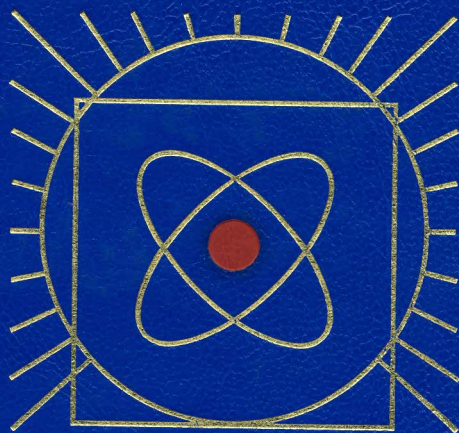


2004
2739

ЯДЕРНЫЙ ВЕК: НАУКА и ОБЩЕСТВО



Международная
научная конференция

ЯДЕРНЫЙ ВЕК: НАУКА и ОБЩЕСТВО

Москва
ИздАТ
2004

А 2004
2739

УДК 621.030
К 64
ББК 6П28

К 64 **Ядерный век: наука и общество.** Посвящается 100-летию со дня рождения академика И.В. Курчатова — М.: ИздАТ, 2004. — 312 с.

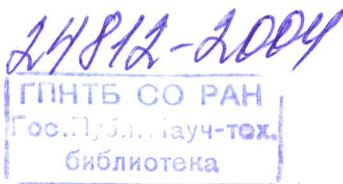
ISBN 5-86656-151-4

Содержит материалы Международной научной конференции, посвященные столетию со дня рождения И.В. Курчатова. Доклады и выступления охватывают главные итоги развития атомной науки и техники в XX ядерном веке, их влияние на развитие общества и их современное состояние на рубеже веков, определение главных ориентиров и направлений развития в будущем.

Для широкого круга читателей, интересующихся как частными вопросами ядерной физики, так и развитием современной науки в целом.

Главный редактор В.Г. Асмолов

Редакционная коллегия: А.Ю. Гагаринский, Г.И. Колтышева, Г.Г. Малкин,
В.А. Сидоренко, Л.Л. Соколовский, Д.Ф. Цуриков,
Н.А. Черноплеков

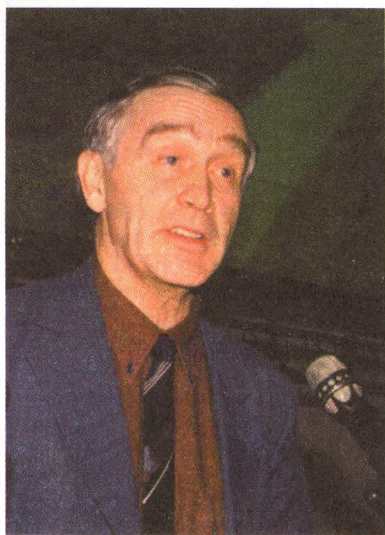


ISBN 5-86656-151-4

РНЦ «Курчатовский институт», 2004 г
Оформление, ИздАТ, 2004 г

К173

И.В. Курчатов и физика элементарных частиц



А.Н. СКРИНСКИЙ

*Директор Института ядерной физики
им. Г.И. Будкера, академик РАН*

Насколько мне известно, И.В. Курчатов сам никогда не занимался структурой и процессами субъядерного мира, то есть физикой элементарных частиц, но сыграл очень заметную роль в её становлении, причём не только в Советском Союзе, но и в целом. Вот об этом я и хочу здесь рассказать.

Для меня это связано с рождением нашего Института и появлением метода встречных пучков. Эта тема стала одним из главных оснований создания Института ядерной физики в Новосибирске на базе лаборатории Будкера Андрея Михайловича (так чаще называли Герша Ицковича в то время) в ЛИПАНе (бывшая Лаборатории № 2 и будущий Институт атомной энергии).

В лаборатории А.М. Будкера развивались многие ускорительные и плазменные направления, базировавшиеся всегда на новых, оригинальных (и рискованных!) идеях, в основном, рождавшихся по инициативе А.М. Будкера. Одним из этих направлений стал метод встречных пучков.

Что такое встречные пучки? Обычный (до появления установок со встречными пучками — коллайдеров) облик эксперимента в ядерной (и, особенно, субъядерной) физике состоял в получении каких-то ускоренных частиц и изучении их взаимодействия — ядерных реакций — с ядрами мишени (пластинки вещества, струи и т. д.). Такая постановка была вполне оправданной при скоростях частиц много меньше скорости света. Но по мере проникновения вглубь микроструктуры материи, по мере изучения всё более детального её строения, потребовались частицы, дебройлевская длина волны которых была бы меньше

изучаемых деталей. А это, соответственно, требовало всё более высоких энергий ускоренных частиц (длина волны обратно пропорциональна импульсу частицы). Как раз на размере нуклона (10^{-14} см) энергии превысили 1 ГэВ на ускоренную частицу, и энергии даже протонов стали релятивистскими. И этот этап подошёл в середине 1950-х годов. По мере дальнейшего роста энергии всё меньшая доля энергии ускоренных частиц давала энергию реакции (которая в релятивизме растёт в этом случае пропорционально лишь квадратному корню из энергии ускоренной частицы).

Рецепт преодоления этого препятствия, в принципе, был известен — одинаково ускоряйте обе частицы, и тогда в энергию реакции может перейти вся энергия, вложенная в эти частицы при ускорении. Но при низкоинтенсивных — и с большими поперечными размерами — пучках, имевшихся к тому времени, число реакций за сто лет экспериментирования было бы нуль! Для реализации идеи нужно было сделать ещё много шагов. И прежде всего — научиться накапливать ускоренные частицы в специальных магнито-вакуумных кольцах, заставить их жить там часами (миллиарды оборотов) и сжать в сотни раз по сечению. В 1956 году появились предложения, как сделать близкое к этому для электронов и протонов.

А.М. Будкер загорелся немедленно этой идеей. Ясно было, что начинать надо с электрон-электронного коллайдера — ведь специфический выигрыш от перехода к встречным пучкам начинается для лёгких электронов при совсем скромных энергиях и габаритах установок; более того, у электронов есть мощный естественный механизм накопления и сжатия пучков — синхротронное излучение.

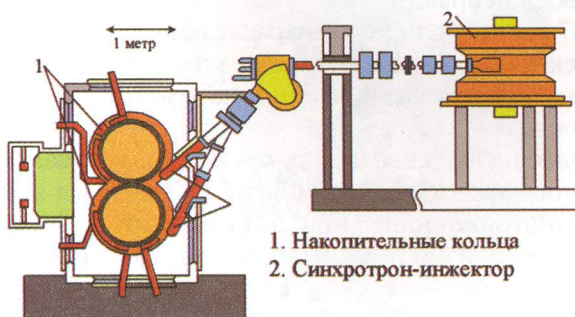
Вскоре после моего прихода в лабораторию А.М. Будкер в 1957 году на преддипломную практику, А.М. Будкер предложил мне войти в состав группы, которая начинала осмысление, расчёт и прорисовку комплекса ВЭП-1. Постепенно он вырисовался таким, как на рис. 1.

Установка со встречными пучками ВЭП-1

$E = 90 \text{ МэВ} - 320 \text{ МэВ}$ (полная); светимость $L = 5 \cdot 10^{27} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$

Эксперименты 1965-1967 - паралл-но с Принстон-Стейнфордскими кольцами:

- упругое рассеяние электронов на электронах,
- двойное тормозное излучение (первое в мире наблюдение и изучение).



1. Накопительные кольца
2. Синхротрон-инжектор

Рис. 1

Абсолютное большинство специалистов и у нас в стране, и в мире считали встречные пучки очередной фантазией, которая никогда не будет реализована. Но наша Лаборатория занималась ВЭП-1 с полной отдачей и надеждой сделать всё очень быстро. В апреле 1958 года было подписано решение об организации Института ядерной физики в Новосибирске (в рамках только что организованного Сибирского отделения АН СССР). Но до 1962 года работы по ВЭП-1 велись в Москве.

Уже в 1959 году, задолго до первых успехов по ВЭП-1, А.М. Будкер предложил осуществить гораздо более интересный (и гораздо более сложный!) проект электрон-позитронных встречных пучков. В столкновениях электронов и позитронов можно было не только изучать рассеяние этих частиц и разбираться, насколько они малы, но и исследовать аннигиляционные процессы, в которых могут рождаться любые частицы, для которых хватает энергии столкновений. Но в то время позитроны получались вообще штуками, о какой пользе, казалось бы, могла идти речь?

Когда А.М. Будкер пришёл с этим предложением к И.В. Курчатову, Игорь Васильевич отослал «листочки этого проекта» ведущим советским специалистам на отзыв (мы и не знали — кому?). По рассказам А.М. Будкера, отзывы пришли быстро, были очень горячими и заинтересованными, но категорически отрицательными: «Это полная и безответственная фантастика!» И после таких отзывов Игорь Васильевич сказал: «Ну, теперь давай готовить решение Правительства». Из горячности этих отзывов он понял, что дело действительно очень интересное, а пессимизму можно противопоставить энтузиазм, энергию и класс А.М. Будкера и его (нашего!) «зелёного» коллектива.

Только один из рецензентов признал свою неправоту: когда в ВЭП-1 появились пучки, а ВЭПП-2 находился в процессе создания, Владимир Иосифович Векслер приехал к нам в Новосибирск. Он увидел своими глазами синхротронное излучение пучков, увидел, как пучки накапливаются, сжимается их поперечный размер, растёт яркость свечения, с ростом энергии пучки из оранжевых становятся голубоватыми — и они живут долго! И Владимир Иосифович пришёл на наш Учёный совет (Круглый стол) и сказал: «Я давал отрицательный отзыв на возможность осуществления ваших проектов, и я был не прав. Поздравляю вас с этим успехом!». Но В.И. Векслер был единственным, кто признался в своей неправоте.

И в 1965—1967 годах, полностью параллельно с работами на Принстон-Станфордских электронных накопительных кольцах были проведены основные эксперименты. Они показали, что получать нетривиальные результаты в экспериментах можно.

Но гораздо более интересными, как мы и считали с самого начала, оказались электрон-позитронные столкновения. И первые эксперименты по рождению γ -мезонного резонанса при аннигиляции электронов и позитронов при соответствующей энергии были проведены на комплексе ВЭПП-2 в 1967 году.

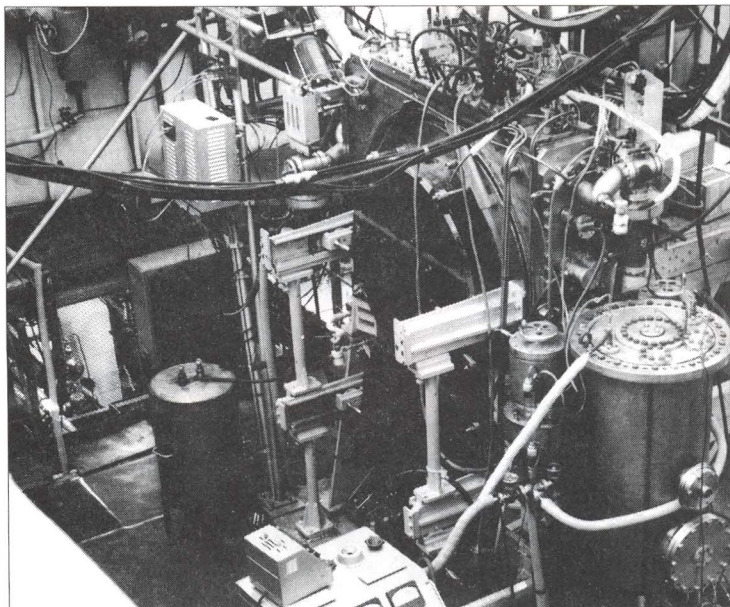


Рис. 2. Коллайдер ВЭП-1 в работе

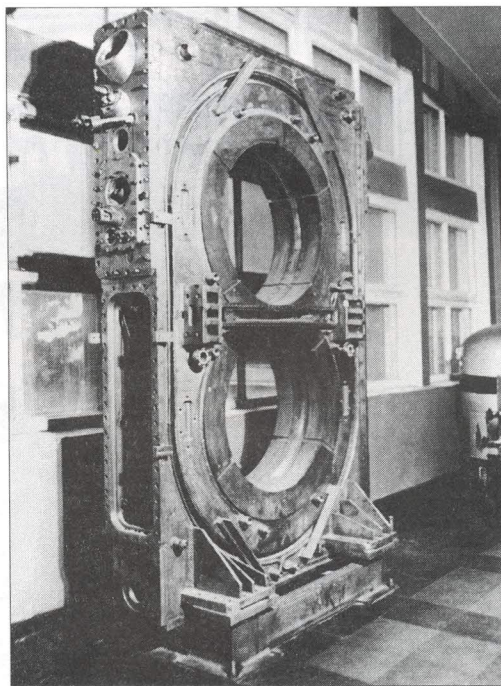


Рис. 3. Центральная часть ВЭП-1 в качестве монумента

КОЛЛАЙДЕР ВЭПП-2

(первые в мире аннигиляционные эксперименты.; 1967-1970)

Первое наблюдение рождения ρ -мезона при аннигиляции

Систематическое изучение ρ , ω , ϕ - мезонов.

Первое наблюдение двух-фотонных событий (e^+e^- пары)

Открытие рождения много-адронных состояний при

электро-позитронной аннигиляции.

Первое наблюдение радиационной поляризации.

$E=2.700$ МэВ

$L=4 \cdot 10^{28}$ см²сек⁻¹

Вид с направления А

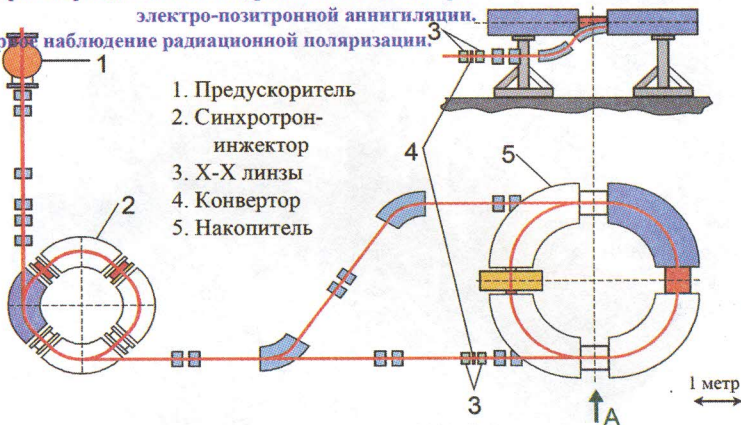


Рис. 4. Коллайдер ВЭПП-2 (схема)

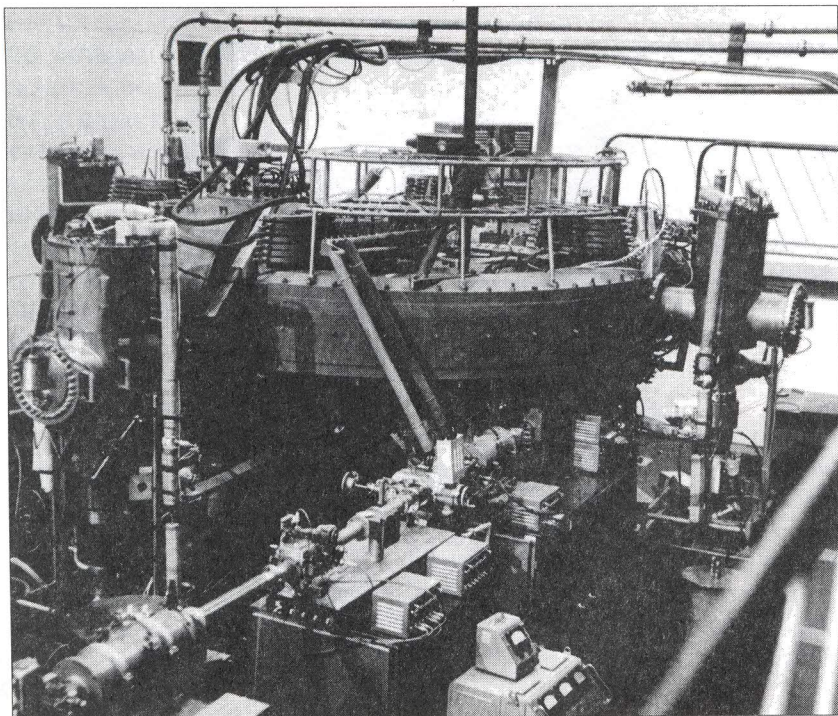


Рис. 5. Коллайдер ВЭПП-2 в работе

Со времени этих пионерских экспериментов во многих лабораториях мира были построены коллайдеры разного типа, а эксперименты на них стали, в значительной мере, базой создания «Стандартной модели» физики элементарных частиц. Её создание, можно сказать, сформировало наше сегодняшнее «физическое мировоззрение».

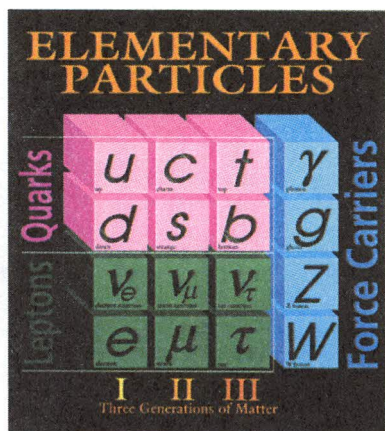
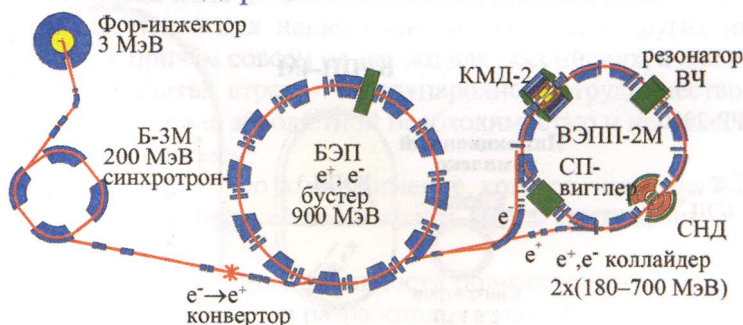


Рис. 6. «Стандартная модель» фундаментальных составляющих и сил в Микромире — в значительной мере родилась на базе экспериментов на встречных пучках

Несколько поколений электрон-позитронных комплексов — всё более производительных, изощрённых и масштабных — проработало, работает и создаётся сейчас в нашем Институте.

Коллайдерный комплекс ВЭПП-2М



- Основной «поставщик» фундаментальной информации в мире в своей области в 1974-2000;
- $2E=0.4\div 1.4$ ГэВ;
- $L_{\text{макс}}=4 \cdot 10^{30} \text{см}^{-2} \text{сек}^{-1}$ на $E_{\phi}=510$ МэВ
- Полная набранная светимость $\approx 80 \text{pb}^{-1}$.

Рис. 7. Коллайдер ВЭПП-2М (схема)

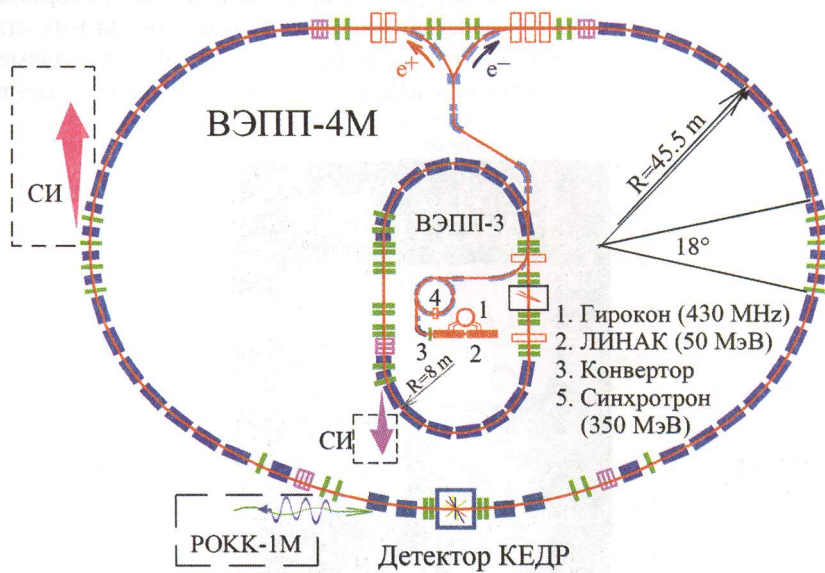


Рис. 8. Действующий в ИЯФ коллайдер ВЭПП-4М

**Комплекс ВЭПП-5
(схема проекта)**

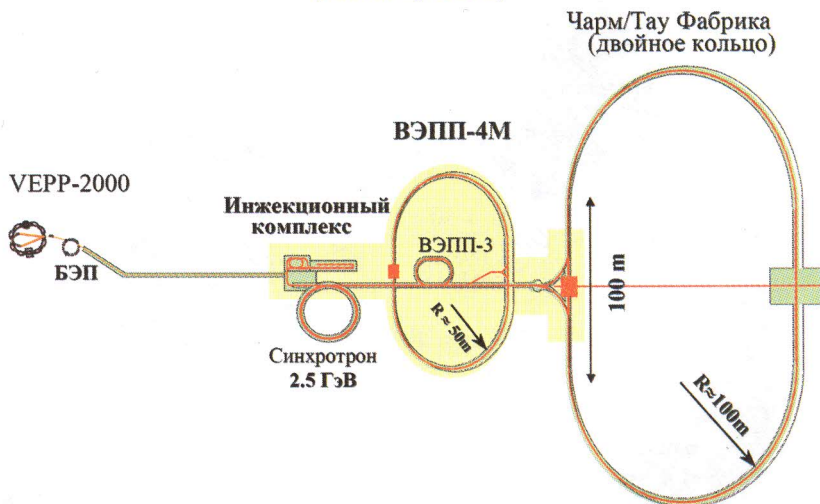


Рис. 9. Наша надежда на будущее — «тау/чарм фабрика» (коллайдер со сверхвысокой светимостью)

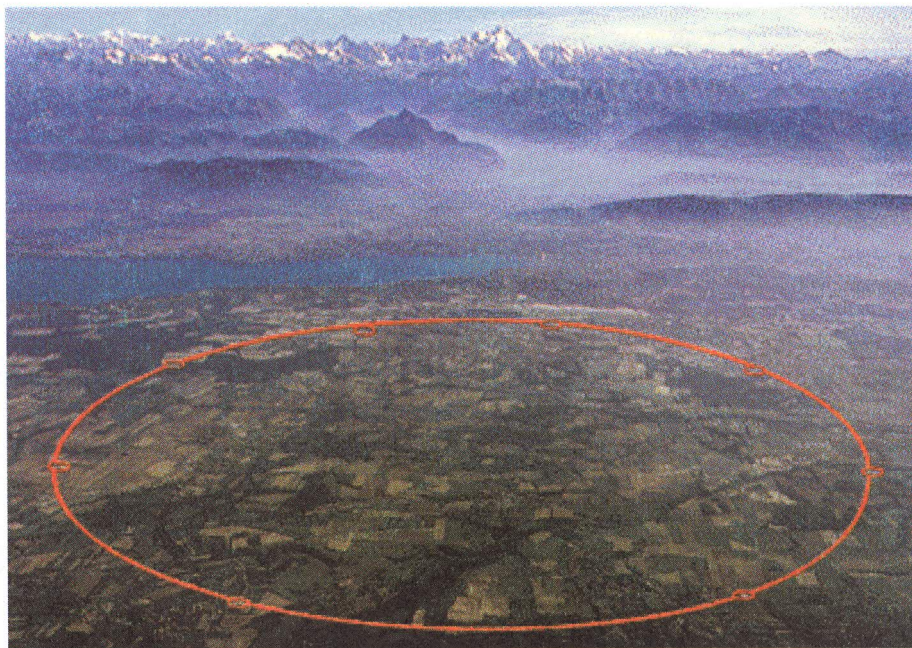


Рис. 10. Электрон-позитронный коллайдер *LEP* с энергией до 2×100 ГэВ и периметром 30 км, работавший в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) около Женевы; несколько выше него белеет взлётно-посадочная полоса Женевского аэропорта (в настоящее время преобразуется в протон-протонный коллайдер с энергией 2×7000 ГэВ)

А в мире масштабы самых больших коллайдеров достигли размеров в 30 км (рис. 10; длина кольца ВЭП-1 была 3 м), а стоимость — нескольких миллиардов долларов. Так что и для нашего Института, и для других институтов нашего профиля — причём совсем не только для российских, а для всех самых благополучных и развитых стран — международное сотрудничество в физике элементарных частиц стало абсолютной необходимостью и неотъемлемой частью национальных программ.

В целом можно сказать, что то направление, которое, несмотря на всеобщее недоверие, поддержал в конце своей жизни Игорь Васильевич, до сих пор бурно развивается во всём мире.

А наш Институт в знак признательности родительскому Институту атомной энергии им. И.В. Курчатова разработал и создал (вместе с сотрудниками РНЦ КИ) комплекс источников синхротронного излучения «Сибирь» — важнейшую исследовательскую базу для всего Московского региона.

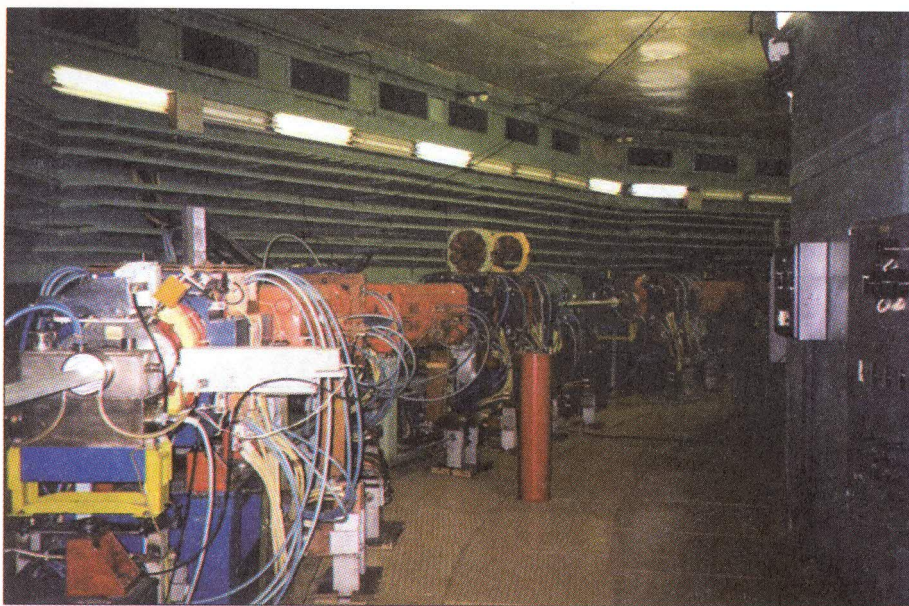


Рис.11. Накопитель «Сибирь-2» — главный источник синхротронного излучения в Курчатовском центре

И это было завершено в самые трудные для науки 1990-е годы!