

# ЭНЕРГИЯ



Государственный  
научный центр  
Институт ядерной физики  
им. Г.И.Будкера  
№10-11, июль, 1997г.

## ШИМУЛЬС

### Конкурс МОЛОДЫХ ученых

В конце мая в нашем институте состоялся традиционный конкурс молодых ученых. Он прошел заметно активнее, чем в прошлом году: в нем приняли участие сорок три человека.

В секции "Физика элементарных частиц" выступило с докладом 13 человек.

Жюри, под председательством А.М.Баркова, отметило работы:

П.Лукина (лаб.2-0) — 1 место, С.Ганжура (лаб.3-2) — 2 место, Р.Ли (ТО) — 3 место.

В работе секции "Физика ускорителей" участвовало пять человек, жюри возглавлял И.А.Кооп.

Призовые места здесь распределились следующим образом: А.Валишев (лаб.11) — 1 место, Д.Кайран (с.8-11) — 2 место, третье место присуждено М.Петриченкову (лаб.1-1), А.Отбоеву (лаб.11), Р.Акбердину (с.8-11).

Четыре участника было в секции "Радиофизика"; жюри — председатель М.М.Карлинер — присудило первое место Е.Мандрику (лаб.6-0), второе место — А.Ли (лаб.6-0), третье — В.Осипову (с.6-13).

В секции "Физика плазмы" (председатель жюри А.В.Аржанников) представили свои работы десять человек. Призовые места распределились следующим образом: 1 место — П.Денисенко, А.Ровенских (лаб.10); 2 место — Н.Ступишин, И.Шиховцев (лаб.9-12); 3 место — М.Агафонов, П.Калинин, С.Кузнецов (Лаб.10).

Одиннадцать докладов заслушало жюри (председатель В.И.Нифонтов) на секции "Информатика". Призовые места присуждены: Д.Болховитянову (лаб.5-13) — 1 место, А.Маглели (лаб.6-1) — 2 место, О.Гуменюку (лаб.9-12) — 3 место.

Летом нынешнего года исполняется двадцать пять лет со дня получения захваченного пучка в кольце ВЭПП-2М, и двадцать лет отделяют нас от такого же со-

комплекса в целом оставались неясными. В этой сложной ситуации и возникла идея создания нового коллайдера ВЭПП-2М. Старый комплекс после небольшой модернизации предполагалось

Г. Тумайкин

### ДВА ЮБИЛЕЯ

бытия на установке ВЭПП-4. Мне посчастливилось быть руководителем работ при запуске этих двух и ныне работающих комплексов. В связи с юбилеями хочу поделиться воспоминаниями об этих давно минувших днях.

В 1970 году был завершен цикл экспериментов на первой в мире установке со встречными электрон-позитронными пучками. Установка ВЭПП-2 продемонстрировала уникальные возможности метода встречных пучков и его перспективы, на ней были в первый раз измерены параметры ро-, фи- и омега-резонансов, обнаружено множественное рождение адронов, а начальство получило очередные академические звания и Ленинскую премию. На этом возможности ВЭПП-2 были исчерпаны, для продолжения экспериментов в первую очередь требовалось увеличение светимости. Программа развития встречных электрон-позитронных пучков в ИЯФ в это время была связана с комплексом ВЭПП-3, однако перспективы получения позитронов и запуск

использовать в качестве инжектора электронов и позитронов, при этом старое кольцо ВЭПП-2 становилось бустерным накопителем, что давало возможность непрерывного ведения эксперимента. Вспоминаю, что обсуждались экзотические варианты размещения нового кольца, начиная от варианта на крыше третьего блока под стеклянным колпаком до бункера между этим блоком и трубой. Фантазии Андрея Михайловича Будкера не было предела. Однако в конце концов с крыши спустились на землю на место первой в мире установки со встречными электрон-электронными пучками ВЭП-1, в запуске которой мне также пришлось участвовать. Программа ВЭП-1 к этому времени была в основном завершена, на верхнем кольце под руководством Стаса Попова началось разворачивание программы с тонкой мишенью. Было принято решение эту работу перенести на ВЭПП-2, а комплекс ВЭП-1 демонтировать. Именно ограничен-

Окончание на стр. 2



Окончание. Начало на стр. 1

ность освобождаемого пространства определила максимальную энергию нового кольца в 670 Мэв, хотя физическое сообщество предлагало 900-1000 Мэв, и, как показали дальнейшие события, оно оказалось право. Оглядываясь назад, полагаю, что можно было найти такое

И.Б.Вассерман, Э.И.Зинин, М.М. Карлинер, И.А.Кооп, А.А.Лившиц, А.П.Лысенко, С.И.Мишнев, В.А.Сидоров, А.Н.Скринский, Э.М.Трахтенберг, Г.М.Тумайкин, Ю.М.Шату-

Г. Тумайкин

## ДВА ЮБИЛЕЯ

тановок в наше время даже очевидцам кажутся сказкой. Конечно, это было другое время, мы тоже были другими, а еще были такие гиганты, как Александр Абрамович Нежевенко, человек сталинской закалки, который с присущей ему энергией задавал пульс работе. Вспоминаю еженедельные планерки, на которых нам, физикам, доставля-



решение, передвинув ВЭПП-2 или убрав защитную стену. Однако этот вариант привел бы к увеличению сроков и объема работ, к тому же оставалась еще надежда на ВЭПП-3. Были и другие обстоятельства, такие как наличие определенных размеров железа для магнитов, мощность имевшихся источников питания и т.д. Все это и определило энергию ВЭПП-2М.

Большими энтузиастами ВЭПП-2М были В.Е.Балакин и Л.М.Барков, предсказывая богатую физику в области энергий ВЭПП-2, и они тоже оказались правы. Привожу список авторов первой публикации — доклада на 3-ем Всесоюзном Совещании по Ускорителям Заряженных Частиц в октябре 1972 года. Это были: Г.И.Будкер, В.Е.Балакин, Л.М.Барков, В.М.Боровиков,

Фоторепортаж из прошлого В. Петрова

нов. В докладе сообщалось о запуске новой установки ВЭПП-2М пока с одним электронным пучком. Эта была необычная ситуация. Всегда в начале публиковался проект, а потом через несколько лет сообщение о запуске. Период суперсекретности, когда такое практиковалось, уже прошел. А дело было в том, что от момента начала проектирования до получения первого захваченного пучка прошло менее двух лет, что меньше периода между ускорительными конференциями. События происходили так: 8 июля 1972 года пучок был подведен к ВЭПП-2М, 15 июля пучок совершил первый оборот, и этой же ночью Кооп и Мишнев получили захват в синхротронный режим.

Такие темпы строительства ус-

лось от него за затягивание в выдаче заданий конструкторам и проектировщикам, а им — за несвоевременную выдачу документации в цех и электрикам.

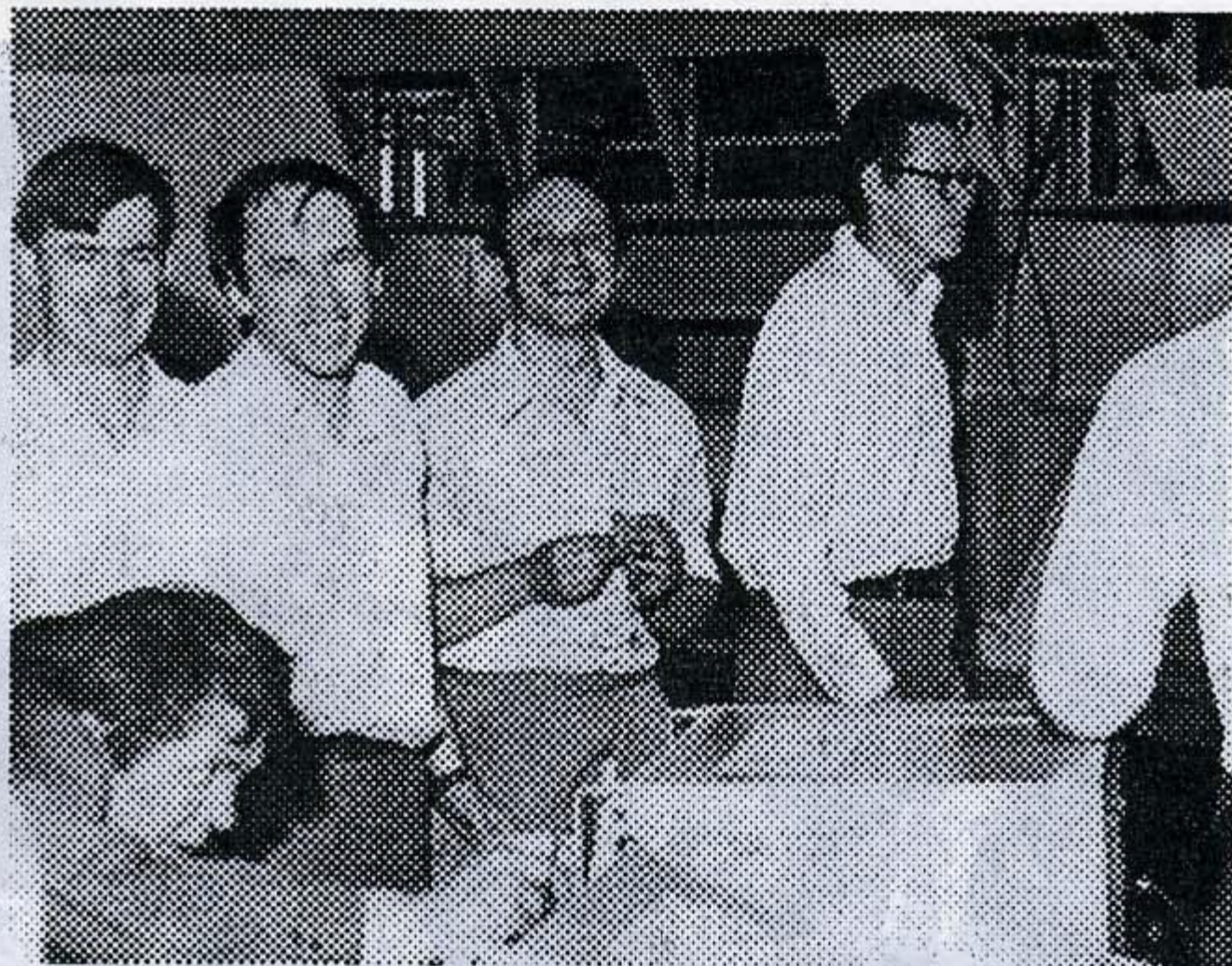
Не мы выпрашивали нормо-часы, а на нас давило начальство. Со слов Андрея Михайловича в то время для него вопрос о существовании ИЯФ и его положении стоял очень остро, к тому же сам он только начал выходить из постинфарктного состояния. Поэтому успешный запуск ВЭПП-2М был очень кстати. Издержки режима, который мы ныне называем тоталитарным, имели и свои плюсы, в отличие от нынешнего отсутствия какой-либо ответственности. Во время написания текста доклада Андрей Михайлович дважды приглашал меня домой для редакции казавшихся мне тогда несущественных моментов вводной части и для



обсуждения возможностей скорейшего начала экспериментов.

Успех ВЭПП-2М несомненно определился также и сильной командой физиков, конструкторов и радистов, которых удалось собрать прежде всего усилиями нынешнего директора А.Н.Скринского. Его студент Ваня Кооп успел в течение нескольких месяцев подготовить оригинальный и в то же время предельно простой вариант магнитной структуры кольца с малой бета-функцией и каналов

ВЭПП-2М мы вступили в эпоху автоматизации. Вначале при поддержке Игоря Яковлевича Протопопова ОДРА-1325, потом М-6000. С 1975 года установка вышла на крейсерский



между ВЭПП-2 и ВЭПП-2М. В итоге установка заработала, а Кооп, не успев сдать курс В.Н.Байера "Квантовая электродинамика", лишний год был студентом НГУ. Правда, вскоре он защитил кандидатскую. К сожалению, из-за недостатка места и боясь кого-либо пропустить и тем самым обидеть, не буду больше называть товарищей того дружного коллектива, которые создали эту прекрасную установку, кроме еще двух фамилий: Степана Сергеевича Степанова и Михаила Александровича Тимошенкова — механиков, мастерство и вклад которых в значительной мере определили успех.

Эксперименты по физике высоких энергий, по изучению радиационной поляризации и использованию синхротронного излучения начались в 1974 году, а 1973 год ушел на отладку режима двух пучков, установку резонатора и мощной вч-системы вместо временных и автоматизацию. С

режим со светимостью близкой к расчетной, в сотню раз большей, чем на ВЭПП-2.

В это время Андрей Михайлович, по-видимому, с подачи Скринского уговорил меня с Мишневым включиться в программу ВЭПП-4. Огромный размер уже собранных полуколец и роковой номер тринадцатого здания, впоследствии проявивший себя в августе восемьдесят пятого, немного страшили. Жаль было покидать ВЭПП-2М, где сложился замечательный коллектив. Но мы понимали важность работы и сложность ситуации, и, откровенно говоря, без большого энтузиазма один за другим перешли на ВЭПП-4. Небольшая команда Протопопова здесь уже работала, одновременно велись эксперименты с электронным пучком на ВЭПП-3 под руководством Кулипанова. Первоначально заложенная в проект схема получения позитронов себя не оправдала, и Будкер активно

работал над новой "Позитронной программой", реализация которой требовала много времени. В этой ситуации и был определен первый этап запуска ВЭПП-4 — получение циркулирующего электронного пучка. В относительно короткий срок, трудом уже довольно большого коллектива нескольких лабораторий, эта задача была выполнена. Это произошло 9 июня 1977 года примерно за месяц до кончины Андрея Михайловича.

Получение первого электронного или позитронного пучка было всегда большим праздником для коллектива. Всем хотелось увидеть его собственными глазами. Мы шли в зал и с упоением погружались в таинственный мир синхротронного излучения. Затем появлялся Зинин и начинал настраивать оптику.

*После получения этой статьи редакция обратилась к Герману Михайловичу с вопросом:*

*— Вы были руководителем самых крупных наших установок. Скажите, пожалуйста, какая главная черта должна быть у такого руководителя?*

*— Думаю, что прежде всего внутренняя убежденность, что работу, за которую взялся, нужно делать и можно сделать. Эту убежденность должен чувствовать коллектив. К сожалению, нынче не всегда так. И еще: уметь выделять главное.*





*В начале июня в нашем институте побывали: (на снимке слева направо) вице-премьер России В.Булгак, в его обязанности входит курирование науки, президент Российской академии наук Ю.Осипов, министр науки и технологий В.Фортков, председатель Сибирского отделения РАН академик Н.Добрецов. Академик А.Скринский (на снимке в центре) за круглым столом познакомил высоких гостей с тем, как решает стоящие перед ним задачи возглавляемый им институт.*

Н. Винокуров

## РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛАЗЕРЫ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

Рентгеновский лазер на свободных электронах (ЛСЭ) — это очень просто. Если взять очень длинный ондулятор и пропускать через него электронный пучок с достаточно большими токами и энергией электронов, то это и будет рентгеновский ЛСЭ.

Двигаясь вдоль ондулятора электроны излучают. Поле излучения каждого электрона действует на другие электроны, в результате чего энергия последних слегка меняется и они слегка приближаются (либо удаляются) к исходному электрону. В результате таких перемещений в продольном распределении элект-

*В начале июля в Италии проводилось совещание с названием "К рентгеновским ЛСЭ". В нем участвовало около пятидесяти человек. Большая часть докладов была посвящена теоретическим вопросам — расчетам параметров излучения, программам для расчета рентгеновских ЛСЭ и т.д. Практический интерес (особенно для Стэнфордского и Гамбургского проектов) представляли доклады о получении пучков с малым эмиттансом и большим пиковым током. Кроме того, были статусы Стэнфордского, Гамбургского и Аргоннского проектов. По оптимистическим оценкам две последние установки могут начать эксперименты с ЛСЭ в 1999 году.*

тронов появляются уплотнения и разрежения, которые приводят к тому, что на некоторых частотах начальные флуктуации плотности электронов возрастают. Эти выросшие флуктуации излучают поле с большей амплитудой, которое группирует электроны еще сильнее. Таким образом, группировка нарастает лавинообразно (грубо говоря, экспоненциально) вдоль ондулятора. Иногда этот процесс называют радиационной неустойчивостью электронов в ондуляторе в том смысле, что начальное продольно-однородное распределение электронов (постоянный ток) не-



устойчиво по отношению к группировке электронов с некоторым периодом (появлению переменной компоненты тока). Так как амплитуда модуляции плотности нарастает вдоль ондулятора, то неустойчивость является конвективной. Подобный механизм усиления шумов тока в электронном пучке давно известен в лампах бегущей волны. Разница лишь в диапазоне длин волн (нанометры и сантиметры) и типе излучения (ондуляторное и черенковское). Другой известный аналог описанного явления — динамическое экранирование ("одевание") заряженной частицы в неустойчивой плазме.

В результате описанного выше явления на некотором расстоянии от начала ондулятора электронный пучок будет полностью сгруппирован в короткие сгустки, отстоящие друг от друга на длину волны ондуляторного излучения (в рентгеновском диапазоне это нанометры и меньше). Так как поперечные размеры пучка в тысячи раз больше, то он как бы состоит из тонких заряженных дисков. Излучение такого пучка может иметь большую пиковую мощность, на несколько порядков превышающую пиковую мощность других рентгеновских источников. Несмотря на простоту устройства и принципов действия техническая реализация рентгеновских ЛСЭ сопряжена с несколькими трудностями.

Во-первых, требуется создать электронный пучок с пиковым током в несколько килоампер и эмиттансом (произведением поперечного размера на угловой разброс) менее  $10^{-3}$  мм·мрад. Пока такие параметры не продемонстрированы, хотя некоторые расчеты показывают возможность их достижения. Во-вторых, траектории электронов должны лежать внутри области локализации излучения, соответствующего длине экспоненциального нарастания сигнала (несколько мет-

ров). Для рентгеновского диапазона длин волн это точность геодезической выставки элементов порядка 10 микрон и такой же точности проводки электронного пучка вдоль "оси" ондуляторов и фокусирующих квадрупольей. Первое требует точного определения положений "магнитных осей" элементов при магнитных измерениях, и эта техническая проблема пока не решена. Для второго нужно разработать новые датчики и положения электронного пучка. В-третьих, ондулятор рентгеновского ЛСЭ должен иметь довольно малый период (около 3 см) и большое магнитное поле. Особенно привлекателен не плоский, а спиральный ондулятор. Однако, конструкция спирального ондулятора, удовлетворяющего всем требованиям, пока отсутствует, и существующие проекты рентгеновских ЛСЭ используют плоские ондуляторы.

В настоящее время существует три проекта рентгеновских ЛСЭ. Самый коротковолновый (1,5 Ангстрема), "настоящий рентгеновский" — в Стэнфорде. Мягкий рентген (1000-50 Ангстрем) — в Гамбурге. На вакуумный ультрафиолет (1200-600 Ангстрем) — в Аргоннской национальной лаборатории (США).

Первый проект находится в стадии обсуждения и утверждения для получения финансирования. Два последних реально делаются. В немецком ЛСЭ пока отсутствует технический проект и делаются модели ондуляторов. В Аргонском проекте разработана общая концепция, "нарисованы" общие виды элементов (т.е. технический проект есть) и в конце этого года должна быть изготовлена одна из пятнадцати секций магнитной системы.

Наш институт участвует в разных частях этих двух последних проектов. Своего проекта рентге-

новского ЛСЭ у нас нет, и это хорошо, так как у рентгеновских ЛСЭ есть еще одна проблема, не названная выше: они никому не нужны. Более точно: пока не предложен ни один интересный эксперимент с использованием рентгеновского излучения с большой пиковой мощностью (а точнее, пиковой яркостью). Для проведения экспериментов, требующих высокой средней яркости излучения, существуют оптимизированные источники спонтанного ондуляторного излучения на электронных накопителях. Рентгеновские ЛСЭ могут конкурировать с ними только на пиковой яркости. Из общих соображений можно было бы сказать, что, по-видимому, можно изучать какие-либо многофотонные процессы в атомах, но из-за довольно высокой энергии фотонов их число в импульсе излучения ЛСЭ не так уж велико (более точно: не очень велик параметр вырождения излучения). В этом смысле создание рентгеновских ЛСЭ — это "игра мускулами" в надежде на то, что к моменту их запуска появятся интересные предложения по их использованию. Прямо противоположная ситуация имеет место для инфракрасных ЛСЭ (в частности, для того, который мы строим вместе с Институтом кинетики и горения) — десятки интересных экспериментов "дожидаются" начала работ.

Несмотря на такой "оптимизм" в отношении приложений рентгеновских ЛСЭ, участвуя в зарубежных работах, мы всегда готовы начать строить такой ЛСЭ в России, если на то будет указание, подкрепленное финансированием.



Продолжение.

Начало в "Э-И" NN6-7, 8-9, 1997 г.

## Самые древние шулеры

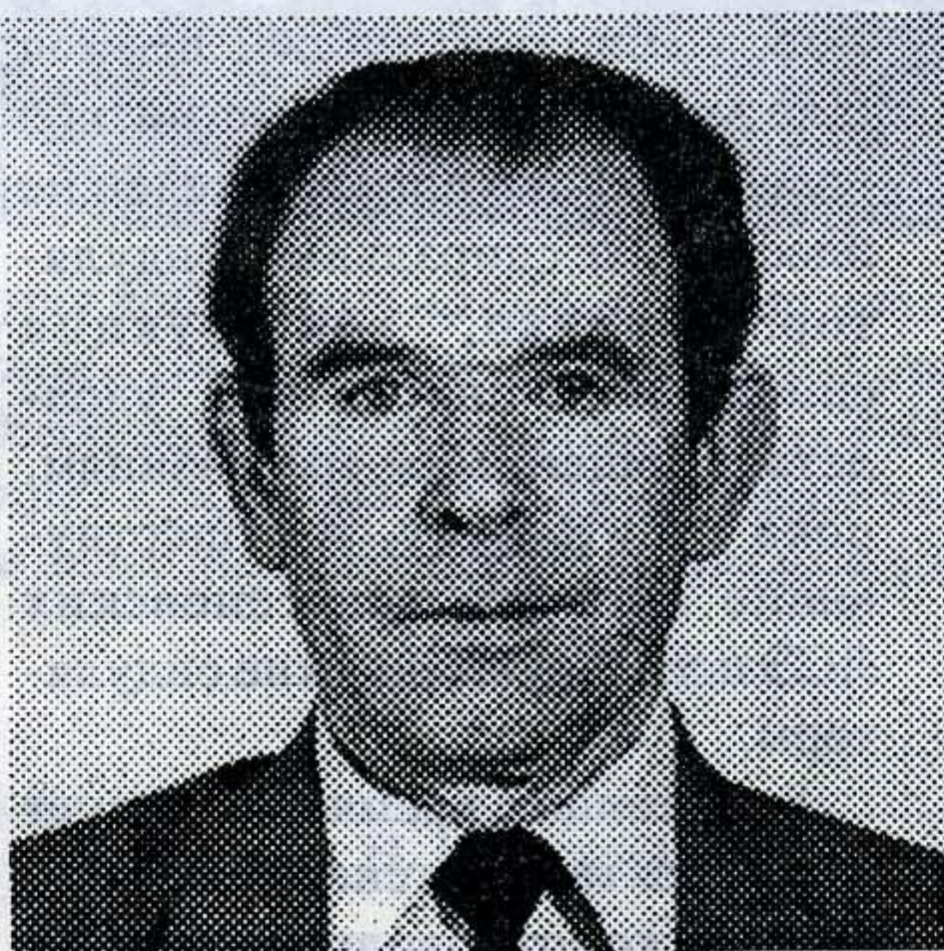
Правда, время от времени астрологи сами подбрасывают убедительные доказательства несостоятельности астрологии. Так, супруги Глоба, демонстрируя могущество астрологии, осуществили ретроспективный прогноз жизни Сталина. Как и ожидалось, звезды показали, что он родился 21 декабря 1879 года. Какая эффектная демонстрация могущества астрологии! И надо же было случиться, что нашлись церковные книги, из которых следует, что в действительности Сталин родился 6 декабря 1878 года. Так астрология (в который раз!) оказалась уличенной в жульничестве. В отличие от России в США выполнено несколько серьезных исследований по проверке корректности астрологических прогнозов. Психолог Б. Сильвермен изучал влияние знака Зодиака, соответствующего рождению каждого из супругов, на вероятность их бракосочетания или развода. Им были использованы данные о 2978 свадьбах и 478 разводах. Эти данные сравнивались с предсказаниями астрологов относительно благоприятного и неблагоприятного соче-

тания знаков Зодиака для супружеских пар. Вывод Б. Сильвермена: никакого согласия между предсказаниями и реальностью нет. Положение Солнца на Зодиаке в момент рождения не оказывает влияния на формирование личности.

Астрологи утверждают, что предраспо-

Э.Кругляков

## Новые дети лейтенанта Шмидта



ложенность человека к той или иной профессии определяется с помощью гороскопа. Американский физик Дж. МакДжерви изучил распределение дат рождения 17 тысяч ученых и 6 тысяч

политических деятелей относительно зодиакальных знаков. Оно оказалось совершенно случайным. Французский статистик Мишель Гокелен изучил архивные данные о 41 тысяче жителей Европы. Среди них были 16 тысяч известных ученых, артистов, писателей и т.д.,

а также 25 тысяч обычных, "простых" людей. Гокеленом была проделана гигантская работа по сопоставлению положения планет и созвездий в момент рождения человека с типом его личности и родом занятий. В результате этой поистине титанической работы

он показал абсолютную лживость гороскопов. Всякая связь между характером и деятельностью человека, с одной стороны, и его знаком Зодиака, положением планет в "домах" и их взаимными аспектами в момент рождения, с другой, отсутствует. По-видимому, одного лишь анализа, сделанного М. Гокеленом, достаточно, чтобы прийти к очевидному выводу: астрология — лженаука, а астрологи — типичные шарлатаны, ловко использующие ажиотаж, созданный средствами массовой информации, и извлекающие из этого вопиющего шулерства гигантские барыши. По-видимому, кое-что перепадает и средствам массовой информации. Иначе не поддается объяснению, почему они сознательно ведут дело к оглуплению народа и росту невежества.

## Забавные истории

Чего только ни встретишь в наших средствах массовой информации! 23 декабря 95 года программы новостей ОРТ и НТВ передали сенсационное сообщение, вызвавшее гомерический хохот в кругах ученых-физиков: "Голландский астроном Ван дер Верден с помощью рентгеновского телескопа установил, что Марс — инопланетный корабль. Секрет телескопа не разглашается". После чего программа "Сегодня" продолжила: "Другие астрономы не согласны с этим утверждением". Программа "Вести" выразилась более осторожно: "Другие астрономы выражают сомнение". Поскромничали "Вести". Не найдете вы ни одного астронома, который бы усомнился по этому поводу. Да и секрет телескопа разглашать вовсе не нужно. Та-

кого секрета просто не может быть. Это прекрасно понимает любой человек, маломальски знакомый с физикой. А вообще-то неплохой прием применили наши телевизионных дел мастера: сообщили явную нелепость и тут же отмежевались от нее, сославшись на мнения астрономов-профессионалов. Впрочем, ссылки на авторитет профессионалов редко приводятся к месту. 24 июня 1996 года в газете "Известия" журналист К.Кедров изложил суть открытия геолога А.Жабина. Последний рассмотрел биографии 11842 знаменитых личностей от древних времен до наших дней и обнаружил, что через каждые 15 лет жизни наступает период максимальной активности. Может быть, это и так. Мало ли какие циклы могут существовать в природе. Ведь известен же 11-летний солнечный цикл. Может быть,

существует и какой-нибудь другой, скажем, космический, цикл с периодом в 15 лет. Законам природы это не противоречит. Даже хочется поверить в это. Но вдруг встречаем в статье совершенно нелепое, ни на чем не основанное утверждение: чередование жизненных циклов связано с общими закономерностями пространства-времени, открытыми в теории относительности Эйнштейна. Господин Кедров! Да оставьте вы в покое Эйнштейна. К нелепостям, которые вы пишете в уважаемой газете, он никакого отношения не имеет. Кстати, это не единственный "прокол" господина Кедрова. Горячий бред присутствует в ряде статей этого журналиста. В сентябре 1995 года в ЦЕРНе (Европейский центр ядерных исследований, Женева) физики получили 9 атомов антиводорода. К.Кедров откликнулся



на это событие статьей: "Потусторонний мир, возможно, реален — на такую мысль наводит сенсационное открытие европейских ученых"

(Известия, 10 января 96г.) Внимание, читатель, напрягите извилины. "Образно говоря, антимир — оборотная сторона ленты Мебиуса. Мы все время бредем по верхней стороне и не можем уловить момент, когда оказываемся на том свете, потому смерть видится отсюда как конец жизни, в то время как это всего лишь плавный переход в область потустороннего антимира". А теперь, внимание. Если вы стоите, то присядьте, пожалуйста, чтобы не упасть. "Никто не знает, что такое антиматерия, но она есть, и это означает, что потусторонний мир — физическая реальность". Честно говоря, только в мелких бульварных газетенках приходилось встречать тексты, сопоставимые по своей нелепости с опусом К.Кедрова. Видимо, и редакторы газеты почувствовали неладное. Уже на следующий день появилась статья С.Лёскова, посвященная тому же событию.

А теперь перейдем от физики к лирике.

Два года назад на литературных чтениях в Доме Державина в Санкт-Петербурге произошло неординарное событие. Петербургский поэт и переводчик "Слова о полку Игореве" А.Чернов обнародовал открытие, связанное с этим произведением. Изучая структуру "Слова", он пришел к выводу, что в основу текста "Слова" легла круговая композиция, Раз есть круг, должен быть и "диаметр" и некая математическая закономерность. В чем же она состоит? Во всех трех частях "Слова" имеется 804 стиха. В первой и третьей по 256, во второй — 292. Так вот, если 804 поделить на 256, получится число  $\pi = 3,14$  с точностью до третьего знака. Честно говоря, хотелось бы услышать, почему 804 не попробовали поделить на наибольшее из чисел, 292, ведь диаметр — это наибольшая из хорд. По-видимому, то, что не подходит, не обсуждается.

Как пела известная певица: "Если долго мучиться, что-нибудь получится". Действительно, после длительных поисков число  $\pi$  было найдено у Пушкина в "Медном всаднике", а затем в

соотношении сторон несуществующего сегодня храма Софии Полоцкой. Не желая остаться в стороне, автор хотел бы внести свой вклад в возникающую буквально на глазах науку —  $\pi$ -ведение. Люди среднего и старшего поколения конечно помнят: поллитровка водки в свое время стоила 2 рубля 87 коп. В то же время четвертинка продавалась за 1 рубль 49 коп. Так вот, если 1,49 возвести в степень 2,87, мы тоже получим число  $\pi$ , причем даже с лучшей точностью, чем при манипуляциях со стихами "Слова"!

А теперь автор хотел бы вновь вернуться к физике и поведать курьезнейшую историю, которая случилась лет десять назад и отзвуки которой, увы, докатываются до наших дней. Речь пойдет об открытии профессора А.В.Чернетского. Вообразим себе простенькую электрическую схему, состоящую из нескольких последовательно включенных элементов: разрядника, конденсатора и лампочки. Вся эта гирлянда включена в сеть переменного тока. Первоначально электроды разрядника плотно прижаты друг к другу. Поскольку конденсатор пропускает переменный ток, можно

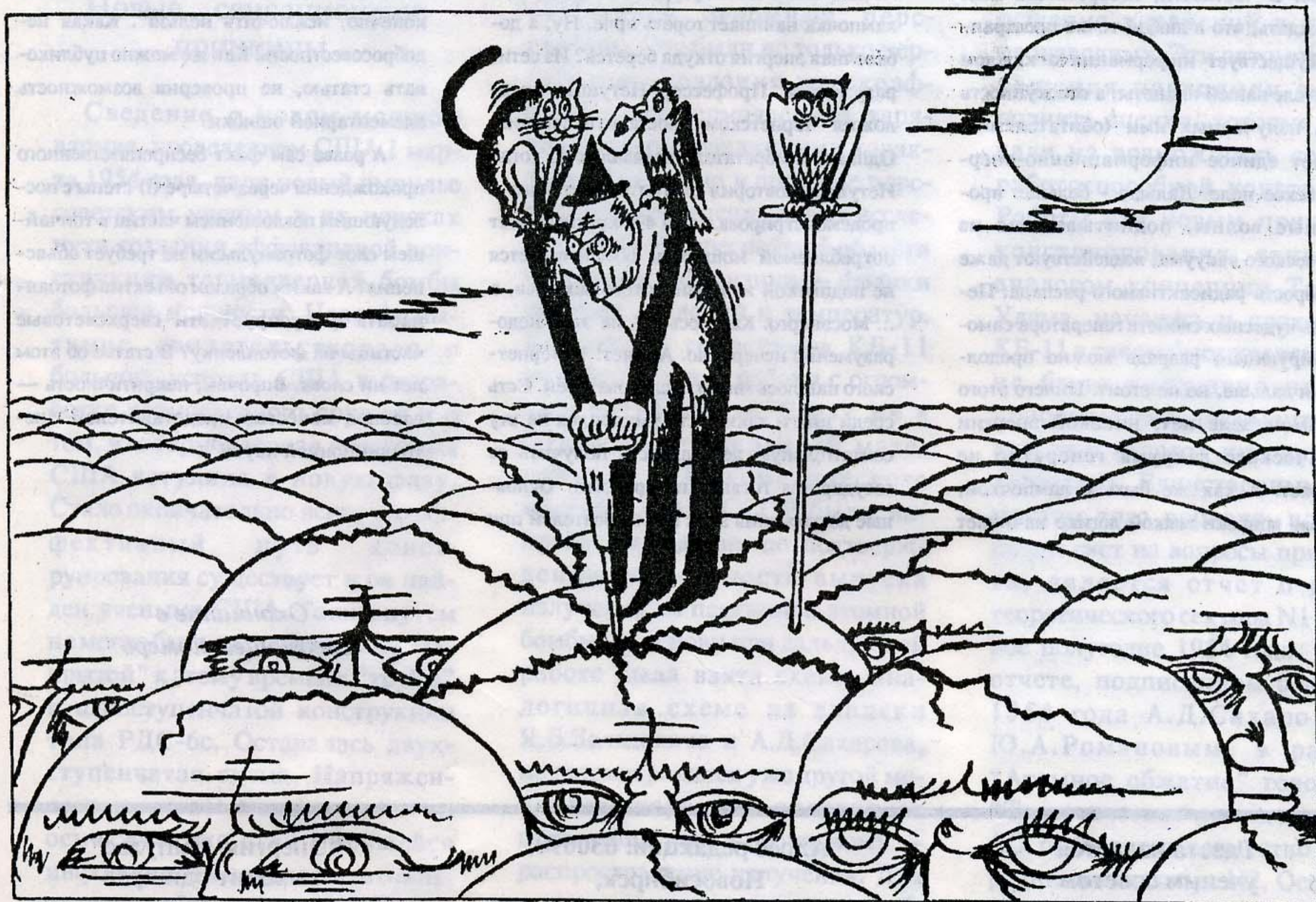


Рис. Е. Бендера



подобрать его емкость так, чтобы лампочка слегка светилась. Теперь слегка раздвинем электроды разрядника. Фактически мы включили дополнительное сопротивление дуги переменного тока. По всей логике в последнем случае лампочка должна гореть более тускло. На самом деле она начинает гореть ярче! И тут профессор Чернетский дрогнул. Вместо того, чтобы разобраться с парадоксом, поставить контрольные опыты, он объявил, что при зажигании электрической дуги энергия начинает поступать ... из физического вакуума. Дальнейшее нетрудно себе представить. Появились статьи в газетах с требованием немедленно развернуть внедрение открытия с тем, чтобы поднять уровень производства электроэнергии на действующих электростанциях сразу в несколько раз. Тем временем изобретатель пришел к выводу, что излучения самогенерирующего разряда и человека имеют общую природу: они испускают электромагнитные волны с продольной (?) компонентой, и эти волны подпитываются энергией физического вакуума. Дальнейшие умозаключения, мягко говоря, имеют очень мало общего с действительностью. В частности, изобретатель стал утверждать, что в любой точке пространства существует информация о каждом обитателе нашей планеты, а совокупность волн, излучаемых ими (обитателями), создает единое информационно-энергетическое поле. Дальше - больше: продольные волны, подпитываемые из физического вакуума, воздействуют даже на скорость радиоактивного распада. Перечень чудесных свойств генератора самогенерирующего разряда можно продолжать и дальше, но не стоит. Ничего этого на самом деле нет, никакой энергии физического вакуума генератор не отбирает. А как же быть с лампочкой, которая вопреки всякой логике начинает

гореть ярче? Такой эффект действительно существует. Семь лет назад профессор А.Нетушил воспроизвел этот опыт и дал ему объяснение без привлечения мистики. Итак, в чем же здесь дело? Как только между электродами разрядника возникает зазор, характер тока в цепи радикально меняется. Теперь ток протекает лишь в то время, когда горит дуга. Напомним, что напряжение в сети меняется во времени по синусоиде с частотой 50 Гц. Это значит, что каждые 10 миллисекунд напряжение обращается в нуль. Для зажигания дуги требуется конечное напряжение. А это означает, что теперь ток становится прерывистым. При каком-то напряжении, отличном от нуля, но меньшем максимального, дуга зажигается, а при каком-то гаснет. Сразу после зажигания дуги ток в цепи быстро нарастает. Но у конденсатора имеется хорошо известное свойство: чем быстрее меняется ток, тем меньше сопротивление конденсатора. В итоге при закороченном разряднике сопротивление конденсатора оказывается значительным, а с появлением зазора в разряднике оно резко падает. При этом вырастает не только мгновенный ток (в момент зажигания дуги), но и средний, и лампочка начинает гореть ярче. Ну, а добавочная энергия откуда берется? Из сети, разумеется. Профессор Нетушил предложил Чернетскому поставить счетчик. Однако, изобретатель отказался. И тогда Нетушил повторил опыты Чернетского и продемонстрировал, что 4-х кратный рост потребляемой мощности обеспечивается не подпиткой из физического вакуума, а ... Мосэнерго. Казалось бы, на этом недоумение исчерпано. Ан, нет! У Чернетского нашлось много последователей. Есть среди них и такие, кто умудрился на эту сомнительную деятельность получить от государства гигантские средства. Основные достижения этих последователей при

полном отсутствии содержания связаны с терминологией. Последняя стала весьма наукообразной. Поля, с помощью которых, согласно версиям последователей Чернетского, можно передавать мысли на расстояние, принимать сообщения и т.д., стали именоваться спинорными, торсионными или микролептонными. И что вы думаете? Нашелся ученый (А.Ф.Охатрин), которому удалось эти поля не только обнаружить, но и опубликовать статью, правда, обратив внимание, в нерецензируемом журнале. Произошло это в 1989 году. Смысл открытия состоял в том, что удалось осуществить фотографирование объекта сквозь толстые стены. Вот как описывает посещение лаборатории Охатрина академик Е.Б.Александров. А: "Насколько я понял, это открытие пришло случайно? Вы не ожидали такого эффекта?" - спросил я. О: "Совершенно верно. Проявив пленку, мы не сразу поняли, что произошло. Лишь потом нам стало ясно, что это микролептонное излучение пронесло фотоны через четыре стены". А: "А вы не думаете, что это просто наложение двух разных снимков на один кадр из-за сбоя при перемотке пленки?" О: "Этого, конечно, исключить нельзя". Какая недобросовестность! Как же можно публиковать статью, не проверив возможность элементарной ошибки?

А разве сам факт беспрепятственного прохождения через четыре (!) стены с последующим поглощением частиц в тончайшем слое фотоэмульсии не требует объяснения? А каким образом объектив фотоаппарата фокусирует эти сверхсветовые частицы на фотопленку? В статье об этом нет ни слова. Впрочем, не критичность — главное качество представителей "нетрадиционной науки".

*Окончание в  
следующем номере*



# $E, \vec{p}$ — SCIENCE

Из истории физики

## Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США

Г.А.Гончаров

Успехи физических наук, Октябрь 1996 г., том 166, N10 (английский вариант материалов на эту тему доступен в WWW по адресу <http://www.aip.org/pt/>.)

(Окончание. Начало в "Э-И" NN 2-3, 4-5, 6-7, 8-9, 1997 год)

### Новые сенсационные принципы

Сведения о новом мощном взрыве, проведенном США 1 марта 1954 года, дали новый импульс советским ученым в их поисках пути создания эффективной конструкции термоядерной бомбы большой мощности. Новое испытание свидетельствовало о больших успехах США в разработке термоядерного оружия и о том, что термоядерная программа США вступила в новую фазу. Стало окончательно ясно, что эффективный путь конструирования существует и он найден учеными США. Таким путем не могла быть разработана уже "закрытой" к этому времени "трубы" и одноступенчатой конструкции типа РДС-бс. Оставалась двухступенчатая схема. Напряженные размышления и осмысливание всей имевшейся информации и накопленного опыта привели к цели. Новый механизм обжати — обжатие

вторичного термоядерного узла энергией излучения первичной атомной бомбы был открыт. Это произошло в марте-апреле 1954 года. Рождение нового принципа было воспринято сотрудниками КБ-11 как сенсация. Сразу стало ясно, что перед участниками разработки термоядерных зарядов открылись огромные перспективы. Это были не только перспективы создания высокоэффективных термоядерных зарядов с самыми различными характеристиками, но и широкие перспективы проведения новых исследований в интереснейшей области теоретической физики — физики высоких давлений и температур. Коллектив теоретиков КБ-11 включился в эти работы с огромным энтузиазмом. Сразу же в Отделение прикладной математики Математического института АН СССР были направлены задания по подтверждению возможности выпуска излучения из первичной атомной бомбы. За основу при дальнейшей работе была взята схема, аналогичная схеме из записки Я.Б.Зельдовича и А.Д.Сахарова, но рассматривался уже другой механизм передачи энергии от первичного узла к вторичному — распространение излучения. Для подтверждения работоспособности вторичного термоядерного

узла при использовании радиационной имплозии потребовалось решение ряда тонких задач, связанных с описанием физических процессов, происходящих при взаимодействии излучения с веществом. Здесь был очень велик вклад А.Д.Сахарова, который нашел автомодельные решения уравнений в частных производных. Эти автомодельные решения позволили ему выполнить оценки, которые указывали на возможность создания работоспособной конструкции. Работы над новым принципом конструирования, явившимся аналогом концепции Теллера-Улама, начались и проходили в КБ-11 в таком быстром темпе, что не было выпущено никаких приоритетных документов или научных отчетов приоритетного характера. Единственным документом того периода, проливающим свет на вопросы приоритета, является отчет о работе теоретического сектора N1 за первое полугодие 1954 года. В этом отчете, подписанном 6 августа 1954 года А.Д.Сахаровым и Ю.А.Романовым, в разделе "Атомное обжатие" говорится: "Теоретические исследования по АО проводятся совместно с сотрудниками сектора N2. Основные вопросы, связанные с атомным обжатием, находятся в стадии



разработки.

1. Выход излучения из атомной бомбы, производящей обжатие основного объекта. Проведенные расчеты показывают, что при (опущено) излучение выходит очень хорошо...

2. Превращение энергии излучения в энергию, обжимающую основной объект. Предлагается (опущено). Эти принципы выработаны в результате коллективной работы секторов N2 и N1 (Я.Б.Зельдович, Ю.А.Трутнев, А.Д.Сахаров)..."

Результаты интенсивных работ 1954 года, направленных на воплощение новых идей конструирования в конкретной конструкции, были обсуждены на заседании НТС КБ-11 24 декабря 1954 года, проведенном под председательством И.В.Курчатова. Было принято решение о разработке и подготовке к проведению полигонного испытания в 1955 году опытного термоядерного заряда для проверки нового принципа.

3 февраля 1955 года была завершена разработка технического задания на конструкцию опытного заряда на новом принципе, который получил наименование РДС-37. К этому времени был завершен определяющий этап его расчетно-теоретического обоснования. Однако расчетно-теоретические работы и уточнение конструкции заряда РДС-37 продолжались вплоть до окончательной сборки и отправки изделия на полигон.

25 июня 1955 года был выпущен отчет, посвященный выбору конструкции и расчетно-теоретическому обоснованию заряда РДС-37.

Авторы отчета: Е.Н.Аврорин, В.А.Александров, Ю.Н.Бабаев, Г.А.Гончаров, Я.Б.Зельдович, В.Н.Климов, Г.Е.Клинишов, Б.Н.Козлов, Е.С.Павловский, Е.М.Рабинович, Ю.А.Романов, А.Д.Сахаров, Ю.А.Трутнев, В.П.Феодоритов, М.П.Шумаев. На титульном листе отчета указаны фамилии всех физиков-теоретиков, принимавших

участие в разработке темы (31 человек). Кроме авторов отчета — это В.Б.Адамский, Б.Д.Бондаренко, Ю.С.Вахрамеев, Г.М.Гандельман, Г.А.Дворовенко, Н.А.Дмитриев, Е.И.Забабахин, В.Г.Заграфов, Т.Д.Кузнецова, И.А.Курилов, Н.А.Попов, В.И.Ритус, В.Н.Родигин, Л.П.Фектистов, Д.А.Франк-Камеицкий, М.Д.Чуразов. Как отмечено во введении к отчету, написанном Я.Б.Зельдовичем и А.Д.Сахаровым, разработка нового принципа, заложенного в основу конструкции РДС-37, "...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 год) весьма плодотворным было участие В.А.Давиденко". Во введении подчеркнута, что разработка опытного заряда РДС-37 потребовала больших конструкторских, экспериментальных и технологических работ, проводившихся под руководством главного конструктора КБ-11 Ю.Б.Харитона. В отчете названы имена многих участников этих работ, а также имена руководителей коллективов математиков, внесших неоценимый вклад в расчетно-теоретическое обоснование РДС-37. Это И.А.Адамская, А.А.Бунатян, И.М.Гельфанд, А.А.Самарский, К.А.Семендяев, И.М.Халатников. Общее руководство математическими расчетами, которые проводились в основном в Отделении прикладной математики Математического института АН СССР, осуществляли М.В.Келдыш и А.Н.Тихонов.

### Кульминация многолетних усилий

В конце июня 1955 года результаты расчетно-теоретического обоснования РДС-37 были рассмотрены комиссией под председательством И.Е.Тамма. В состав комиссии входили В.Л.Гинзбург, Я.Б.Зельдович, М.В.Келдыш, М.А.Леонтович, А.Д.Сахаров, И.М.Халатников. В докладе комиссии было констатировано, что новый принцип открывает совершенно новые возможности в области конструирования термоядерного оружия. Детально рассмотрев состояние расчетно-теоретических работ по предложенной КБ-11 конструкции заряда РДС-37, комиссия подтвердила целесообразность его полигонного испытания.

6 ноября 1955 года было проведено испытание одноступенчатого термоядерного заряда РДС-27. Этот заряд являлся модификацией заряда РДС-6с, испытанного 12 августа 1953 года. Основным отличием заряда РДС-27 от РДС-6с было отсутствие в его конструкции трития, что улучшило эксплуатационные характеристики заряда, но привело к уменьшению тротилового эквивалента в ожидавшихся пределах. Заряд был оформлен как авиационная бомба и сброшен при испытании с самолета.

22 ноября 1955 года ознаменовалось блестящим достижением советской термоядерной программы. Был успешно испытан двухступенчатый термоядерный заряд РДС-37. Заряд был конструктивно выполнен в виде авиационной бомбы, которая была сброшена с самолета. Особенности заряда РДС-37 были не только технические решения, связанные с реализацией заложенного в нем нового физического принципа, но и определенная преемственность с конструкцией заряда РДС-6с 1953 года, в частности, использование дейтерита лития-6. Тритий в конструкции РДС-37 не применялся. Для



повышенной вероятности срабатывания заряда в номинальном режиме были приняты специальные конструктивные меры. Одной из особенностей испытанного варианта заряда РДС-37 было искусственное снижение его мощности для повышения безопасности населения. Снижение тротилового эквивалента достигалось заменой части дейтерида лития-6 в термоядерном узле на пассивный материал. За счет этого мощность заряда при испытании была снижена приблизительно в два раза. Но и в ослабленном варианте заряд РДС-37 являлся зарядом мегатонного класса. Экспериментальная мощность заряда РДС-37, ненамного превысив наиболее вероятное ожидавшееся перед опытом значение, оказалась в хорошем соответствии с расчетными данными (различие составило приблизительно 10%). По словам А.Д.Сахарова "Испытание было завершением многолетних усилий, триумфом, открывшим пути к разработке целой гаммы изделий с разнообразными высокими характеристиками (хотя при этом встретятся еще не раз неожиданные трудности)". Успешная разработка первого двухступенчатого термоядерного заряда стала краеугольным камнем, ключевым моментом в развитии ядерной оружейной программы СССР.

Разработки и испытания 1956 года явились началом реализации огромных возможностей, которые открывал новый принцип конструирования. Были проведены успешные испытания модификаций заряда РДС-37 с заменой ряда материалов на более удобные при серийном производстве. При этом были приняты меры для дополнительного снижения мощности. Был проведен первый физический опыт — ядерный взрыв, целью которого явилось не создание конкретного образца оружия, а определение параметров веществ в условиях, реализующихся при взрыве термоядер-

ных зарядов. Были предприняты первые экспериментальные шаги, направленные на создание более легких и эффективных образцов термоядерного оружия. Впереди у разработчиков термоядерного оружия были годы напряженной работы, которые привели к поразительному прогрессу в характеристиках термоядерных зарядов по сравнению с уровнем 1956 года (хотя характеристики успешно испытанных двухступенчатых термоядерных зарядов 1955-1956 годов уже значительно превзошли характеристики одноступенчатого термоядерного заряда РДС-6с).

## Выводы

### 1. Исход гонки

Итогом соревнования между СССР и США в разработке термоядерного оружия в рассматриваемый период времени явилось то, что в 1955 году СССР достиг уровня, не уступающего уровню США, а в некоторых моментах оказался впереди США. К числу этих моментов относятся следующие:

1). СССР первым применил высокоэффективное термоядерное горючее — дейтерид лития-6: в 1953 году в одноступенчатом термоядерном заряде, а в 1955 году в двухступенчатом. США в 1952 году испытали двухступенчатое термоядерное устройство с жидким дейтерием, а в 1954 году — двухступенчатые термоядерные заряды, в которых вынужденно применялся дейтерид лития с относительно малым содержанием лития-6 в литии. Применение в термоядерных зарядах США дейтерида лития с высокой степенью обогащения литием-6 началось, вероятно, с 1956 года.

2). СССР уже в первых термоядерных испытаниях достиг высокой точности расчетно-теоретического определения ожидаемой мощности: в 1953 году ожидавшиеся и полученные в эксперименте значения мощности

совпали с точностью 30%, в 1955 году — с точностью 10%. Расчетные и экспериментальные значения мощности термоядерных зарядов, успешно испытанных США в 1954 году, отличались в два раза и более (однако низкая точность предсказания мощности частично была связана с вынужденным использованием дейтерида лития с высоким содержанием лития-7, ядерные свойства которого не были достаточно изучены).

3). Уверенность в корректности расчетно-теоретического обоснования уже первого двухступенчатого термоядерного заряда 1955 года была настолько велика, что СССР в интересах безопасности населения первым осуществил сознательное снижение мощности термоядерного взрыва в два раза.

4). СССР в двух испытаниях 1955 года первым в мире произвел сброс термоядерных бомб с самолета. США провели испытание термоядерной бомбы путем сброса с самолета в 1956 году.

### 2. Сюжет гонки

Уже в 1945-1946 годах ученые Лос-Аламоса располагали богатым набором идей, определивших впоследствии все дальнейшее развитие работ над термоядерной бомбой в США и решение самой проблемы ее создания. Однако чрезвычайная сложность физических процессов и отсутствие адекватных расчетных возможностей объективно задержали на несколько лет развитие этих идей и открытие базового принципа конструирования термоядерного оружия. В результате поступления в СССР разведывательной информации о работах в США по водородной бомбе 1945-1946 годов и независимого рождения в СССР ряда ключевых идей (предложение "слойки", предложение об использовании дейтерида лития-6 и, наконец, открытие альтернативной возможности создания атомной бомбы мощностью несколько сот



тысяч тонн тротила без использования термоядерных материалов) США и СССР в 1950 году располагали практически одинаковым идейным потенциалом. Реализуя этот принцип, СССР пошел по пути параллельной разработки как "слойки" в килотонном диапазоне мощности, так и страховочной атомной бомбы большой мощности (пророчески полагая, что разработка "слойки" создает предпосылки для создания в будущем термоядерной бомбы практически неограниченной мощности). США же поступили более прагматично и отказались от реалистичной разработки "будильника" в килотонном диапазоне мощности, в котором с ним успешно конкурировала усовершенствованная атомная бомба большой мощности. США считали, что разработка "будильника" подобно разработке "классического супера" может иметь смысл только в мегатонном диапазоне, где возможность создания "будильника" была объективно проблематичной. В результате этой "гигантомании" в США задержалось крупномасштабное производство дейтерида лития-6. СССР же к моменту открытия аналога конфигурации Теллера-Улама имел все для производства термоядерного узла на основе дейтерида лития-6. Были созданы необходимые теоретические основы для расчета процесса термоядерного взрыва таких узлов. Недаром А.Д.Сахаров в своих "воспоминаниях" охарактеризовал создание двухступенчатого ядерного заряда в СССР как добавление к "первой" и "второй" идеям ("слойка" и использование дейтерида лития-6) "третьей" идеи (обжатие и инициирование взрыва термоядерного узла энергией излучения первичной атомной бомбы). Отставание СССР от США на три года во времени открытия аналога конфигурации Теллера-Улама было с лихвой скомпенсировано успешной разработкой и испытанием "слойки".

Такое развитие событий и обусловило отмеченные выше успехи СССР в соревновании с США. В результате были созданы твердые основы для обеспечения паритета в качестве термоядерного оружия и в процессе дальнейших работ по созданию значительно более совершенных образцов термоядерных зарядов.

### 3. Старт и финиш

Начало рассмотрения возможности использования ядерной энергии легких элементов в СССР было стимулировано разведывательной информацией о проведении работ по сверхбомбе в США, начавшей поступать в 1945 году. Уже 17 октября 1945 года на заседании Технического совета Специального комитета были заслушаны соображения советских ученых по этому вопросу. Однако никаких решений об организации в СССР работ по сверхбомбе тогда принято не было. Продолжавшие поступать в СССР в 1946-1947 годах разведывательные сообщения, к которым добавились выступления в открытой печати, в том числе выступление Э.Теллера, подготовили почву к тому, что, когда в 1948 году поступил теоретический материал Клауса Фукса с описанием конкретного проекта сверхбомбы, были приняты первые постановления Правительства СССР об организации работ в этом направлении (предусматривающие, в частности, привлечение к работам группы И.Е.Тамма). Однако поставленная задача формулировалась как "проверка имеющихся данных" о возможности создания сверхбомбы, а не как задача создания сверхбомбы. В середине 1949 года были выработаны первые рекомендации по организации в СССР работ по сверхбомбе, однако высшие должностные лица государства, ответственные за принятие решения по проблеме ядерной энергии от имени Правительства СССР, воздержались от принятия каких-

либо новых решений по вопросу о водородной бомбе до провозглашения 31 января 1950 года Президентом США Г.Трумэном директивы о продолжении работ по сверхбомбе. Только после директивы Президента США СМ СССР принял 26 февраля 1950 года постановление о разработке термоядерной бомбы.

Таким образом, решение о создании водородной бомбы в СССР было ответом на открытый вызов США. В свою очередь директива Президента США от 31 января 1950 года также была ответом на создание и испытание в СССР первой атомной бомбы. Придание работам по созданию водородной бомбы в США и СССР высокого официального статуса дало новый импульс американским и советским ученым в их стремлении к достижению цели. Однако увенчавшиеся в 1952-1956 годах большими успехами работы в обеих странах не ограничились созданием первых транспортбельных образцов термоядерного оружия. Новая концепция конструирования открыла огромные возможности для дальнейшего усовершенствования термоядерного оружия. Это объективно способствовало тому, что соревнование между США и СССР в области конструирования ядерного оружия вылилось в гонку ядерных вооружений.

Многолетняя гонка ядерных вооружений в настоящее время остановлена, начался процесс сокращения ядерных вооружений, но негативные последствия гонки не преодолены до сих пор. Тем не менее нет сомнений в том, что именно обладание великими державами ядерным оружием сделало невозможной войну между ними. И в переживаемый нами исторический период остающееся у них после глубоких сокращений ядерное оружие служит гарантом глобальной стабильности и безопасности в мире.