

# ЭНЕРГИЯ



Государственный  
научный центр  
Институт ядерной физики  
им. Г.И.Будкера  
№1, январь, 1997г.

## Импульс

Наш институт все более активно входит в сотрудничество с крупными зарубежными физическими центрами, обогащая и развивая опыт подобного взаимодействия. О проекте ЛНС и в возможном участии в нем института

“Энергия-Импульс” уже сообщила своим читателям. Сейчас вполне определенно можно говорить о первом этапе большой работы, которую предстоит выполнить нашему институту для этого суперколлайдера будущего века. Этой теме было посвящено интервью директора ИЯФ Александра Николаевича Скринского, которое он дал нашему корреспонденту накануне Нового года.

— Александр Николаевич, расскажите, пожалуйста, немного об истории проекта ЛНС?

— Встречные пучки — это основной инструмент физики высоких энергий, физики элементарных частиц. Сооружаемый в ЦЕРН Большой Адронный Коллайдер (ЛНС), включающий протон-протонную, ион-ионную и электрон-протонную фазы, — это единственный реализуемый общемировой проект, который направлен на продвижение по энергиям на порядок по сравнению с теми, до которых человечество добралось на сегодняшний день.

При этом одновременно будет увеличена и светимость, а это дает возможность изучения тех редких процессов, которые могут

проливать свет на картину мироздания. В свое время в США SSC был конкурирующим проектом, который начал осуществляться даже раньше, но два года назад он

машины осуществляется как странами, участницами ЦЕРН — всего их девятнадцать, — так и странами, не входящими в состав ЦЕРН. Этот проект является

А.Скринский

### “Участие в проекте ЛНС укрепит нас политически и расширит наши возможности”

был закрыт. И теперь коллайдер ЛНС стал мировым проектом, в котором принимают участие практически все страны, активные в фундаментальной науке, в фундаментальной физике.

— Какие российские институты принимают участие в этом международном проекте?

— Этот проект есть важная часть нашей национальной программы в области физики частиц высоких энергий. Участие в нем необходимо для России, чтобы не оказаться вне этого единого мирового процесса. С нашей стороны в проекте ЛНС заняты традиционно занимающиеся этой областью науки институты Минатома (ИФВЭ, ИТЭФ), РАН (ПИЯФ, ИЯИ), Курчатовский институт, как отдельная вневедомственная организация, и Дубна. Что касается нашего института, то по числу людей, занятых в создании детекторов для ЛНС, доля его участия невелика, но в ускорительной части оно является самым масштабным.

— Как будет осуществляться финансирование проекта в целом и той его части, которая касается непосредственно ИЯФа?

— Финансирование создания

мировым, и каждая страна вносит свой вклад в виде поставляемого для этого проекта оборудования. Распределить, кто что делает — очень сложно и политически, и физико-технически. Этот вопрос будет предметом работы на предстоящую пару лет.

Для России, которая экономически не может сегодня войти со своим вкладом, была придумана и сейчас реализуется очень своеобразная, политически трудно приемлемая, но единственно реалистическая концепция — симметричное финансирование со стороны ЦЕРНа и со стороны Российского правительства. Такой подход к решению проблемы выгоден для обеих сторон. С российской стороны это дает возможность отстоять точку зрения, почему нужно “вкладываться” в физику высоких энергий, а не в еще бесконечное число важных наук (хотя это и не очень большие деньги на фоне суммарных вложений в науку). А для ЦЕРНа, кроме привлечения нашего высоко ценящегося научно-технического потенциала, есть аргумент чисто финансовый — возможность, вложив один доллар, получить

Окончание на стр. 2

Оконание. начало на стр. 1

работы на три доллара, учитывая то, что часть денег вкладывает Российское правительство, а создавать высокотехнологичное оборудование в России можно за несколько меньшую цену.

— Симметричное финансирование не является привычным для ЦЕРНа?

— Такой способ финансирования осуществляется вообще впервые.

— В июле в нашем институте побывал Виллем Мидделькооп — главный менеджер по контрактам со странами, не участницами ЦЕРН. Тогда же были обсуждены некоторые документы, определяющие, что предстоит ИЯФу изготовить для ЛНС в ближайшее время.

— Предметные переговоры об участии нашего института в проекте ЛНС начались два года назад и уже тогда были намечены возможные области сотрудничества. Сейчас одна его крупная часть оформлена в виде соответствующего договора и началась работа по его выполнению. Речь идет о большой магнито-вакуумной системе длиной более пяти километров. Это каналы, осуществляющие перевод протонов из основного ускорителя в будущий ЛНС. Кроме производства стали, меди и штамповки пластин, все будет делаться нами, включая все испытания и запуск на месте. Эта работа на ближайшие три-четыре года займет заметную часть деятельности нашего института и существенно разовьет наши производственные возможности.

Уже заключено соглашение и по еще одной работе, которая является продолжением давно ведущихся у нас экспериментов. Она связана с фотодесорбцией газа под действием синхротронного излучения протонов в условиях низких (гелиевых) температур.

Эти работы уже составляют почти четверть от планируемого

российского вклада в ускоритель ЛНС. У нашего института есть шансы получить еще заказы на такую же сумму. Остальные ускорительные работы пока не распределены. Мы были первыми, кто

А.Скринский

## “Участие в проекте ЛНС укрепит нас политически и расширит наши возможности”

подписал соглашения.

— То есть до конца объем ускорительных работ пока еще не определен?

— Сейчас четко определено лишь 20 процентов. А все остальное пока находится в процессе формирования. Будем надеяться, что никакие политические и экономические потрясения не усложнят дополнительно нашу жизнь.

— Материалы и оборудование ИЯФ должен приобретать только у стран-участниц ЦЕРН? — Есть особые условия расходования средств. Деньги, которые будут поступать от Российского правительства, мы сможем расходовать по своему усмотрению. А вот черновские деньги — только в странах, участницах ЦЕРН. Там мы можем закупать любое нужное оборудование. Это жесткое условие, но нас оно не очень пугает: нам все равно нужно обновлять оборудование и покупать высококлассную аппаратуру.

— Каковы сроки выполнения тех работ, по которым уже есть полная ясность?

— Сроки все четко определены и они довольно жесткие, но для нас они выполнимы. Конечно, при условии, что финансирование будет осуществляться согласно Протоколу.

Кроме того, будут еще работы и по детекторам, они составят примерно пять процентов от общего объема. Мы будем брать те части проекта, которые нам выгодны либо с финансовой стороны, либо полезны с точки зрения развития наших методических возможностей.

— Кто будет координировать все работы по ЛНС в нашем

институте?

— В ускорительной части будет участвовать достаточно много людей, а координатором этого проекта является Н.С.Диканский.

На институт ляжет заметная

нагрузка, эти работы составят примерно двадцать пять процентов от

всей нашей контрактной деятельности.

— Что бы Вы хотели пожелать ияфовцам в 1997 году?

— Все сложности нашей жизни связаны с общероссийскими проблемами. У нас есть наполненная программа работ. Наши комплексы ВЭПП-2М и ВЭПП-4, которые живут и производят научную продукцию, имеют программу “мирового интереса” на несколько лет вперед. Продолжаются работы по созданию комплекса ВЭПП-5, он начинается с нового инжекционного комплекса, который должен стать источником электронных и позитронных пучков. Фи-фабрика, С-тау фабрика — все это еще предстоит обсудить. Сейчас нужно осуществить переход на режим круглых пучков на комплексе ВЭПП-2М — это важная и интересная задача, которая позволит в двадцать раз поднять его светимость. Это будет установка высшего класса, и ее реализация чрезвычайно важна и для будущих коллайдеров комплекса ВЭПП-5. Подчеркну: по ведущим направлениям у нас все нормально, участие в проекте ЛНС есть важная часть нашей жизни, это позволит расширить возможности привлечения средств для реализации наших проектов.

ИЯФ полон планов и работ, позволяющих удерживать какой-то уровень жизни (выплата зарплаты, некоторое ее повышение). Чем лучше мы работаем, тем больше возрастает возможность увеличения средств для улучшения нашей жизни.

## Поздравляем!

Ученая степень доктора физико-математических наук присуждена  
**Юрию Исааковичу Эйдельману (лаб.5)**

Ученая степень кандидата физико-математических наук присуждена  
**Николаю Ивановичу Чхало (лаб.9-0)**

Ученая степень кандидата технических наук присуждена:  
**Николаю Гавриловичу Гаврилову (НКО),  
Сергею Евгеньевичу Карнаеву (лаб.1-3).**

## Наиболее значимые результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ИЯФ в 1996 году

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера Сибирского отделения РАН остается одним из ведущих научных центров в мире в таких областях как физика высоких энергий, управляемый термоядерный синтез, синхротронное излучение, сопутствующие разделы прикладной физики. По большинству из развиваемых институтом научных направлений он является единственным в России.

### 1. Физика высоких энергий

В течение всего года на двух основных установках института — электрон-позитронных коллайдерах ВЭПП-2М и ВЭПП-4М — велись в регулярном режиме эксперименты по физике высоких энергий.

На установке ВЭПП-2М с помощью детектора КМД-2 завершен эксперимент по прецизионному измерению параметров  $\phi$ -мезона. Достигнута рекордная точность измерения сечения  $e^+e^-$ -аннигиляции в адроны. При анализе распадов  $\phi$ -мезона впервые в мире обнаружена мода распада  $\phi$ -мезона в  $\pi^0\pi^+\pi^-$ , имеющая относительную веро-

ятность порядка  $10^{-5}$ .

Примерно на два порядка понижены верхние пределы редких мод распадов  $\phi$ -мезона в  $\pi^+\pi^+$ ,  $\pi^+\pi^-$  и  $\pi^0\pi^0$  и в  $\pi^+\pi^0$ ,  $\pi^-\pi^0$  и  $\pi^0\pi^0$ . Полученные результаты согласуются с современными представлениями о структуре легких векторных мезонов. С общемировой точностью измерена электронная ширина  $\Omega$ -мезона, которая является фундаментальным параметром для понимания физики легких кварков.

Закончено сооружение и наладка нового уникального детектора СНД для изучения нейтральных продуктов аннигиляции. В 1996 г. на коллайдере ВЭПП-2М проводился эксперимент с этим детектором в области  $\phi$ -мезонного резонанса при светимости

$10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ . Число рожденных  $\phi$ -мезонов составило 7,6 млн, что превышает статистику любого предыдущего эксперимента. Были получены предварительные результаты по редким радиационным распадам. Даже на малой части обработанной сейчас информации был достигнут уро-

вень точности в несколько процентов для распадов  $\phi$ -мезона на  $\pi^0\pi^0$  и  $\pi^+\pi^-$  плюс гамма-квант, что соответствует лучшим предыдущим экспериментам. Были также установлены рекордные пределы на ранее не наблюдавшиеся электрически-дипольные распады  $\phi$ -мезона на  $a_0(975)$  и  $0(980)$  и фотон на уровне 0.001, что имеет важное значение для понимания структуры легчайших скалярных частиц.

На коллайдере ВЭПП-4М на пучке гамма-квантов высоких энергий (установка РОКК-1М) с помощью калориметра на основе жидкого криптона выполнены эксперименты по наблюдению расщепления, а также рассеяния фотона в сильном Кулоновском поле ядра. В этих экспериментах впервые в мире наблюдался эффект расщепления фотона в Кулоновском поле ядра.

Выполнен большой объем работ по проекту "ВЭПП-5" - созданию комплекса электрон-позитронных коллайдеров (фабрик) со сверхвысокой светимостью, включающего в себя  $\phi$ -фабрику, C-Tau фабрику и инжекционный

Окончание на стр. 6

И. Головин

## Борьба супердержав за приоритеты во владении супероружием

В начале 1943 года Сталин поддержал Курчатова в создании атомной бомбы, но затраты на нее были мизерные, так как шла война. В это не особенно верили, Молотов помогал вяло: слушал, читал письма, но фактически ничего не делал для Курчатова. И в Совете Министров был только один человек, Александр Иванович Ванин, который помогал Курчатову размещать заказы на заводах.

Наша армия сыграла важнейшую роль в разгроме гитлеровской Германии. Сталин входил в Берлин как победитель, который может играть решающую роль во всей мировой политике. И вдруг во время Потсдамской конференции ему сообщают, что то, о чем говорили физики, осуществилось — в Аламагордо в США взорвана атомная бомба необычайной силы. Своими бомбами американцы вырывали у Сталина приоритет в мировой политике.

После этого не прошло и нескольких недель, как прозвучали взрывы в Хиросиме и Нагасаки. Вот тут-то уже наше командование и правительство было совершенно ошарашено. Я помню эти недели после двух взрывов, когда мы в лаборатории №2 на Октябрьском поле понимали, что в правительстве и генералитете паника: физиков тащили на совещания, чтобы они объяснили, что происходит, что это такое и т.д.

20 августа, спустя две недели после взрыва в Нагасаки, вышло решение Политбюро о форсировании работ по созданию собственной атомной бомбы. Ответственным назначили Л.Берию, Сталин сам контролировал и подписывал решения

*Это событие сыграло гигантскую роль: если бы оно произошло не в конце декабря 1946 года, а сместилось на несколько месяцев, то история не только Советского Союза, но и всего мира могла бы пойти совершенно по иному пути.*



Фото. В. Баева

правительства по этому вопросу, был создан оперативный аппарат по скорейшему решению этой задачи.

Первые шестнадцать месяцев — до 25 декабря 1946 года — Курчатов получал огромную поддержку. Правда, настроение в определенных кругах было настороженное: профессор неизвестный, что у него получится — неясно. Его даже не хотели избирать в академики, а тут он во главе такого огромного дела и начинает командовать. Определенная группа физиков встала в оппозицию Курчатову. Ситуация была довольно острой и если бы она затянулась, то неизвестно, что стало бы с коллективом Курчатова, а следовательно под угрозой находилось создание атомной бомбы.

Курчатов и его группа были грамотными и знающими физиками, они занимались делением урана с начала 1939 года.

Курчатову удалось в очень короткий срок наладить производство чистейшего графита, началось производство чистейшего урана (в ноябре 1944 года был получен первый килограмм металлического чистого урана). Курчатов уверенно готовил эксперимент по созданию самоподдерживающейся реакции.

В 1945 году из Германии, так же, как оборудование и материалы, вывозили специалистов. Так появился технолог Николай Риль, проработавший многие

годы над производством уранового порошка. Ему удалось развить правильную технологию и чистый уран пошел.

Курчатов продолжал строить свой атомный реактор, постепенно увеличивая массу урана, приближался к цепной реакции. В конце 1946 года он был уверен в успехе. И вот наступило 25 декабря 1946 года. В этот день Курчатов отпустил домой почти всех сотрудников — из 45 человек осталось лишь пять (из них сегодня жив только один). Остался и генерал Н.И.Павлов — “глаза и уши” Берии.

Эксперимент проходил следующим образом. Один стержень поднимали над реактором с помощью ручной лебедки на тросике. Это был так называемый

аварийный стержень: на тросике была защелка, если на нее нажать, то стержень падал и реакция останавливалась. Второй стержень — управляющий — находился внизу. Если первый был вытянут, а второй еще внизу, то реакция не должна была идти. По отметкам на тросе можно было увидеть насколько поднялся управляющий стержень. По шелканию счетчиков Курчатов определял, как поднимается этот стержень. Прошло примерно около часа с начала подъема, и шелкание счетчиков превратилось в сплошной гул. Курчатов объявил, что реакция пошла. Это была великая победа. Затем сбросили аварийный стержень — реакция остановилась. После этого повторили еще несколько раз эти подъемы и сбросы — реакция подчинилась. Тут же было подсчитано на логарифмической линейке, что ее мощность достигала 150 ватт. Но уровень безопасности был высокий: реактор построили в подземелье, толстые бетонные стены отделяли от него пультовую.

Разогнаться реактор не мог, ибо, как потом сосчитали и экспериментально проверили, при подъеме мощности в связи с разогревом коэффициент умножения уменьшался и при некотором разогреве реактор останавливался, так что его мощность падала. Это означало, что никакого неуправляемого разгона быть не должно. Напомню еще раз, что в России это произошло 25 декабря 1946 года.

А в США Энрико Ферми 2 декабря 1942 года под трибунами стадиона Чикаго запустил первый в мире реактор. Он был сложен совершенно иначе, чем у нас: управляющие стержни горизонтальные, сотрудники их толкали и падать ничего не должно было. При эксперименте присутствовало человек тридцать участников и свидетелей. На тот случай, если вдруг реакция разгонится при последних толканиях стержня, наверху, на графитовую кладку, которая закрывала верхнюю зону, Ферми посадил двух сотрудников с ведрами, в которых был раствор кадмия, быстро поглощающего нейтроны. В случае необходимости и по команде Ферми

они должны были вылить раствор кадмия на графит и остановить эксперимент. Этого не потребовалось, реакция протекала нормально: счетчики работали регулярно, но большой мощности не было.

Последние два года наша разведка активно сообщала сведения по разработке этой темы, и было много агрессивных статей в адрес наших физиков о том, что они все заимствовали у американцев. Кто же сообщил об эксперименте Ферми? Нет никаких сомнений, что Курчатов знал больше, чем сейчас написано в литературе. Гуревич, Флеров и Померанчук догадались на семинарах о том, что нужно делать не однородную однородную смесь урана с графитом или другим замедлителем, а гетерогенную, т.е. отдельные блоки урана поместить в графит. Были проведены первые эксперименты и удивительно то, что размеры блоков в них оказались такими же, как у Ферми.

Этим летом я был на одной из термоядерных конференций неподалеку от Чикаго в штате Иллинойс. Там мне подарили выпуск журнала, где с помощью ярких картинок описывался знаменитый эксперимент Ферми. И я еще раз убедился в том, что блоки у Ферми были тех же самых размеров, что и у Курчатова. Было ли это простым совпадением — нам неизвестно.

Когда в 1955 году на первой Женевской конференции доложили о нашем реакторе Ф-1, запущенном Курчатовым, американцы были поражены тем, насколько шаг решетки и диаметр цилиндров совпадают с тем, что было у них. Подготовкой мы до сих пор не знаем, но никто из нашей разведки не похвастался тем, что эти сведения получил именно он. Фукс тут ни при чем: он никогда не был под Чикаго. Иногда называют имя Бруно Понтекорво. Может быть поэтому он и переехал к нам в начале пятидесятых годов, но это лишь догадки.

Таким вот образом две могучие страны добились приоритета в оружии.

## Поляризация сохраняется

Европейский синхротрон, находящийся в Гренобле, испускает не только х-лучи. Вот уже несколько месяцев международная группа использует электроны, продвигающиеся на большой скорости по кольцу ESRF (European Synchrotron Radiation Facility), для получения непрерывного и интенсивного пучка гамма-лучей, энергия которого равнялась бы 1,5 гигаэлектронвольт, что соответствует длине волны меньше 10-15 (приблизительный размер протона или нейтрона). Это высококачественное гамма-излучение, таким образом, в полной мере сочетается с исследованием атомных ядер в масштабе их составных частей.

Так как же получают пучок гамма-лучей? Мощный лазер испускает фотоны, которые сталкиваются с электронами, движущимися почти со световой скоростью. В результате этих столкновений фотоны могут приобрести очень высокую энергию.

Этот процесс, названный "ретродиффузией Комптона", имеет одно очень интересное свойство: ретроидиффузированный свет сохраняет свое состояние поляризации. До этого гамма-пучки, используемые в ядерной физике, не были поляризованы. Гамма-лучи ESRF позволяют более детально исследовать атомные ядра и их свойства. В недавно начавшихся экспериментах будет, прежде всего, изучено образование тяжелых (и нестабильных) мезонов в ходе иррадиации водородных ядер.

"Наука в Сибири", N1, 1997 год

## Наиболее значимые результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ИЯФ в 1996 году

*Окончание. Начало на стр. 3*

комплекс. Проектные параметры фабрик превосходят существующие и планируемые в мире. В этом году были закончены строительные работы помещений Ф-фабрики, пройдена половина одного из прямолинейных промежутков туннеля С-Тау фабрики. Изготовлены магнитные элементы накопителя-охладителя. Успешно проведены испытания ускоряющей структуры прототипа форинжектора. Достигнут расчетный средний темп ускорения 12 МэВ/м при мощности 20 МВт и максимальном ускоренном заряде 0.65 нК в макроимпульсе (2.5 нсек, 31.5 МэВ). Ведутся испытания других элементов линака.

### 2. Управляемый термоядерный синтез.

Институт является ведущим центром в мире по разработке одного из главных направлений термоядерных исследований - открытых систем удержания и нагрева плазмы. В рамках этого направления в 1996 году:

осуществлен запуск второй очереди установки ГОЛ-3, в результате чего энергосодержание релятивистского электронного пучка (РЭП) увеличено до рекордной величины 300 кДж и длина магнитной системы - до 12 метров. Начаты физические эксперименты по транспортировке сильноточного пучка через длинный плазменный столб и по нагреву большого объема плотной плазмы с помощью РЭП;

на установке ГОЛ-М в экспериментах по взаимодействию сильноточного релятивистского пучка с плазмой впервые в мире получены экспериментальные данные, свидетельствующие о существовании коллапса ленгмюровских волн в сильном магнитном поле;

на установке ГДЛ продемонстрирована возможность существенного подавления продоль-

ной электронной теплопроводности. Плотность популяции быстрых ионов приблизилась к

$10^{13} \text{см}^{-3}$ . Показано, что скорости углового рассеяния и потерь энергии быстрых ионов близки к классическим, определяемым парными столкновениями. Эти результаты имеют принципиальное значение для разрабатываемого проекта мощного генератора нейтронов на основе газодинамической ловушки.

### 3. Синхротронное излучение

Институт - основной центр в России по разработке и созданию источников синхротронного излучения и его применению. Более 50 групп из различных российских и зарубежных организаций используют накопители ВЭПП-3 и ВЭПП-2М (около 3,5 тысяч часов в году) как источники синхротронного излучения. Например, с использованием LIGA-технологии изготовлены и исследованы первые образцы с глубоким профилем (искусственный хрусталик глаза, апохроматические дифракционные линзы), высокоэффективные рентгенолюминофорные экраны с разрешением 30 мкм, регулярные массивы субмикронных проволок на основе магнитных сверхрешеток.

Сдан в эксплуатацию первый в России специализированный источник синхротронного излучения "Сибирь-2" с энергией пучка электронов 2,5 ГэВ, разработанный и изготовленный институтом для РНЦ "Курчатовский институт".

### 4. Промышленные ускорители и оборудование для медицины.

Разработан и испытан ускоритель ЭЛВ-6м с энергией 0.8-1.0 МеВ и током выведенного через фольгу пучка 200 мА. На этом ускорителе отработаны элементы конструкции нового поколения электронных ускорителей экологического применения с мощно-

стью пучка в сотни киловатт и, в частности, двухоконное выпускное устройство.

Совместно с Новосибирским государственным университетом проведены исследования по удалению ионов тяжелых металлов из модельных растворов. Полученные впервые в мире результаты являются уникальными и подтверждают высокую эффективность электронно-лучевых технологий для обезвреживания сточных вод, содержащих растворы тяжелых (Сг, Со, Сu, Pt, Pd и др.) металлов.

Совместно с Йенгнамским университетом (Южная Корея) проведены эксперименты по электронно-лучевой обработке промышленных стоков и получены положительные результаты.

Произведена поставка 7 ускорителей ЭЛВ в Китай, выведены на рабочие режимы два поставленных ранее ускорителя в Ангарске (очистка промышленных стоков) и один - в Корее.

К парку созданных институтом малодозных цифровых рентгенографических установок для медицинской диагностики (7 установок работают в клиниках Москвы, Парижа, Новосибирска и Красноярска) добавились еще 3, подготовленные для поставки в Москву, Новосибирск и Кузбасс.

В начале 1996 года на эти установки (МЦРУ "Сибирь") после проведения официальных технических и клинических испытаний получено разрешение Комитета по новой технике Минздрава России на их применение, эти установки рекомендованы к промышленному производству. ПО "Научприбор" (г.Орел) приступило к подготовке их производства для применения в качестве массового низкодозного флюорографа и уже выпустило три первых установки.

С.Мишнев

## Цена продовольственной корзины и средняя зарплата в ИЯФ (1993 - 1996 г.г.)

Цена продовольственной корзины вычисляется автором как сумма цен продуктов питания, взятых приблизительно в количестве, необходимом одному человеку в месяц (всего 21 продукт); цены — средние по магазинам Академгородка, курс доллара — из газеты "Известия", а начисленная зарплата — по данным бухгалтерии ИЯФ.

За прошедший год (от декабря 1995 года до декабря 1996) цены на продовольствие выросли на 16%; за 1995 г. — в 2.2 раза, а по сравнению с ценами 10-летней давности — в восемь тысяч раз. Если учесть более быстрый рост цен на услуги, транспорт и т.д., можно считать, что полный рост цен за это время составил около десяти тысяч раз. Средняя зарплата в ИЯФ в середине 80-х годов была равна 230-250 руб.

Месяц	Курс \$ (руб./\$)	Продовол. корзина		Начисленная зарплата, средняя по ИЯФ		
		(руб)	(\$)	(руб)	(\$)	(пр.корз.)
ноя93	1210	44500	36.8	129910	107.4	2.92
окт94	3070	91000	29.6	279000	90.9	3.07
ноя	3230	112500	34.8	302100	93.5	2.69
дек	3550	132000	37.2	300800	84.7	2.28
окт95	4510	285000	63.2	526800	116.8	1.85
ноя	4580	299000	65.3	660700	144.3	2.21
дек	4640	306200	66.0	719800	155.1	2.35
янв96	4740	321660	67.9	695100	146.6	2.16
фев	4815	325860	67.7	683700	142.0	2.10
март	4860	328810	67.7	694760	143.0	2.11
апр	4940	333960	67.6	768960	155.7	2.30
май	5015	333960	66.6	690620	137.7	2.07
июнь	5100	341610	67.0	732540	143.6	2.14
июль	5180	341610	65.9	843880	162.9	2.47
авг	5330	328460	61.6	754956	141.6	2.30
сен	5400	326860	60.5	758678	140.5	2.32
окт	5450	339610	62.3	859262	157.7	2.53
ноя	5500	346660	63.0	824942	150.0	2.38
дек	5560	356660	64.1	968546	174.2	2.72

Изменение цены прод. корзины и зарплат (ноябрь 95 г. = 1)



Зарплата в прод. корзинах (средняя по ИЯФ)



## Воспоминание о празднике

Самый добрый праздник, любимый и взрослыми, и детьми, остался позади. Каждый из нас — независимо от возраста — ждал подарка и чего-нибудь необыкновенного. Трудно сказать, сбылись ли эти ожидания у взрослых, а вот у детей, хочется надеяться, в значительной степени — да.

Во всяком случае, для того, чтобы для ияфовских ребятишек новогодние праздники были по-настоящему веселыми и запоминающимися, детская комиссия профкома сделала максимально возможное: 1780 детей сотрудников нашего института получили замечательные новогодние подарки, в 175 семьях побывали Дед Мороз и Снегурочка.

Во время каникул второй год подряд в столовой ИЯФ для школьников младших классов проводятся новогодние утренники. Около трехсот пятидесяти детей приняли в них участие, и, судя по фоторепортажу В. Чужбинина, веселились все от души.

Но не только дети получили в этот Новый год подарки. Неожиданный, и очень приятный сюрприз всем ияфовцам сделали сотрудники одиннадцатой лаборатории: В.П. Просветов, Ю.Н. Леонов, М.И. Непомнящих, В.С. Селезнев, А.П. Лысенко, В.П. Клюквин. В вестибюле института они установили (и как говорят старожилы, впервые в истории ИЯФ) чудесную нарядную елочку, которая долго радовала праздничной иллюминацией и сотрудников института, и его гостей.





# $E, \vec{p}$ — SCIENCE

*“Cern courier” — издание, которое освещает текущие достижения в физике высоких энергий и связанных областях в лабораториях всего мира. Оно выходит десять раз в год на английском и французском языках.*

*Гордон Фрайзер — редактор этого журнала, в сентябре нынешнего года побывал в нашем институте. Итогом этого визита стала статья, перевод которой мы предлагаем вниманию наших читателей.*

Гордон Фрайзер

## Сибирь и глобальное потепление

Посмотрев на карту мира можно увидеть, что новосибирский Институт ядерной физики имени Будкера составляет достойное звено в мировой цепи центров физики высоких энергий, соединяя основные институты на западе России с исследовательскими центрами в Восточной Азии, Японии и Китае. Но Будкерowski институт больше, чем отдаленный форпост. Он имеет многолетние традиции по созданию и распространению по всему миру искусственного инструментария и специализированных научных. Институт в настоящее время проявляет себя как основной игрок на мировых подмостках. Очень разнообразная исследовательская программа, проводимая внутри института, сочетается с существенным участием в новых проектах в ЦЕРНе, в японском центре физики высоких энергий КЕК и нескольких коллаборациях в США и Европе.

Новосибирск — синоним нововведений в области ускорителей. Основными идеями, предложенными в Новосибирске, являются: метод встречных пучков, элект-

ронное охлаждение, поляризованные пучки и их применение. “Сибирская змейка”, используемая для контроля поляризации пучка, и метод резонансной деполяризации, применяемый для измерения энергии пучка, предложенные впервые в Новосибирске, стали сейчас стандартными методиками, используемыми во всем мире. Эта мощная исследовательская программа продолжается, и можно ожидать в будущем еще много подобных открытий.

Во время создания новых исследовательских центров в Сибири, во времена хрущевской оттепели, Андрей Михайлович Будкер создает институт в Новосибирске на базе своей лаборатории новых методов ускорения в московском институте имени Курчатова. И хотя Будкер умер в 1977 году, дух и традиции, заложенные им, продолжают жить в Новосибирске под руководством его ученика Александра Скринского, который в настоящее время возглавляет Отделение ядерной физики Российской академии наук. Тем не менее

влияние Будкера в Новосибирске почти осязаемо.

Новосибирск вносит весомый вклад в проект протонного коллайдера LHC в ЦЕРНе, производя магниты для канала перепуска. Институт также поставляет 9000 кристаллов йодистого цезия для электромагнитного калориметра детектора BELLE для В-фабрики, которая будет построена в японской национальной лаборатории физики высоких энергий КЕК.

### Встречные пучки

История института, в основном, связана со встречными пучками. Первым крупным будкеровским проектом после переезда на новое место было создание накопителя ВЭП-1 со встречными электронными пучками с энергией 160 МэВ, который работал с 1965 по 1967 год параллельно с подобным накопителем в Стэнфорде. Это были первые в мире две машины, на которых удалось реализовать столкновения субатомных частиц.

Реализация более про-

дуктивной для физики идеи столкновения электронов и позитронов, вращающихся навстречу друг другу в одном кольце, привела Будкера к созданию накопителя ВЭПП-2 с энергией пучка до 700 МэВ, на котором в 1967 году были проведены первые эксперименты на ро-мезоне.

За накопителем ВЭПП-2 последовал накопитель ВЭПП-2М, который начал работу в 1976 году в том же диапазоне энергий. Первоначально ВЭПП-2 использовался как бустер для ВЭПП-2М, сейчас для этих целей построен специальный синхротрон на энергию до 900 МэВ. В настоящее время на компактном кольце ВЭПП-2М установлены два детектора: КМД-2 со сверхпроводящей катушкой, который является как бы уменьшенной моделью детекторов для больших коллайдеров, и СНД (Сферический Нейтральный Детектор). В экспериментах на ВЭПП-2М наряду с физиками из Новосибирска участвуют представители Бостона, Питсбурга, Яале и Миннесоты.

Основной целью экспериментов является точное измерение сечения рождения легких мезонов, неточность знания которого дает основную неопределенность в теоретических вычислениях аномального магнитного момента мюона, и позволит провести проверку Стандартной Модели.

Установка в 1985 году сверхпроводящего вигглера с полем 8Т увеличила светимость ВЭПП-2М и обеспечила повышение эффективности исследований с синхротронным излучением в ультрафиолетовой области и области мягких рентгеновских лучей. Накопитель ВЭПП-2М с диаметром кольца всего несколько метров, оборудованный двумя детекторами и приспособленный для экспериментов с синхротронным излучением, является одной из самых эффективно используемых физических установок.

После успешной реализации

идеи встречных электрон-позитронных пучков Будкер сосредоточил свое внимание на протонных столкновениях. В случае электронов, масса которых мала, потери энергии на синхротронное излучение уменьшают разброс энергий в пучке и, как следствие, его размер. Для тяжелых частиц, которыми являются протоны, это будет только в случае сверхвысоких энергий. Для компактного протонного коллайдера, идею ко-

46 ГэВ, который должен был стать первым протон-антипротонным коллайдером. Но недостаточная поддержка проекта привела к тому, что установка ВАПП была трансформирована в электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-4.

Несмотря на удручающую неудачу проекта ВАПП-НАП, опыт, полученный при работе с антипротонами и электронным охлаждением, до сих пор является коньком Новосибирска. В основных



Рис Е. Бендера.

торого Будкер вынашивал в то время, требовался другой подход для сжатия пучка.

В 1965 году Будкер предложил идею электронного охлаждения, в которой пучок высокоэнергичных протонов на участке траектории накопителя совмещается с электронным пучком малого углового разброса. Протоны передают поперечный импульс электронам, и после взаимодействия поперечный размер пучка протонов уменьшается. Работоспособность этой идеи была продемонстрирована командой Будкера в историческом эксперименте на специально построенном протонном кольце НАП-М в 1974 году.

Первоначальной целью Будкера был протон-протонный коллайдер, но под влиянием предложения Александра Скринского внимание было сосредоточено на протон-антипротонных столкновениях. Усилия были сосредоточены на создании комплекса ВАПП-НАП с энергией в центре масс

центрах, где реализованы протон-антипротонные встречные пучки, используют литиевые линзы, созданные в Новосибирске. В лаборатории GSI в Дармштате используют оборудование для электронного охлаждения, сделанное в Новосибирске.

### ВЭПП-3, ВЭПП-4, ВЭПП-5 и ВЛЭПП

Коллайдер ВЭПП-4 начал работать в 1980 году. Он имел энергию пучка до 5.5 ГэВ и максимальную светимость

$$5 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$$

. Основным физическим результатом работы ВЭПП-4 явилось прецизионное измерение масс ипсилон мезонов. Инжектором ВЭПП-4 был ВЭПП-3, который ускорял электроны и позитроны с 350 МэВ до энергии 1.8 ГэВ и инжектировал их в кольцо.

ВЭПП-4.

Спустя несколько лет пожар уничтожил установку ВЭПП-4. После пожара кольцо было существенно переделано, и в настоящий момент идет сборка детектора КЕДР, в калориметре которого используется жидкий криптон.

Установка РОКК-М, использующая обратное рассеяние на электронах ВЭПП-4 фотоны лазерного излучения, обеспечивает пучки фотонов для калибровки детекторов (к примеру, кристаллов йодистого цезия для электромагнитного калориметра BELLE) и для других специальных экспериментов.

В дополнение к этому, в схему ВЭПП-4 вписана новая экспериментальная площадка для работ с синхротронным излучением, кроме того ВЭПП-3 имеет свою программу экспериментов с синхротронным излучением. На ВЭПП-3 проводятся также эксперименты с внутренней газовой поляризованной дейтронной мишенью.

Лазер на свободных электронах, базирующийся на оптическом клистроне, первоначально работавший на специальном байпасе ВЭПП-3, в настоящее время установлен на машине в университете Дюка в северной Каролине. Сегодня в Новосибирске создается новый оптический клистрон для исследований по фотохимии и других применений.

В будущем здесь планируется создание электрон-позитронного комплекса ВЭПП-5, некоторые части подземных его сооружений уже существуют и в них устанавливается оборудование. Комплекс состоит из инжектора, который готовит пучки для перепуска в фи-фабрику, состоящую из двух колец в форме восьмерки и имеющую светимость  $10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ . В будущем этот инжекционный комплекс предполагается использовать для запитки с-tau-фабрики и ВЭПП-4М. Первая очередь оборудования инжекционного комплекса, включающая в себя линак, синхротрон и высокочастотное оборудование, уже готова.

Синхротронное излучение становится камнем преткновения при создании накопителей на большую энергию, и приходится

сильно увеличивать радиус накопителя для уменьшения потерь энергии. Поэтому для электрон-позитронных коллайдеров на сверхвысокие энергии выгоднее использовать линейный ускоритель.

Идея линейного коллайдера была впервые высказана в Новосибирске в семидесятых годах и представлена на международной конференции в Моджисе в Швейцарии в 1971 году. К 1978 году проект ВЛЭПП принял реальные очертания, но основные усилия по работе над этим проектом были сосредоточены в отделении Института ядерной физики при Институте физики высоких энергий в городе Протвино, где строился протонный ускоритель УНК с длиной кольца 21 км. Идея была в том, чтобы иметь протонное кольцо и многокилометровый линак, дающие возможность исследовать электрон-протонные столкновения. Тем не менее основные научно-исследовательские работы по линейному коллайдеру проводились в Новосибирске, а новосибирские специалисты продолжали играть главную роль в международных коллаборациях по созданию электрон-позитронных коллайдеров на сверхвысокие энергии.

### Промышленные ускорители

Будкер считал, что ускорители могут быть использованы не только в физике. Поэтому наряду с созданием новых ускорителей для научных целей он стремился использовать их для общего блага, разрабатывая новые машины для промышленности и медицины. Развивая дальше эту идею, он считал, что новая лаборатория, занимающаяся промышленными ускорителями, должна иметь производственные мощности по их изготовлению. В этих условиях срок внедрения научных разработок в промышленность был бы минимален.

Поэтому с самого начала его институт был оборудован мастерскими, оснащенными специальным оборудованием, мощностей которого хватало как на нужды института, так и для "экспорта", в то время - на

территорию Советского Союза. Первоначально 25% производственных мощностей использовалось для этих целей, но после серьезного сокращения государственного финансирования ИЯФ более чем 40% своих мощностей использует для поставок за рубеж.

Производство в Новосибирске остается хорошо оснащенным: здесь станки с числовым программным управлением, технология высокого вакуума, точная механика, электронно-лучевая сварка, чистые помещения и многое другое. Тем не менее акцент в большей мере делается на крупные электромеханические работы, чем на микроэлектронику или точную механику.

Диапазон стандартных новосибирских ускорителей позволяет получать электронные пучки для таких применений; как стерилизация медицинского оборудования, использование в производстве кабелей и термоусаживающихся трубок. Оборудование на несколько миллионов долларов было поставлено в Китай.

Новосибирск построил накопители "Сибирь-1" и

"Сибирь-2", на энергию 450 МэВ и 2.5 ГэВ соответственно, которые используются для исследований по синхротронному излучению в Институте имени Курчатова в Москве.

Что касается ускорителей, то Новосибирск поставляет такие элементы ускорителей, как источники питания, оборудование для контроля положения пучка, магниты для синхротронов, вигглеры и ондуляторы для источников синхротронного излучения.

Несмотря на получение значительных заработков, Новосибирск не имеет отдела маркетинга. Все контракты заключаются по научным каналам - на рабочих совещаниях и международных конференциях.

Заккрытие американского проекта SSC в 1993 году особенно больно ударило по Новосибирску, так как институт производил для него магниты. Магниты для протонного синхротрона на низкую энергию с длиной окружности 570 м, который ускоряет протоны

из линака с энергией 600МэВ до энергии 11.1ГэВ и перепускает в другое кольцо, а также для синхротрона на промежуточную энергию предполагалось изготовить здесь. Часть из них все еще находится в Новосибирске

В таких центрах как ЦЕРН детекторы создаются большими коллаборациями, а компоненты детекторов изготавливаются в различных исследовательских центрах. Эксперименты в Новосибирске проводятся на собственных машинах и детекторы создаются, в основном, собственными силами.

В данный момент, наряду с поставками компонентов ускорителей, Новосибирск поставляет элементы детекторов. Кроме уже упомянутого контракта на поставку кристаллов йодистого цезия, в КЕК проводятся научно-исследовательские работы по аэрогелю и производству кристаллов ВГО, поставлены кристаллы йодистого цезия в эксперимент WASA на кольце CELSIUS в Упсале. Новосибирск является партнером в детекторах Atlas, CMS и Alice для создаваемого в ЦЕРНЕ протонного коллайдера LHC.

## Медицинские приложения

В Новосибирске уделяют внимание и медицине. Среди многих примеров необходимо упомянуть несколько типов рентгеновских аппаратов с электронным считыванием, использующих специально сконструированную и сделанную в Новосибирске пропорциональную камеру,

Основным достижением этих аппаратов является малая доза облучения, около одной сотой дозы, применяемой для обычного рентгеновского обследования. Это особенно важно при внутриутробном обследовании и означает, что доза радиации сравнима с естественным фоном и можно говорить о "нулевой дозе", полученной пациентом при обследовании.

Изображение хранится в цифровом виде и появляется на экране через десять секунд после сканирования. Обработка информации позволяет получить разные

виды из одного и того же набора данных, к примеру, отделять изображение грудной клетки и легких от изображения позвоночника, не производя второго снимка. Данные могут передаваться по электронным линиям связи на большие расстояния.

Джордж Шарпак, создатель пропорциональных камер, на которых базируется эта установка, проявил интерес и внедрил одну установку в Парижском госпитале.

Кажется странным, что снимки с помощью рентгеновской трубки, предложенной сто лет назад, продолжают делать на фотопленке, в то время как есть возможность работать с малыми дозами, но это не находит отклика в среде пользователей.

Другой важной областью исследований в Новосибирске является управляемый термоядерный синтез на основе открытых ловушек, предложенных Будкером.

Все наиболее важные дела в Новосибирске обсуждаются в рамках свободной дискуссии за круглым столом. Это - традиция, зародившаяся еще при Будкере. В понедельник собрание обсуждает общие и административные вопросы, во вторник - проблемы ускорителей, в среду - проблемы физики высоких энергий, в четверг - плазму и в пятницу - проблемы электроники и компьютеров. Каждое ежедневное собрание имеет своего председателя, а академик Скринский посещает их по мере возможности.

Вдали от Москвы, верный



Рис. Е. Бендера.

своим традициям институт имени Будкера всегда шел своим путем. В доперестроечные времена он воспринимался окружающими как островок капитализма в океане социализма. В постперестроечные времена положение института можно охарактеризовать обратным образом, и несмотря на суровую и непредсказуемую окружающую ситуацию, институт имени Будкера знает как выжить и даже преуспеть.

Перевод В. Блинова.