добрые слова всем нашим зенитчикам за

большой ратный труд, позволивший сохранить чистое небо над городом.

С целью сохранения памяти о людях, которые этот труд совершили, целесообразно в музее ВНИИЭФ иметь стенд, посвященный истории противовоздушной обороны города.

Литература

1. Даниель Аксельрод, Микио Каку. Ставка на победу в ядерной войне (секретные военные планы Пентагона). 1998 г.
2. Андришин И. А., Чернышов А. К., Юдин Ю. А. Укрощение ядра // Под ред. Р. И. Ильяева. Саров, 2001.
3. Воронов В. М., Яковлев Е. Д. От атомного проекта к ядерной мощи страны // Атом. 2006. № 30.
4. Ордена Ленина Московский округ ПВО. — М.: Воениздат. 1981 г.
5. Куличков Г. Д. ВНИИЭФ. Исторический очерк. — Саров: РЯЦ-ВНИИЭФ. 1997 г.
6. Советский атомный проект. — Н. Новгород-Арзамас-16: РЯЦ-ВНИИЭФ. 1995 г.
7. Левочкин М. Хранитель безопасного неба // Вестник Российской академии наук. 2006. Т. 76. № 1. С. 63–75.
8. Широкоград А. Б. Энциклопедия отечественного ракетного оружия. — М.: (АСТ)-Минск (Харвит). 2003. С. 261–280.

ЕГОРШИН Сергей Павлович — старший научный сотрудник ИТМФ РЯЦ-ВНИИЭФ, член исторического объединения «Саровская пустынь»

Пассажир №1 ... И ВСЯ ЖИЗНЬ НА КОЛЕСАХ*

В. А. СТЕПАШКИН

Пассажирское сообщение окруженного заграждением из колючей проволоки «объекта» (теперь Саров) с «большой землей» зарождалось и осваивалось параллельно с развитием «объекта». Первоначально это была железная дорога, которая в Шатках становилась узкоколейной, построенной от Шатков до Сарова в 1928 г. еще при участии колонистов, доставленных в Саров и содержащихся здесь в монастырских зданиях. Постройка ширококолейной дороги завершилась в 1952 г., и пассажирскими вагонами на ней первоначально служили обычные теплушки с установленными в ряд скамейками, а для обогрева в холодное время использовались буржуйки. Только в 1954 г. движение открылось официально, были получены два первых, так называемых классных, вагона. Перевозили эти вагоны (затем добавили еще несколько), в основном, молодых специалистов и командировочных, причем вагоны довозились до Арзамаса и там прицеплялись к одному из проходящих поездов.

Пассажиром № 1 секретного «объекта» можно считать его научного руководителя академика Юлия Борисовича Харитона. Летать самолетом ему было запрещено (полеты само-

летов из Москвы до «объекта» и обратно начались в 1946 г.), и потому был выделен специальный вагон, который и начал пассажирское сообщение с «большой землей». О трудовых буднях тех лет вспоминают проводники А. В. Ванюшкина и К. Н. Егорова.

«В 1952 г. вагон Юлия Борисовича поступил на Московскую базу по обслуживанию правительственных вагонов, и надо же такому случиться, что один из проводников серьезно заболел. Освободившееся место предложили мне — молодой сотруднице базы, — рассказывает проводник с 45-летним стажем К. Н. Егорова. — Спецвагон стал для меня родным домом и в прямом, и переносном смыс-

ле. Именно проводник этого вагона П. С. Егоров вскоре стал моим мужем, и более 30 лет мы вдвоем жили на колесах. Бесчисленные командировки различной длительности, постоянное дежурство на режимном объекте, каковым являлся этот вагон, зимой поддержание постоянной температуры в отопительной системе и т. д.».

«Только войду в квартиру — звонок телефона. Слышу голос Юлия Борисовича в трубке: «Клавочка, я даже боюсь Вам сказать — сегодня обратно едем». Делать нечего, от ворот поворот и обратно в вагон. Напарница скоренько прибирается, заправляется, а я — за командировкой. Бывало и так, что командировку оформляли

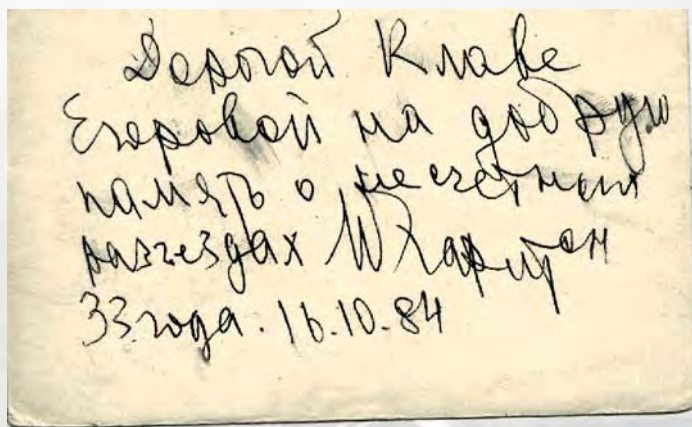


Вагон специального назначения до сих пор стоит на запасном пути

*По материалам газеты «Старый город №», 2002, № 17 (25 апреля).



Ужин в салоне вагона. Ю. Б. Харитон, К. Н. Егорова, И. В. Курчатov



Автограф Ю. Б. Харитона с посвящением К. Н. Егоровой

уже после внеочередного возвращения.

Долгие годы этот дом на колесах служил единственным средством сообщения с Москвой и полигонами не только радужному хозяину, но и И. В. Курчатову, А. Д. Сахарову, Б. Г. Музрукову, Е. А. Негину и другим именитым гостям, научной элите. Харитон, Курчатov, Сахаров всегда в дороге работали с большим количеством книг, рукописей. Юлий Борисович предпочитал работать в общем салоне, Андрей Дмитриевич — у себя в купе. На ночь Юлий Борисович перебирался тоже в

купе и мог работать еще всю ночь напролет.

В питании все были непривередливы. Первые годы, когда обеспечение было государственное, продукты завозились специальной службой. После отмены этой привилегии пассажиры приносили продукты с собой. Иногда бывало такое, что все приносили одно и то же. А так как все очень любили яичницу-глазунью, то в отдельные дни холодильник напоминал собой хранилище небольшой птицефермы. А глазунья в вагоне действительно получалась особо вкусная, да и не только

она — на дальние переезды готовился и борщ, и суп грибной. То ли дровяное отопление печи сказывалось, то ли еще и тряска вагона, но даже Юлий Борисович всегда ел с аппетитом.

Борис Глебович обычно звонил за несколько дней: «Клавочка, мы едем в командировку». Это служило сигналом к тому, что необходимо было мелко нашинковать вилок свежей капусты и засолить — очень уж он любил капусту трехдневной засолки».

Вспоминает А. В. Ванюшкина: «Игорь Васильевич, в отличие от остальных, любил при длительных остановках прямо в пижаме побродить по перрону. Обычно подойдет ко мне: «Аллочка, берите кастрюльку — погуляем.» Это означало — присмотрел у местных торговек ряженку или ягоды. В этих походах нас всегда сопровождали телохранители».

«Любил Игорь Васильевич побаловать себя макаронами с чесноком, но это только когда они ехали вдвоем с Юлием Борисовичем,» — добавляет Клавдия Николаевна.

Немаловажной стороной жизни обитателей спецвагона было обеспечение их безопасности. В первые годы для этого прикомандировывался целый отряд людей в штатском. «Как-то в одну из поездок мы не увидели обычного сопровождения. Наше недоумение рассеял Юлий Борисович: «Теперь Вы будете телохранителями. Пожалуйста, не открывайте двери. Если кто постучит, смотрите в окна. Людей, с которыми не знакомы — не пускайте ни под каким видом». Мы так и делали. Обычно Юлий Борисович предупреждал о посетителях, но один раз приключился конфуз — не пустила в вагон вновь назначенного директора

института Л. Д. Рябева. Слава Богу, следом пришел Юлий Борисович и познакомил нас.

Как показывают последующие события, такие меры предосторожности были не лишними. Первое чрезвычайное происшествие произошло в середине 1950-х гг. При возвращении из Семипалатинска на одной из крупных станций с непродолжительной остановкой к нам в вагон постучали несколько солдат во главе с сержантом. Старший проводник имел неосторожность открыть дверь, в которую ринулась бравая молодежь, не обращая никакого внимания на уговоры и предупреждения. Через секунду они уже были в салоне, а я только тарелки начала расставлять. Хорошо тут же в дело вступил наш телохранитель В. М. Туков. Сержант вел себя очень нагло, объясняя свои завоевательские действия тем, что якобы их направили в последний вагон состава, который почти пустой. Только вид пистолета у Тукова отрезвил непрошенных посетителей: «А теперь кругом и шагом марш впереди меня!» Так и сдал их всех коменданту».

Следующий случай произошел в середине 1980-х гг., когда в роли телохранителей выступали К. Н. Егорова и ее напарница М. В. Шмычкова. «Это происшествие добавило нам немало седых волос. В тот вечер Юлий Борисович засиделся до полуночи в салоне, беседуя со своим гостем — работником первого производства. Я предложила чай, но они отказались: «Спасибо, мы сейчас пойдем отдыхать». Я вернулась к себе в купе, только хотела переодеться, как стучится Юлий Борисович: «Клавочка, Клавочка, у нас в салоне посторонние люди». А у меня сразу в голове: как, откуда?! Только что разошлись —



К. Н. Егорова, Ю. Б. Харитон, Г. А. Тюкина (врач)

никого не было. Померещилось, может быть? А он меня за собой тянет к салону. Дверь закрыта, за ней слышна возня, и происходит что-то явно нехорошее. Я предложила открыть дверь служебным ключом, но Юлий Борисович, вооруженный небольшим ломиком, взял руководство в свои руки. «Нет, Клава, мы не знаем, кто там, сколько их, может быть, они вооружены. Мы не будем дверь открывать, а давайте оденемся и пойдем в тамбур». Так и сделали. В тамбуре сориентировались, что уже подъезжаем к станции Куровская, и решили сорвать стопкран. Выскочили на улицу — к нам бежит начальник поезда, электрик и машинист. Влезший в вагон выскочил из купе и побежал в соседний вагон, чтобы перекрыть переход из нашего; там этого взломщика и задержали. Второй выскочил через наш тамбур и попытался проскочить под вагоном через пути, но один из подоспевших ухватил его за ногу, я — за вторую, так и вытянули. Когда разобрались, задержанными оказались мо-

лодые москвичи, в салон попали через закрытый тамбур. Под шум движущегося эшелона они выдавили первое стекло, второе вырезали алмазом, изнутри перекрыли дверь в салон. Намерения их были, вероятно, воровские. Только вот не думали и не гадали, куда они попали.

В связи с избранием Ю. Б. Харитона депутатом прибавилось ему забот и общественных дел. Однажды на пути в Москву Юлий Борисович и говорит: «Сегодня иду к министру просить поезд для нашего города». Действительно, спустя некоторое время, 5 ноября 1987 г., в Москву отправился первый пассажирский состав с табличкой «Москва-Первомайск», внося дополнительные удобства простым горожанам».

СТЕПАШКИН
Валентин Александрович —
специалист отдела культуры
администрации г. Саров,
член Союза писателей России,
известный историк и краевед

КАК ЭТО БЫЛО

(О НАЧАЛЕ СОЗДАНИЯ РАКЕТНЫХ ВОЙСК СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ)

С. А. ЗЕЛЕНЦОВ

21 октября 2007 г. исполнилось 80 лет Сергею Александровичу Зеленцову, генерал-лейтенанту авиации, кандидату технических наук, члену-корреспонденту военных наук, академику РАЕН, лауреату Государственной премии СССР, бывшему главному инженеру 12-го ГУ Министерства обороны, а в настоящее время — советнику директора Института стратегической стабильности по проблемам ядерного оружия. Члены Исторического объединения «Саровская пустынь»

А. Агапов и С. Егоршин попросили его поделиться своими воспоминаниями с читателями журнала «Атом».

В мае 1959 г. меня, офицера 6-го управления 12-го ГУ МО, направили в учебный центр ракетно-артиллерийского полигона Капустин Яр для совершенствования знаний и стажировки по сборке и подготовке к боевому применению ядерных боеприпасов для ракет. В это же время, с целью привлечения внимания к проблемам ракетостроения, главными конструкторами новых стратегических ракет и командованием Министерства обороны СССР было принято решение организовать специальный показ разрабатываемой техники руководству страны во главе с Председателем Совета Министров СССР Никитой Сергеевичем Хрущевым.

Планировалась демонстрация ракет Р7, Р14, Р16, Р9 с новым ядерно-боевым оснащением. На этом показе от Министерства среднего машиностроения было решено представить некоторые головные части с ядерными зарядами к ракетам, разработанными в КБ-11 (ныне РЯЦ-ВНИИЭФ) главными конструкторами Е. А. Негиным и С. Г. Кочарянцем.

Местом показа был определен тот же Капустин Яр. Подготовку экспозиции стратегических ракет и ядерных боеприпасов к ним поручили офицерам учебного центра 12-го ГУ МО под непосредственным контролем генерал-полковника В. А. Болятко.

Вся подготовка к показу головных частей с ядерными зарядами велась под большим секретом в отдельном монтажно-испытательном корпусе. Личный состав местного учебного центра к показу не привлекался, сам корпус строго охранялся, в дополнение к общей обычной охране площадки. Генерал В. А. Болятко жил в отдельном коттедже. Он контролировал подготовку к показу и очень придирчиво относился к докладам офицеров, замечая малейшие неточности и использование ими производственно-технических жаргонизмов, непонятных для непосвященных, стремясь научить докладчиков «русскому языку».

На одной из таких «тренировок» ему пришла мысль спросить у докладчиков о последствиях применения ядерного оружия. Как оказалось,

они представляли это в общих чертах, что не удовлетворило Виктора Анисимовича. Возникла проблема — найти докладчика. После переговоров с Москвой выяснилось, что такой докладчик есть, находится на этом же полигоне, и это его подчиненный, майор С. А. Зеленцов.

Я очень удивился, когда сообщили, что меня вызывает генерал-полковник В. А. Болятко. Генерал поставил передо мной задачу подготовить к следующему дню карту большого 8-миллионного города (который он мне назвал) с обозначением на нем зон поражения объектов ядерным взрывом, с расчетами потерь населения, приняв за основу Хиросиму с учетом поправок на другую мощность и прочность объектов.

Это было для меня не сложно, мне приходилось делать такие оценки и раньше. Ведь к тому времени я уже участвовал в нескольких испытаниях. В 1953 г. я присутствовал на Семипалатинском полигоне при испытаниях первого термоядерного заряда мощностью 400 кт, в 1954 г. — на учениях войск на Тоцком полигоне, в 1955 г. — при взрыве авиабомбы мощностью 1600 кт, сброшенной с самолета; в 1957 г. — при высотных взрывах на зенитном полигоне. Этим испытаниям предшествовала разработка программы оборудования районов взрыва аппаратурой для измерений параметров поражающих факторов, мест размещения испытываемой техники, сооружений, а также поражений животных. К этой работе привлекали коллектив сотрудников 6-го Управления 12-го ГУ МО, в том числе и меня. После испытаний мы составляли отчеты с анализом результатов и оценкой боевых свойств испытанных ядерных боеприпасов. Словом, с поставленной генералом В. А. Болятко задачей я успешно справился.

Тогда он ввел мой доклад в сценарий показа, включив в группу докладчиков для высокопоставленных гостей при их посещении отдельного монтажно-испытательного корпуса. По разработанному генералом В. А. Болятко сценарию, моя схема города должна была размещаться в тамбуре перед входом в корпус. Представитель нашей группы до-

кладчиков должен был встретить здесь делегацию во главе с Н. С. Хрущевым и доложить так: «Товарищ Председатель Совета Министров! Здесь представлена...» и т.д.

В последующие дни репетиций показа докладчики нашей группы по различным причинам исключались. И, наконец, Виктор Анисимович оставил только двоих: меня и подполковника Прудникова из подмосковного учебного центра. Было сказано, что мы должны быть готовы дублировать друг друга.

Мои занятия в учебном центре заканчивались. Я был обучен конструировать ядерные заряды, собирать их от первой степени готовности СГ-1 (в отдельных деталях и узлах) до максимальной, проводить регламентные работы и использовать контрольно-измерительную аппаратуру. Поэтому я подходил и в качестве дублера подполковника Прудникова.

Однако Виктор Анисимович только этим не удовлетворился. Он договорился с Е. А. Негиним и С. Г. Кочарянцем о моем размещении в их коттедже с целью обучения тому, что знают они о работе новых конструкций ядерных боеприпасов. «Учите его хоть день и ночь,» — сказал Болятко. Что и было выполнено за неделю.

Конечно, я не достиг уровня главных конструкторов, но был в состоянии ответить на любой вопрос о ядерном оружии представительной группе посетителей во главе с Председателем Совета Министров СССР. На последней репетиции, за день до показа, подполковник Прудников пошел к В. А. Болятко и сказал, что очень сильно волнуется. Что боится за свой доклад. У Виктора Анисимовича остался один вариант: доверить весь показ мне. А Прудникову было сказано, чтобы он не расслаблялся, а был готов в качестве дублера докладчика и находился в корпусе в незаметном месте (мало ли что может случиться).

Настал день показа. Вся группа преподавателей собралась на площадке в учебном корпусе, откуда начинался весь показ. В нашем монтажно-испытательном сооружении, где находились все образцы ядерных боеголовок, остались только мы с Прудниковым, да снаружи у входа — два офицера охраны.

Но вот поступило сообщение: «Едут!» Показалась колонна машин. Вышла довольная большая группа. Впереди шел Н. С. Хрущев, с ним В. А. Болятко, затем все остальные. Я встретил их в тамбуре корпуса и доложил о том, что сейчас им предстоит увидеть головные части стратегических ракет с ядерными зарядами. В качестве примера я ознакомил их с картой, где обозначил результаты боевого применения одной из находящихся за закрытой дверью головных частей мегатонной мощности по крупному административно-промыш-

ленному центру с населением около 8 млн человек. Рассказал о зонах поражения и структуре потерь, изображенных на схеме. Затем открыл откатные ворота корпуса и пригласил всех внутрь.

Огромный зал монтажно-испытательного корпуса был заставлен головными частями ракет, макетами ядерных зарядов, сопровождающими схемами и таблицами. Показ и доклад начался с самой большой головной части ракеты Р7А. Для масштаба я вошел внутрь корпуса головной части со стороны днища, продолжая доклад. Это произвело впечатление, раздался негромкий, но одобрителный высказывания. Затем пригласил Н. С. Хрущева к следующей экспозиции и т.д.

Примерно через час моего доклада Хрущев сказал, что все это очень интересно, но стоять утомительно. Последовала команда: «Принесите стулья!» Когда гости сели, доклад продолжался. Вскоре экспозиция головных частей стратегических ракет закончилась, подошли к стенду с новыми перспективными конструкторскими разработками ядерных зарядов существенно меньших габаритов. Здесь я в инициативном порядке, не предусмотренном сценарием, попросил Н. С. Хрущева о разрешении представить этот стенд и продолжить экскурсию присутствующему в группе главному конструктору разработок Е. А. Негину. Хрущев согласился, а Евгений Аркадьевич, не ожидавший такого подвоха, немного растерялся, но быстро сориентировался и начал рассказ о своих замыслах, который все присутствующие слушали с большим вниманием.

После завершения осмотра генерал Болятко пригласил Н. С. Хрущева и всех присутствующих к столу. Но Хрущев отказался, подошел к бочке со льдом в тамбуре, взял бутылку охлажденной воды, налил в стакан, сказал Виктору Анисимовичу: «Спасибо, можете оставаться,» — и ушел. Один из офицеров охраны корпуса тут же забрал этот стакан в качестве сувенира.

Проводив Н. С. Хрущева, Виктор Анисимович распорядился вынести столы с нетронутыми закусками из корпуса, пригласил из соседнего здания всех офицеров, участвовавших в подготовке, налил себе бокал вина (хотя он никогда не употреблял крепких напитков), поблагодарил всех, и, оставив за старшего генерал-лейтенанта А. И. Суетина, присутствовавшего при показе, тоже уехал.

Итоги смотра нового оружия были подведены несколько позже. А через полгода, 17 декабря 1959 г., постановлением Совета Министров СССР была введена должность Главкома РВСН — заместителя министра обороны СССР, установлен состав и структура аппарата (включая штаб, управления) и его численность. Формирование ракетных войск стратегического назначения началось.

СОЛНЕЧНАЯ ПОЭЗИЯ

МИХАИЛА ТИМОНИНА

И. Н. ЧУРКИН



Имя Михаила Алексеевича Тимонина не на слуху — при жизни вышли в свет две его книжки, одна из которых предназначалась детям и называлась «Молодой апрель». Вторая книга уже была солидного формата, в нее вошли стихи разных лет. Чаще его стихи печатались в газетах. Были у Тимонина многочисленные поклонники, так как мимо его светлых, необыкновенно солнечных и радостных поэтических строк и образов равнодушно не пройдешь.

Михаил Тимонин родился в начале прошлого столетия в деревне Яковлевка Дивеевского района Горьковской области, что на пути между ныне всемирно известными Всероссийским научно-исследовательским институтом экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров) и Свято-Троицким Дивеевским женским монастырем. Их домик в три окошка стоит у самой березовой рощи. Улица зеленая от травы-муравы и золотая от одуванчиков. В низинках долго держится талая и дождевая вода на радость детям. Дом Тимониных сохранился, только его новый хозяин многое переделал.

Михаил окончил церковно-приходскую школу и испробовал разный труд: пас коров и овец, столярничал и плотничал, работал в сапожной мастерской, потом грузчиком на Горьковском автозаводе, был штукатуром, сторожем музея, печником и солдатом. И никогда не расставался с книгами, тетрадкой и химическим карандашом — он писал стихи, читал их друзьям и соседям. Еще до Великой Отечественной войны о его незаурядном таланте писала «Литературная газета». Не просто писала, а хвалила.

После войны фронтовик Тимонин остановился в столице. Родной Горьковский автозавод принял бы, наверное, обратно, да только сердце не захотело волноваться юностью, тяжелой и одновременно безмятежной. Поиски работы привели в театр Советской Армии. В отделе кадров повертели военный билет, спросили о профессии — ее не было, и предложили одну-единственную должность — истопника. Михаил Тимонин — человек деревенский, потому и решили театральные: дров наколет, принесет, печи затопит. Тепло в театре будет обеспечено.

Так оно и было — к работе не привыкать. А когда трещат и радуются огнем дрова, радуется возле открытой дверцы голландки человек. В такие минуты доставал он из нагрудного кармана военной гимнастерки потрепанную тетрадку, муслил кончик химического карандаша, и рождались стихи. О детстве, о лесных полянах, о весеннем дожде и родных яковлевских и саровских просторах.

Здесь же, в театре, определили Тимонину место жительства — небольшую каморку. Вечером, когда отгромышают аплодисменты и артисты разъедутся по домам, театр наполнится тишиной и даст раздолье тимонинскому слову. И опять стоят перед глазами родные места, картинки из детства... В один из таких вечеров остановилась возле Тимонина Нина Сазонова. Она уже тогда, молодая, но не имеющая высокого звания народной артистки, была любима зрителями. Нина Афанасьевна поинтересовалась:

— Что это такое пишет фронтовик в своей синенькой тетрадке?

— Стихи, — ответил Тимонин.

— А не тяжело почитать?

— С удовольствием.

Поутру в разливе света

Зашумели глухари.

Сыроежки жарит лето

На большом костре зари.

И пока читал Тимонин свои стихи, Сазонова кивала, радостно улыбалась, а затем и вовсе заплакала.

— Знаешь что? Давай-ка завтра встретимся и поедем в одно место. Там непременно должны прочитать твои стихи.

Местом этим оказался «Детгиз» — союзное детское издательство. Нина Сазонова привела Михаила к поэту Льву Смирнову. На тимонинские стихи прибежали все, кто был в это время в редакции. Читали и поздравляли, а Тимонин сжался и боялся пошевелиться: перед ним сидели и стояли поэты, которых он знал только по книжкам.

Лес к весне прислушался, позабыв усталость.

Заползает зелень дымкой на холмы.

Под корягой скорченной в логове осталось

Ледяное блюдо бабушки-зимы.

— Давайте издавать книгу. Ты не возражаешь?
Возражал ли Тимонин? Он и думать не думал, что такое может быть в его жизни. Через несколько месяцев на прилавках столичных магазинов появилась тоненькая книжка стихов для детей с веселым названием «Молодой апрель».

Литературные критики в один голос писали: «Природа — вот истинная стихия Тимонина. Редко у кого встретишь такое тонкое понимание природы, такое любовное к ней отношение. С любовью он пишет о труде, ведь всю жизнь он работает, и работает тяжело».

У Тимонина старый привычный образ иногда приобретает очень неожиданную современную окраску:

Веселый дуб с зеленою мочалкой
На берегу становится под душ.

Длинные усики антенны
Ловят волны света
(это о ржаном колосе. — Прим. авт.).

На рассвете дятел телеграмму
Выбивает в ельнике скворцу.

Скажу правду: наградив Михаила Алексеевича высокими эпитетами, московские поэты на этом поставили точку. Наговорили массу лестных слов, давали обязательства — в любой момент Тимонин может рассчитывать на их поддержку, — а места в литературных журналах, не говоря уж о выпуске специальных книг, больше не давали — самим надо. А книжка быстро разлетелась с прилавков московских магазинов, и больше всего ей радовались дети.

Михаил Алексеевич, добрая, скромная душа, понимал это и тихо жил в Киеве, растил вместе с супругой детей, и каждое лето приезжал в родную Яковлевку. Продолжал писать. Для себя. Для де-

тей своих. Для друзей. Для детей своих знакомых. Иногда раздаривал свои стихи, и они терялись по прошествии времени. Иногда печатался в маленьких газетах, но до хорошего и полного издания своих стихов так и не дождался.

В начале 1990-х гг. я познакомил Николая Васильевича Кутепова, ныне покойного митрополита Нижегородского и Арзамасского, со стихами Тимонина. «Исключительно хороши!» — произнес митрополит.

Николай Васильевич загорелся идеей и предложил денежный взнос на издание книги стихов поэта. Нашлось издательство, а в нем добрые талантливые люди. К делу подключился старый друг Тимонина Александр Иванович Бочкарев, живший тогда в поселке Сатис. Мы уговорили Лену Мочкаеву, талантливую художницу и поэтессу из села Кременки, сделать иллюстрации к будущей тимонинской книжке. Лена так увлеклась его стихами, что «родила» целый альбом прекрасных рисунков. Но денег хватило только на то, чтобы сверстать книгу. В свет она так и не вышла — средств на ее издание не хватило. А как нам хотелось, чтобы стихи Тимонина вновь ожили, и их смогли прочитать люди.

Мне было приятно услышать от Анатолия Ивановича Герасимова, одного из членов редколлегии журнала «Атом», предложение кратко рассказать о Тимонине и опубликовать стихи поэта. Уверен, все, кто прикоснется к солнечной поэзии Михаила Алексеевича Тимонина, останутся ее пленниками. Очень хотелось, чтобы стихи слышали и прочитали дети. К сожалению, книг Тимонина в саровских библиотеках нет.

ЧУРКИН Иван Николаевич —
руководитель пресс-службы главы г. Сарова,
член Союза журналистов России

* * *

Лес к весне прислушался,
Позабыв усталость.
Заползает зелень
Дымкой на холмы.
Под корягой скорченной
В логове осталось
Ледяное блюдце
Бабушки-зимы.
На кустах черемухи
Пьет росу синичка.
Иглами густыми
Ловит звуки ель.
К фитильку подснежника
Голубую спичку
В сумраке подносит
Молодой апрель.

* * *

Как белые кони
Умчались метели.
В обнимку на солнышке
Греются ели.
Стал вид веселее
У яблонь и вишен.
Колеблется пар
На сверкающей крыше.
Вода над карнизом
Запенилась в кадке.
Ручей разыскал
Прошлогодные грядки.
Под снежной корою
Не слышать его звука:
Он греет озябшие
Пальчики лука.

* * *

Скворца качает дуб столетний,
Как дед внучонка у ворот.
Весна в накидке разноцветной
По чистой улице идет.
Она идет, играет, светит
Лучами в тонкой синеве,
Шумят березки, словно дети
В рубашках белых на траве.
А за дорожным поворотом,
Где дружный сев идет с утра,
В большую радугу-ворота
Въезжают строем трактора.
Окно соседка распахнула,
Прогретым воздухом дыша.
И в первый раз весна взглянула
В глаза большие малыша.

* * *

Разбужен сад веселым летним громом,
Погас за тучей огонек зари.
А вдаль села по улицам знакомым
Бегут ручьи, пуская пузыри.
Под крышу дома ветер прячет галку.
Несет река волну в лесную глушь.
Веселый дуб с зеленою мочалкой
На берегу становится под душ.

* * *

Поутру в разливе света
Зашумели глухари.
Сыроежки жарит лето
На большом костре зари.
Заплетают кудри вика,
Сок готовит для пчелы,
Сыплет звезды земляника
На зеленые столы.
Трактористы встали рано,
А вдали наперебой
Ходят тучи с барабаном
По дороге голубой.

* * *

Над широким полем тонет
Жаворонка голос.
Я качаю на ладони
Ржи душистый колос.
Он стоит как страж бессменный,
Солнышком согретый,
Длинных усиков антенны
Ловят волны света.

* * *

К реке бегут купаться дети,
За рощей окрик пастуха.
С листвою заигрывая, ветер
Пушинку сбросил с петуха.
На речке с бочкой мокнут дроги.
Воронкой пыль летит под мост.
Поймал репейник у дороги
Теленка рыжего за хвост.

* * *

За густым колхозным садом
Солнце моется в реке.
Облака большим парадом
Развернулись вдалеке.
На веревке у забора
Сохнут белые платки.
В теплом солнечном просторе
Закружились мотыльки.
Покидая темный улей,
За околицу села
Золотой помчалась пулей
Быстрокрылая пчела.
Ветер с юга тихо льется
И несет в простор полей
Стук колес и скрип колодца,
Крепкий запах тополей.
В тихом утреннем тумане
Обняла березу ель.
Петуха петух у тына
Вызывает на дуэль.



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

Учредитель —
Российский федеральный ядерный
центр — Всероссийский научно-
исследовательский институт
(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

Заказать журнал и подписаться на
него можно по адресу редакции:

607188, г. Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ,
ОПИНТИ,
заместителю главного редактора
Волковой Нине Анатольевне

Тел. (831-30) 205-25,
факс (831-30) 205-47
e-mail: volkova@vniief.ru



Внутреннее убранство часовни над могилами
преподобного Серафима Саровского
и отца Марка Молчальника с реконструированными
их гробами (в углублении — Серафима, на полу — Марка).
Часовня находилась около Успенского собора и была
восстановлена в 2006 году к празднованию 300-летия
Свято-Успенского Саровского мужского монастыря

(Фото А. Е. Малеева)



