

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



С 343 r 1

ф-833

4937/2-76  
И.М. Франк

13/11-76  
P3 - 10041

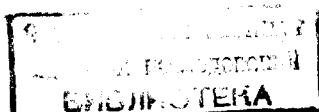
КРАТКИЙ ОБЗОР НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ЛАБОРАТОРИИ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ В 1975 ГОДУ

**1976**

РЗ - 10041

И.М. Франк

КРАТКИЙ ОБЗОР НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ЛАБОРАТОРИИ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ В 1975 ГОДУ



В этой статье содержится краткий обзор научных работ, выполнявшихся в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ в 1975 г. \* Многие из того, что здесь обсуждается, в той или иной мере уже рассматривалось в связи с работами прошлых лет.

Год в жизни лаборатории – срок небольшой, и большинство тех серьезных проблем, которыми она занимается, остаются основой ее работы в течение ряда лет. Еще в большей степени это относится и к развитию технической базы лаборатории. В частности, мне уже приходилось отмечать, что мы научились лучше понимать преимущества импульсного реактора ИБР-30 и стали лучше его использовать. Этот процесс повышения эффективности использования реактора продолжался и в 1975 году.

Улучшился и сам реактор. Он работал в 1975 году очень стабильно и выдал на эксперимент 4100 часов при плане 3600. Это – результат существенной модернизации реактора, проведенной в очень сжатые сроки. Была заменена вся подвижная зона, но несмотря на замену механических систем, периода наладки почти не потребовалось, с самого начала реактор работал стабильно. Улучшен также инжектор к реактору. Его мощность повышена примерно вдвое и достигла в этом году 12 кВт.

---

\*Использован текст отчётного доклада, представленного XXXIX сессии Учёного совета ОИЯИ 14 января 1976 года.

В режиме с инжектором реактор ИБР-30 сейчас, несомненно, лучший из существующих нейтронных спектрометров в области энергий нейтронов ниже нескольких сот электронвольт. Это было известно и раньше и тем более правильно теперь.

Что касается многих работ по физике конденсированных сред, то мы убедились, что ИБР при мощности 15 кВт не уступает стационарным реакторам мощностью 40 МВт. При этом работать в импульсном режиме в ряде случаев удобней.

Перехожу к обсуждению основных результатов. Метод получения пучков поляризованных нейтронов пропусканием их через поляризованную протонную мишень был разработан в ЛНФ примерно 10 лет назад. Сейчас этот метод стал применяться и в других ядерных центрах в работах с резонансными нейтронами, для которых он остается уникальным до сих пор. Опыт Гренобля показал, что он удобен также для работ с тепловыми нейтронами, поляризацию которых можно получать и другими методами. В связи с предстоящими работами на реакторе ИБР-2, в ЛНФ этот метод был значительно усовершенствован, что позволило выполнить измерения, которые ранее представлялись неосуществимыми.

Схема установки видна на рис. 1. Здесь 1 - активная зона реактора, 2 - нейтронный канал, 7 - магнит, внутри которого находится кристалл, поляризующий нейтроны.

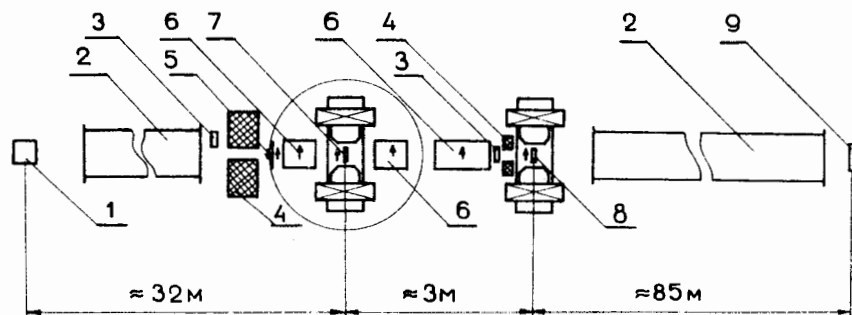


Рис.1. Схема установки для экспериментов с поляризованными нейтронами и ядрами.

Измерения требуют, чтобы знак поляризации нейтронов быстро менялся на обратный и чтобы при этом абсолютная величина поляризации не менялась. Достигнуть этого перемагничиванием магнита долго, притом нет уверенности в повторимости результатов. Поэтому по предложению Алфименкова<sup>1/</sup> пришлось осуществить, на первый взгляд, странный метод. Весь магнит, весом примерно 7 тонн, вместе с содержащимся в нем поляризатором нейтронов поворачивается на 180° за 10 секунд, причем точность установки составляет примерно 5 угловых мин. Таким образом, как это ни странно, иногда оказывается выгоднее вращать очаг вокруг вертела. Цифрой 8 на рисунке показан криостат, помещенный в магнитном поле 15 кЭ, в котором исследуемый образец охлаждается до 0,03 К. Этим достигается поляризация ядер, на которые воздействуют поляризованные нейтроны. В экспериментах исследуется поглощение поляризованных нейтронов поляризованными ядрами. Пролетная база, на которой расположен детектор 9, составляет 120 м.

Как известно, спины резонансов, возбуждаемых  $s$ -нейтронами, отличаются от спина ядра мишени либо на  $+1/2$ , либо на  $-1/2$ . Поэтому поляризованные ядра будут поглощать в каждом резонансе только нейтроны вполне определенной поляризации в зависимости от того, требуется ли добавить к спину  $1/2$ , либо убавить спин на  $1/2$ . В результате при изменении знака поляризации нейтронов в некоторых резонансах поглощение будет возрастать, а в других, наоборот, убывать, что зависит от требуемого знака поляризации нейтронов. Это показано на рис. 2. Нижняя кривая - кривая пропускания для неполяризованных нейтронов. Каждый резонанс проявляется на ней как минимум. На верхней кривой - относительная разность поглощения для двух знаков поляризации нейтронов. Видно, что в одних случаях видны максимумы, в других - минимумы. Минимуму соответствует спин, равный двум, максимуму - спин-единица. Уже из такого качественного результата определяется спин резонанса. Это - результаты для

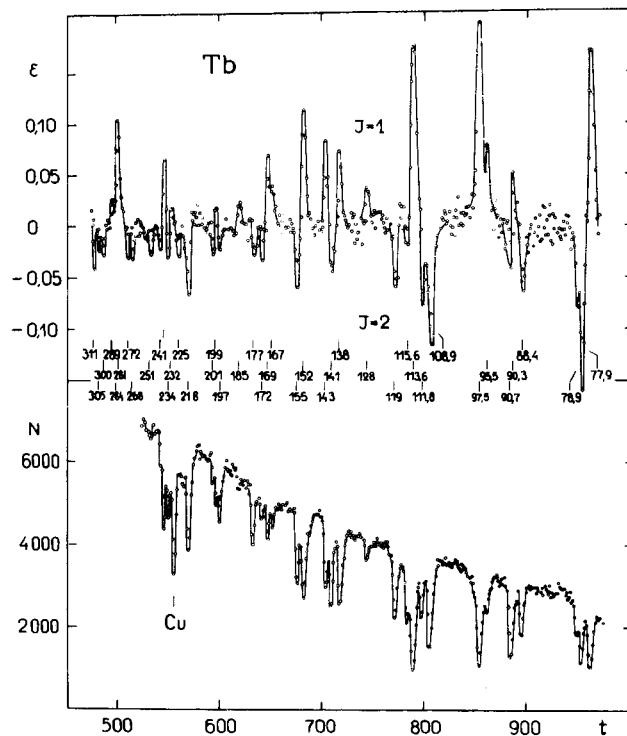


Рис. 2. Эффект пропускания поляризованных резонансных нейтронов для тербия.

тербия <sup>/2/</sup>, исходное ядро-мишень которого имеет спин 3/2, а резонансы, следовательно, спин 2 или 1. Усовершенствование установки позволило сделать дальнейший шаг, который ранее был невозможен. Удалось для того же элемента провести измерения в области энергий до 100 кэВ. Здесь отдельные резонансы уже нельзя отделять друг от друга, но можно видеть, меняется ли поглощение нейтронов в зависимости от знака поляризации. Было показано, что так называемая нейтронная силовая функция с точностью, не хуже, чем 5%, не зависит от величины спина резонанса. Это -

существенный результат, так как он доказывает отсутствие, по крайней мере, значительной спиновой зависимости силовой функции для тербия. Поиски такой зависимости ведутся во многих лабораториях, поскольку гипотеза о так называемых "входных состояниях" влечет за собой предположение, что такая зависимость существует. Все указания на ее существование недостоверны. Полученный результат - еще одно свидетельство отсутствия такой зависимости. Эта работа выполнена Алфименковым, Ласоном, Пикельнером, Шарповым и другими авторами <sup>/3/</sup>.

В последние два года той же группой физиков публиковались результаты ведущихся в ЛНФ измерений магнитных моментов нейтронных резонансов редкоземельных элементов. Эти работы требуют сочетания многих условий. Во-первых, необходим светосильный нейтронный спектрометр с достаточно хорошим разрешением. Для этого подходит именно реактор ИБР с инжектором. Вероятно, это - одна из основных причин того, что таких измерений в других местах не проводится. Во-вторых, требуется совершенная криогенная техника, т.к. необходимо охлаждение образцов до 0,03 К и, наконец, нужна прецизионная измерительная аппаратура. На рис. 3 показана часть установки, используемой при поляризационных измерениях. В целом установка очень сложна.

Как известно, измеряемый магнитный сдвиг положения резонанса  $\sim 10^{-5}$  эВ при ширине резонанса  $\sim 0,1$  эВ и энергии нейтрона в несколько эВ. Такая точность измерений в самом деле реализуется и, в сущности, это удивительная возможность, которую открывает только нейтронная физика. Не нужно забывать, что полная энергия возбуждения ядра при поглощении нейтрона может достигать 10 млн эВ и, следовательно, здесь измеряется сдвиг ядерного уровня на величину  $\sim 10^{-12}$  от полной его энергии. В 1975 году измерены магнитные моменты 5 резонансов ядер тербия и гольмия. Измерения завершают цикл изучения тех редкоземельных изотопов, на которых эти данные

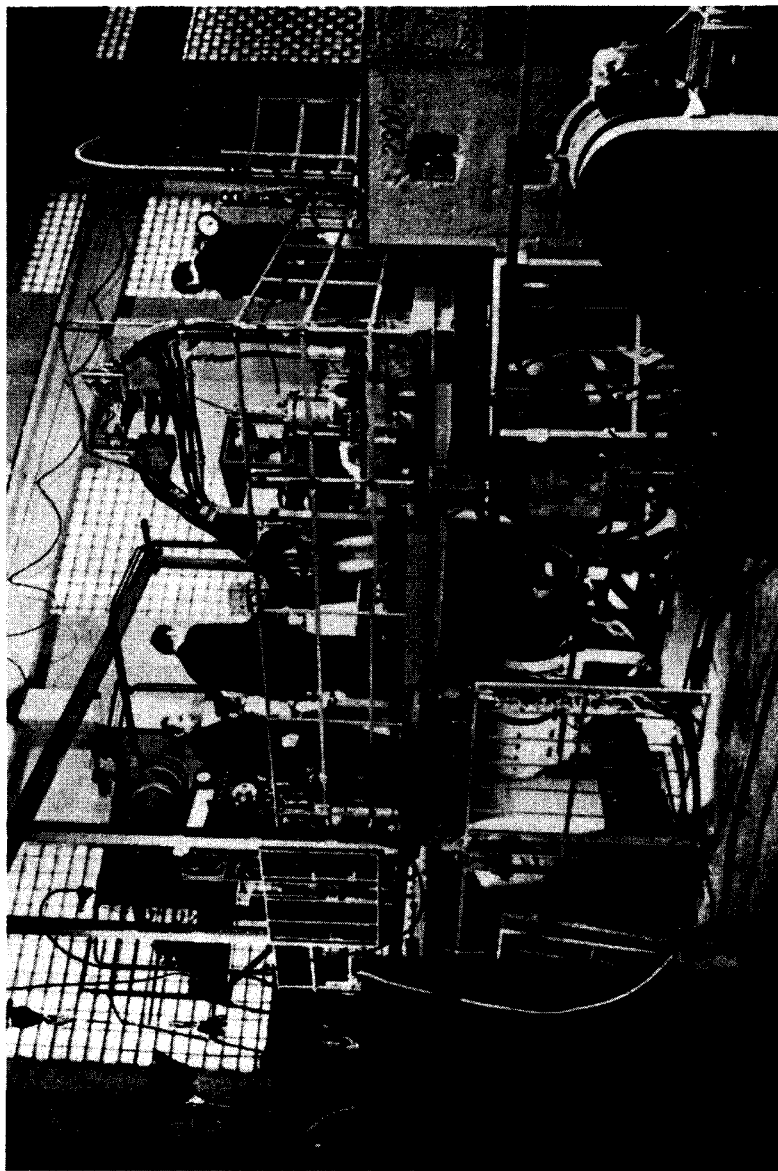


Рис. 3. Установка для поляризационных измерений.

сейчас могут быть получены. В общей сложности сейчас измерены магнитные моменты 11 резонансов для 5 изотопов с нечётными массовыми числами от 159 до 167. В результате определена средняя величина  $g$ -фактора, т.е. отношение магнитного момента к спину, которая оказалась равной  $0,3 \pm 0,2$ , что близко к теоретически ожидаемой величине  $0,4^{1/5}$ . Результаты показаны на рис. 4. Обращает на себя внимание то, что величина  $g$ , как правило, положительная, т.е. такая же, как для самого протона или для магнитного момента, определяемого его орбитальным движением. Связан ли магнитный момент со спином, пока сказать трудно, но похоже, что при увеличении спина в среднем магнитный момент возрастает. Я думаю, что эти итоговые результаты окажутся существенными при дальнейшем теоретическом обсуждении.

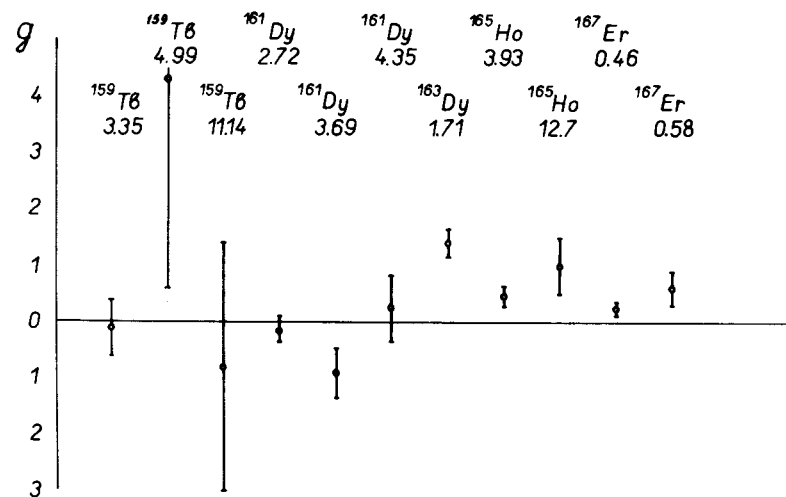


Рис. 4. Значения  $g$ -факторов нейтронных резонансов редкоземельных ядер, исследованных в ЛНФ.

Успешно развивались исследования гамма-распада нейтронных резонансов. Вопрос, который давно уже волнует физиков, состоит в том, существуют ли корреляции между различными видами распада резонансов. В первую очередь интересно узнать, связан ли нейтронный канал с каналом испускания гамма-лучей. Ряд соображений по этому вопросу в последние годы высказал В.Г.Соловьев <sup>/6/</sup>. На рис. 5 даны результаты таких поисков (работа Гонзатко, Бечваржа, Тележникова и др. <sup>/7/</sup>). Показан спектр мягких гамма-лучей, получающийся при захвате нейтронов ядром иттербия-173. Верхний спектр соответствует резонансу, имеющему наибольшую нейтронную ширину. Ниже идут спектры гамма-лучей из резонансов, расположенных в порядке убывания их нейтронной ширины. Видно, что в самом верхнем спектре, имеющем наибольшую нейтронную ширину, по крайней мере, некоторые из гамма-линий тоже усилены. Однако существует ли корреляция этих ширин, однозначно сказать нельзя, хотя статистический анализ показывает, что очень вероятно.

Помимо спектров из отдельных резонансов интересно изучать усредненные спектры, получающиеся в результате переходов из многих резонансов. В частности, таким способом можно обнаружить первичные переходы из образующегося компаунд-ядра в какое-либо промежуточное состояние. Очевидно, энергия таких переходов будет тем больше, чем больше энергия падающей частицы. Лет 10 назад я предлагал для обнаружения таких переходов использовать изменение энергии гамма-квантов при изменении энергии нейтронов, но это не было реализовано. Кое-что в этом направлении позже сделал в США Боллингер. Гораздо проще реализовать такой метод не для нейтронов, а для протонов. Это было сделано в работе Шифлинских и Пиотровски <sup>/8/</sup> на ЭГ-5. Наблюдались спектры гамма-лучей, возникающих при захвате протонов ядром иттрия. Эксперимент производился при разных энергиях протонов. Если из энергии каждой наблюдаемой линии вычесть энергию протона и затем наложить спектры друг на друга, то совпадут те линии, которые обязаны своим происхож-

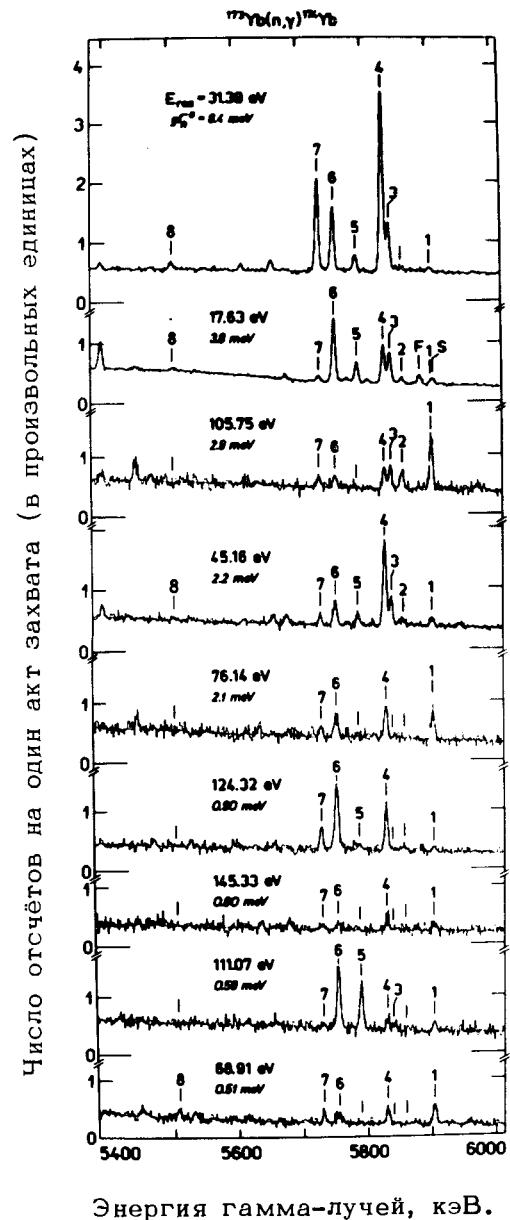


Рис.5. Спектры гамма-лучей в резонансах иттербия-173.

дением первичному переходу из компаунд-ядра прямо в промежуточное состояние. Вторичные переходы между промежуточными уровнями не зависят от энергии протона и при таком усреднении размажутся. Результат выделения первичных переходов для ядра иттрия показан на рис. 6.

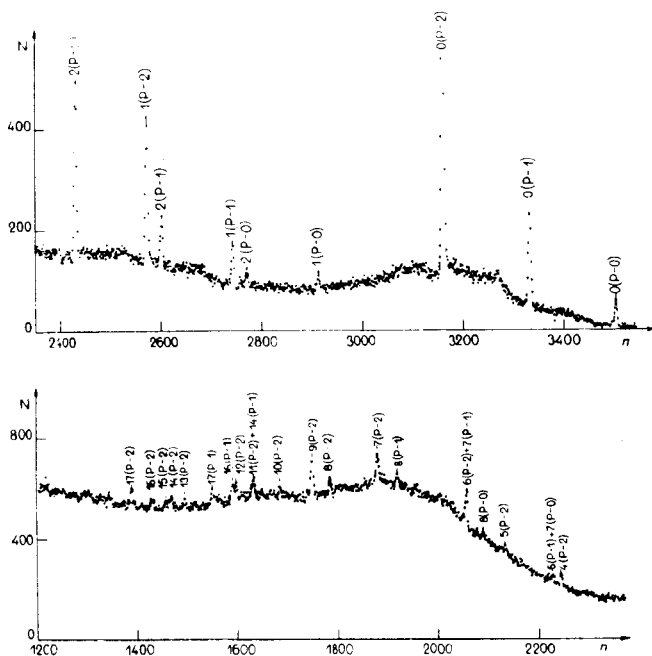


Рис. 6. Спектры гамма-лучей при захвате протонов ядром иттрия.

Традиционными для лаборатории являются исследования альфа-распада нейтронных резонансов. Сейчас накоплен и осмыслен большой статистический материал. До настоящего времени, однако, изучались только резонансы, возбуждаемые s-нейтронами. На рис. 7 показан случай  $\alpha$ -распада, когда возбуждается p-вол-

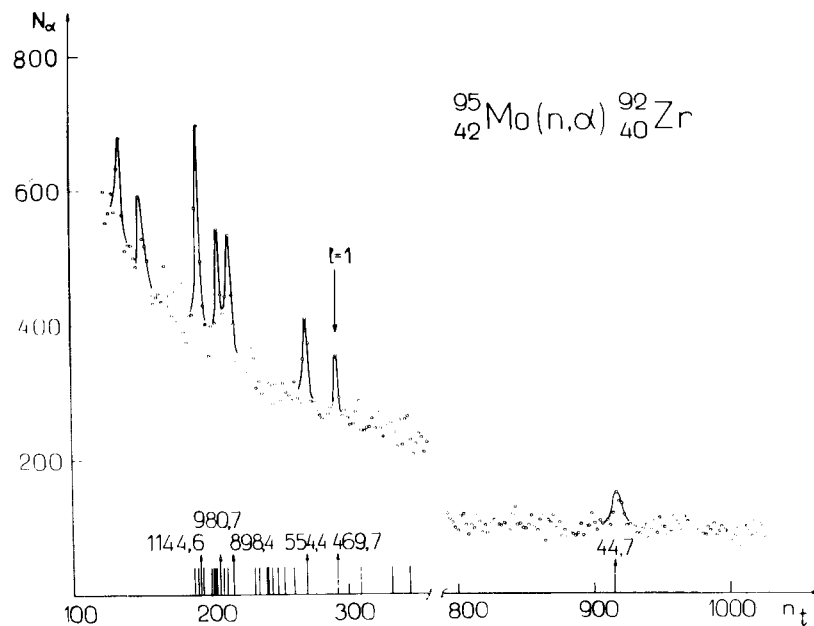


Рис. 7. Резонансы в  $(n, \alpha)$ -реакции на молибдене-95.

новой резонанс ядра молибдена. Вообще нейтронной спектроскопии пока не очень много известно о возбуждении резонансов p-нейтронами. При малых энергиях нейтронов ширина таких резонансов мала, а при больших энергиях - как правило, недостаточна разрешающая способность спектрометра. Поэтому нам представляется очень интересной работа, выполненная в прошлом году Самосватом и Николенко /9/ по изучению p-резонансов ядра иттрия при энергии в несколько кэВ.

Отличить p-волновой резонанс от s-волнового можно по особенностям резонансного рассеяния нейтронов. Для s-волновых оно изотропно, а для p-волновых - анизотропно. Оказывается, что наблюдение анизотропии позволяет выяснить и то, какой канал



приводит к образованию данного резонанса. Так, например, если спин резонанса отличается от исходного на  $1/2$ , то реакция может идти двумя путями. В одном из них нейтрон захватывается так, что проекция орбитального момента  $\ell$  равна нулю, а проекция спина нейтрона равна  $+1/2$ . Второй возможный случай – когда захватывается нейтрон с проекцией  $\ell$ , равной 1, и проекцией спина нейтрона, равной  $-1/2$ .

На рис. 8 показаны спектры нейтронов, рассеянных под углами  $90^\circ$  и  $130^\circ$  ядром иттрия. Кривые смещены одна относительно другой. Те резонансы, которые точно повторяются на обеих кривых, означают, что имеет место изотропия рассеяния; это  $s$ -резонансы, они отмечены светлыми стрелками. Там, где черные стрелки –  $p$ -резонансы. Под разными углами они проявляются

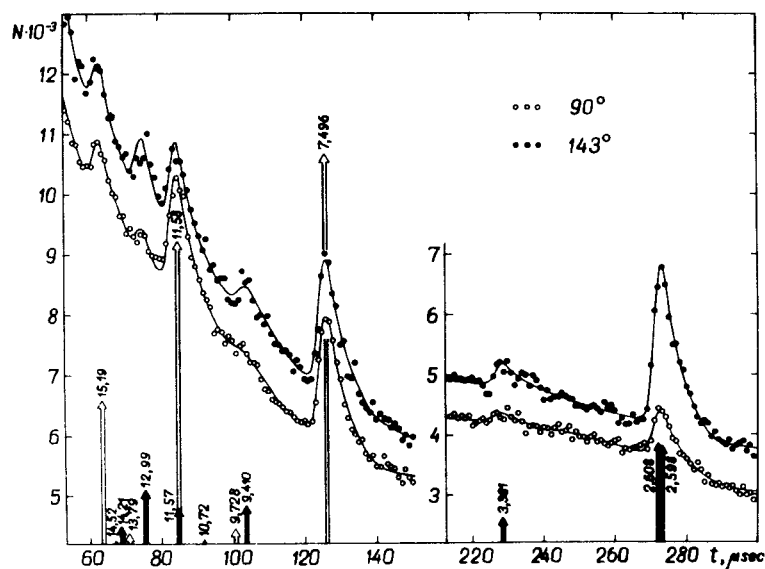


Рис. 8. Резонансы в рассеянии нейтронов на иттрии.

неодинаково. Исследование углового распределения позволило авторам сделать вывод о канале реакции. На рис. 9 показан общий вид установки для этой работы.

Исследования ультрахолодных нейтронов ведутся сейчас широким фронтом в ряде ядерных центров: Дубне, Москве, Алма-Ате, Димитровграде, Софии. Готовится к этой работе и Гренобль. Основной вопрос, волнующий физиков, – это выяснение аномалии в длительности хранения ультрахолодных нейтронов, обнаруженной уже почти в первых экспериментах с ними. Ультрахолодные нейтроны исчезают быстрее, чем должны были бы по теории. Мало кто сомневается, что аномалия связана с каким-то еще не учтенным видом неупругого рассеяния, характерным либо только для ультрахолодных нейтронов, либо существенно связанным с поверхностным слоем вещества, в котором происходит их отражение. Так, например, я обсуждал вопрос о нагреве ультрахолодных нейтронов упругими тепловыми волнами, бегущими по поверхности твердого вещества  $10^7$ . Теория их для случая отражения света была разработана в начале века Релеем и Мандельштамом. Такие волны могут быть существенны только для ультрахолодных нейтронов, т.к. для них велик коэффициент отражения.

По-видимому, эта аномалия в самом деле не есть обычное неупругое рассеяние. Так, например, время хранения ультрахолодных нейтронов измерялось в стеклянном сосуде при температурах от  $-100$  до  $+300^\circ\text{C}$ . Заметного влияния температуры на время хранения не было обнаружено. Между тем обычное неупругое рассеяние должно сильно меняться. Проблема пока не решена, но направление поисков значительно сузилось. Не исключено, что в данном случае существенны неупругие процессы с очень малой передачей энергии. Напомню, что ультрахолодные нейтроны имеют энергию всего  $10^{-7}$  эВ, которой соответствует температура  $10^{-7}$  К. Если при неупругом рассеянии возможна передача энергии в миллионные доли электронвольта, а тем

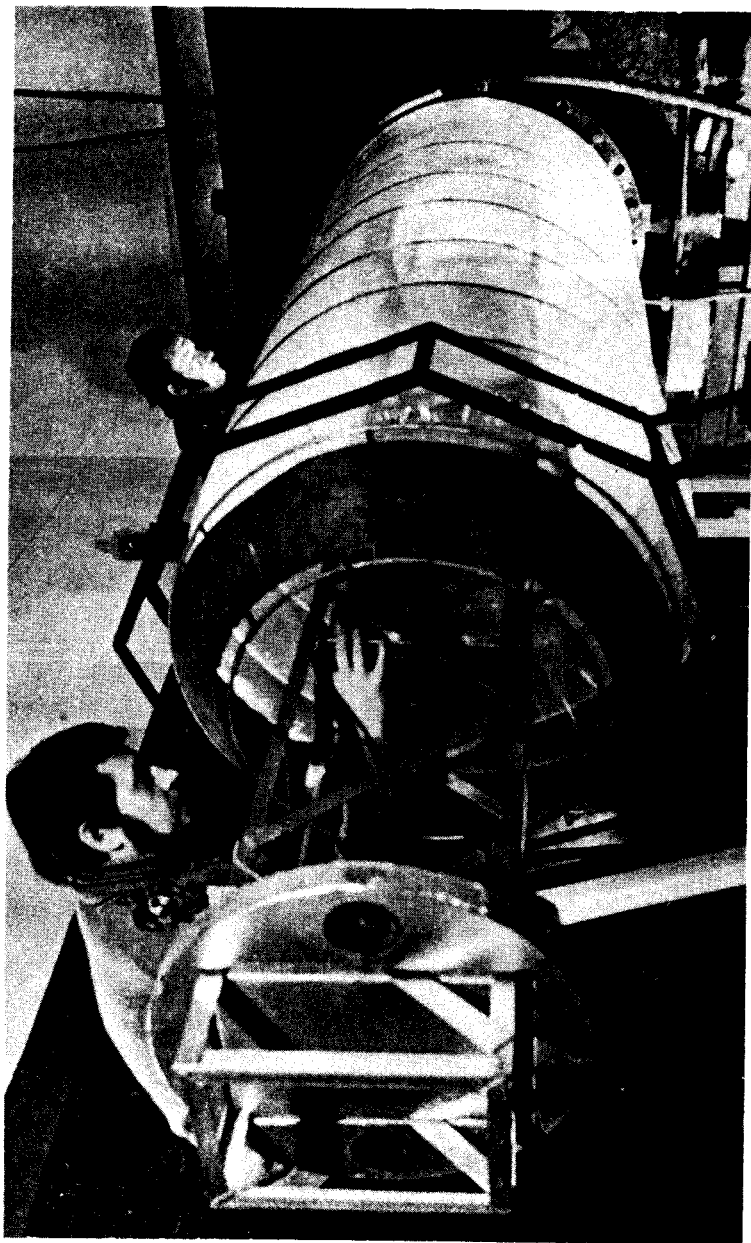


Рис.9. Установка для изучения р-волнового рассеяния нейтронов.

более - еще меньшие, то это заметным образом не изменит энергию даже очень холодных нейтронов, но для ультрахолодных нейтронов изменение будет существенным. Сейчас идут и теоретические и экспериментальные поиски решения проблемы.

Для иллюстрации приведу результаты одной из работ. Изучалось распространение ультрахолодных нейтронов по зеркальному цилиндрическому нейтронному волноводу различной длины. На конце нейтронного волновода измерялись интенсивность и угловое распределение нейтронов (рис. 10). Интенсивность заметно падала, а в угловом распределении появлялась направленность вперед при увеличении длины трубы. Это может быть объяснено довольно естественным образом тем, что отражение нейтронов в действительности не является идеально зеркальным, что приводит к градиенту плотности нейтронов вдоль нейтронного волновода. Видимо, из этих экспериментов может быть определен вклад незеркальных отражений <sup>/11/</sup>.

Помимо текущих экспериментов с ультрахолодными нейтронами ведется подготовка экспериментов на ре-

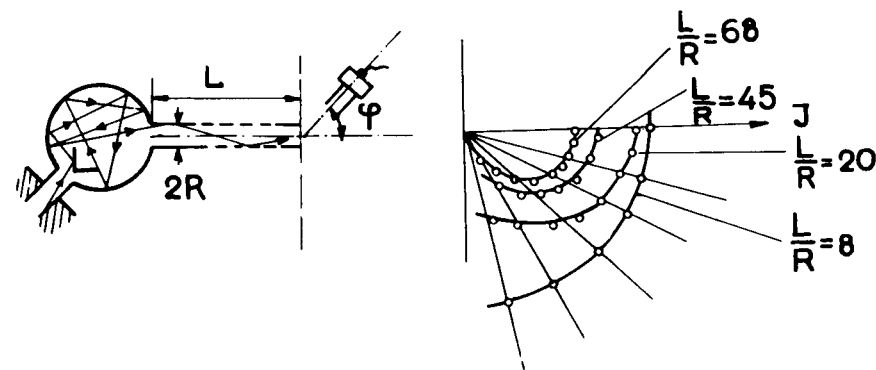


Рис.10. Угловые распределения нейтронов на выходе цилиндрических нейтронных волноводов.

акторе ИБР-2. На рис. 11 показана часть создаваемой установки для измерения дипольного электрического момента нейтрона. Это так называемая установка "Тристом". Задача ее создания сложна, тем не менее, она успешно решается уже несколько лет <sup>/12/</sup>. На снимке - автор работы Ю.В.Таран.

Как уже сообщалось, в лаборатории создан спектрометр малоуглового рассеяния нейтронов для исследований по молекулярной биологии. В 1975 году он был усовершенствован, и авторы работы Останевич, Чер и др. <sup>/13/</sup> убедительно продемонстрировали эффективность такого спектрометра в сочетании с методом времени пролета. В конце прошлого года началась нормальная эксплуатация этого спектрометра. Схема его видна на рис. 12. Узкий пучок нейтронов выделяется двумя коллиматорами 2 и 3, расположенными на расстоянии 8 и 29 м от реактора. За вторым коллиматором помещается изучаемый образец 4, температуру которого можно менять от  $-5$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ . Рассеянные нейтроны регистрируются детекторами 5, расположенными на расстоянии примерно 13 м за образцом. Детекторы (рис. 13) - это набор счётчиков, позволяющих измерять рассеяние сразу для 7 углов от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $16 \cdot 10^{-3}$  рад. На рис. 14 показана регистрируемая каждым из счётчиков зависимость счёта нейтронов от времени пролета. Образцом служила взвесь в тяжелой воде 50S субчастицы рибосомы. Сопоставляя данные разных счётчиков в каждый из моментов времени, можно определить угловое распределение, а из него - так называемый радиус инерции исследуемого молекулярного комплекса. Так как результаты получаются сразу для различных моментов времени, то число точек равно числу временных каналов. Это позволяет получать очень точные данные. Насколько хорошо ложатся эти точки в узкую полосу для величины радиуса инерции, показано на рис. 15.

Результаты получены для объекта, являющегося сейчас предметом пристального изучения в разных центрах, причём все они противоречивы. Будем надеяться, что работа нашего Института в содружестве

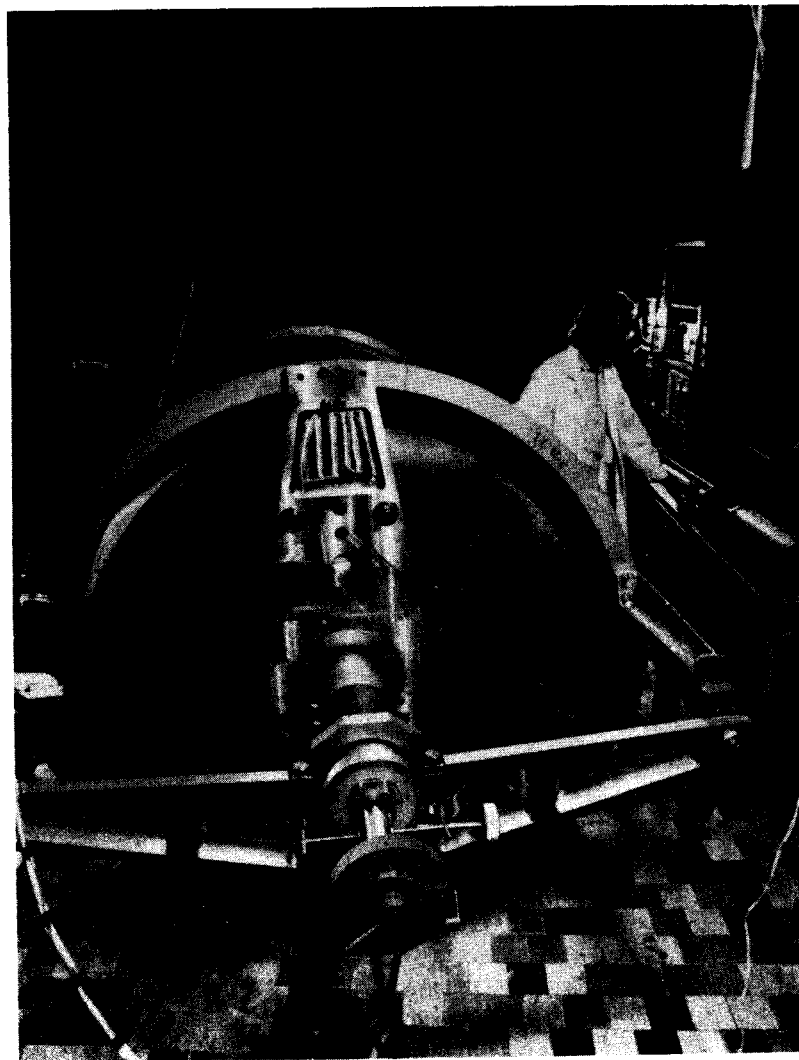


Рис. 11. Установка для измерения электрического дипольного момента нейтрона.

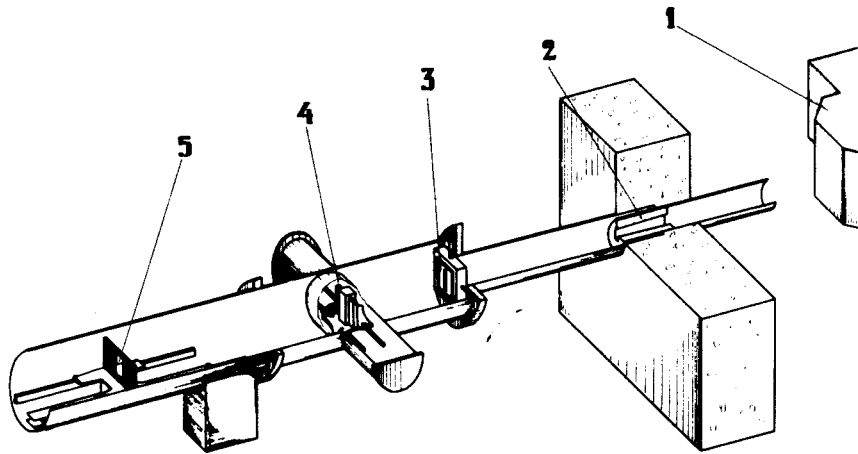


Рис. 12. Схема спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов для исследований по молекулярной биологии.

с Институтом белка Академии наук СССР приведет к ясности в этой проблеме. Статистическая точность результатов в методе времени пролета оказывается в самом деле лучше, чем на аналогичном спектрометре, работающем на стационарных реакторах. Естественно, что гораздо удобнее работать таким методом на импульсном реакторе, а не прерывать пучок на стационарном реакторе. Я хотел бы отметить, что работа по малоугловому рассеянию — это не решение какой-то частной задачи, а научное направление, на которое мы возлагаем надежды в дальнейшем его развитии. Разумеется, оно требует тесного сотрудничества с биологами. Пока такое сотрудничество развивается успешно.

Другая специальность спектрометра состоит в нейтроно-структурных исследованиях методом дифракции под малыми углами. Это позволяет видеть структуру,

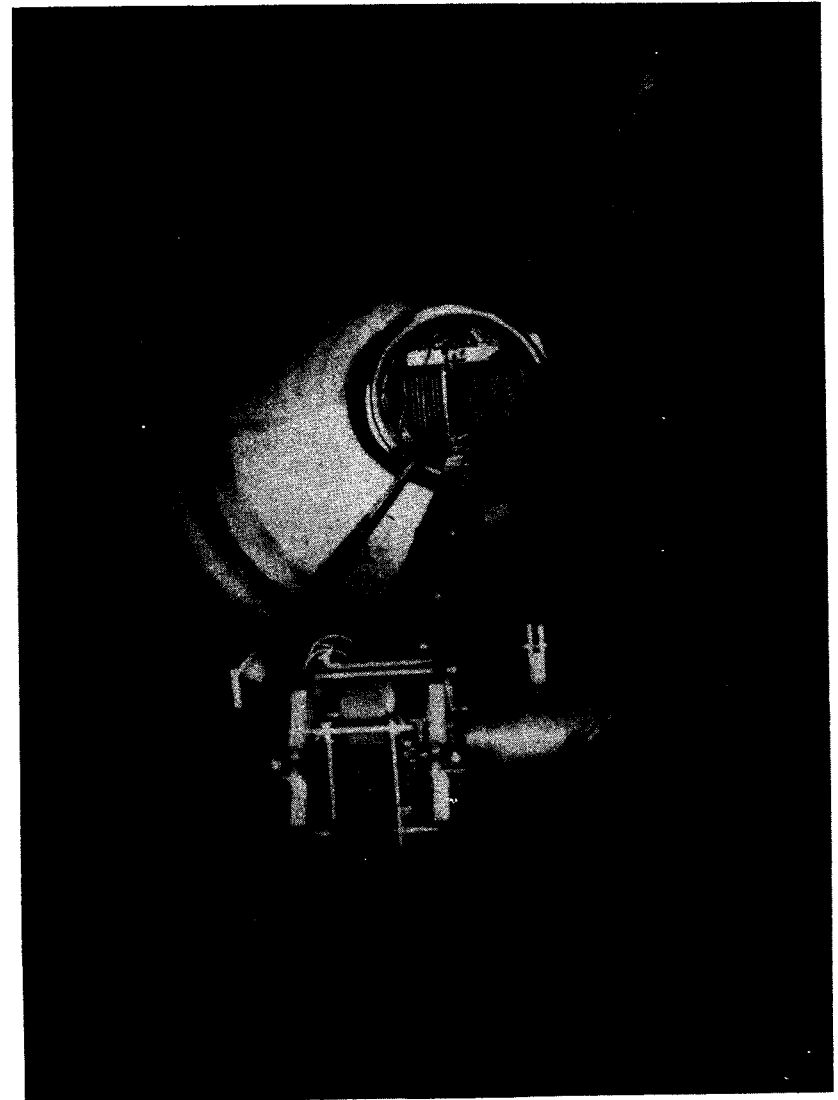


Рис. 13. Детекторы в спектрометре малоуглового рассеяния нейтронов.

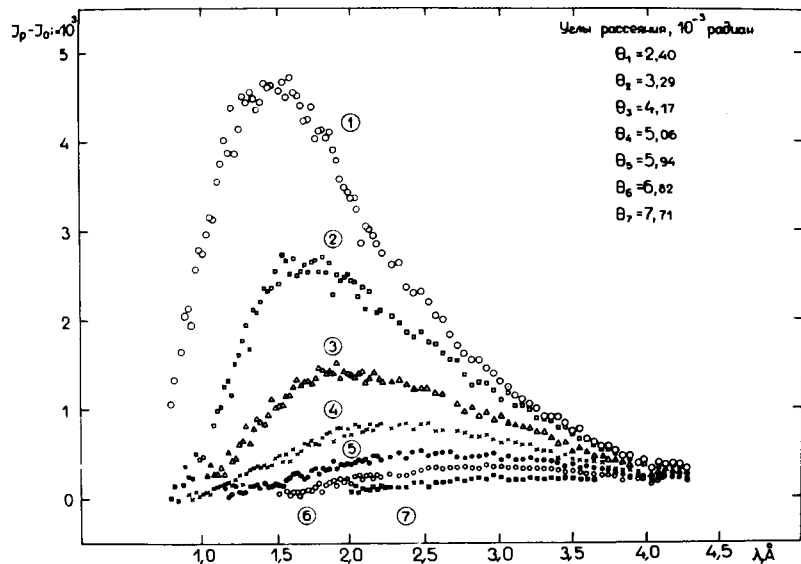


Рис. 14. Спектры малоуглового рассеяния нейтронов для 50S субчастицы рибосомы.

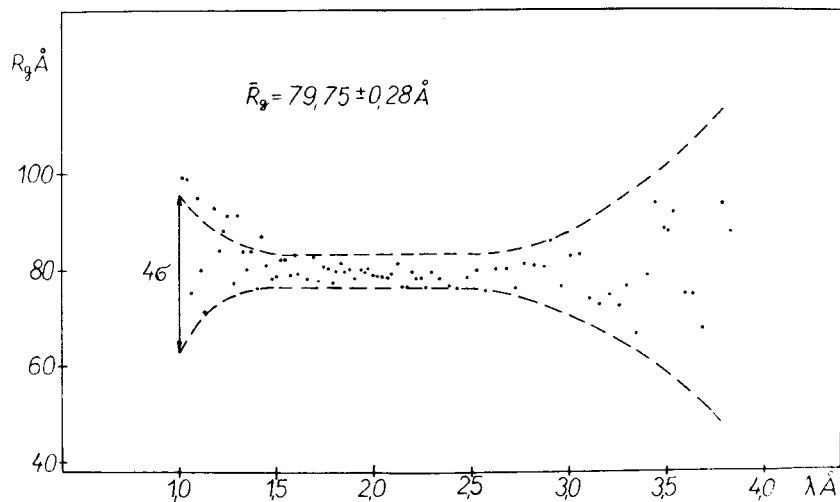


Рис. 15. Результаты для радиуса инерции 50S субчастицы рибосомы.

имеющую периодичность в сотни ангстрем, используя нейтроны с длиной волны всего в несколько ангстрем. Такая возможность продемонстрирована на исследовании структуры коллагена. На рис. 16 видны дифракционные максимумы. Они отчетливо проявляются, хотя период решетки равен 630 А. Здесь также возможно развитие нового направления работ, существенных для биологии, и оно намечено.

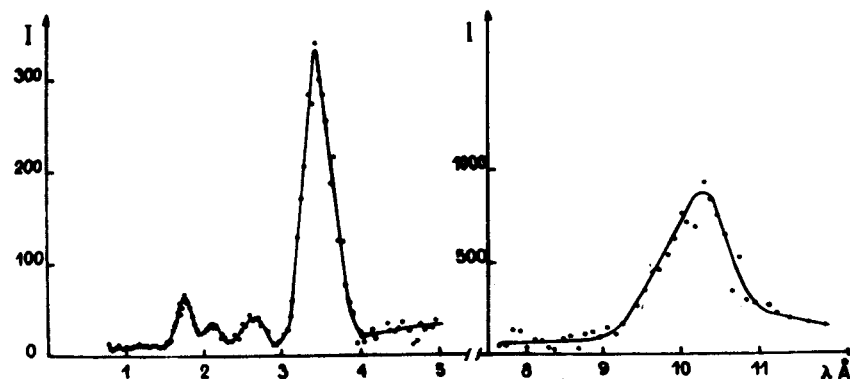


Рис. 16. Нейтронограмма коллагена.

Переходя к результатам методических достижений, хочу отметить разработку так называемого корреляционного спектрометра, которую ведут Кроо, Чер и др.<sup>14/</sup>. Обычный метод измерения неупругого рассеяния нейтронов требует их монохроматизации, чтобы можно было определить, какое изменение энергии произошло при рассеянии. При этом производительность метода, конечно, сильно снижается. Корреляционный спектрометр позволяет избежать этой трудности, используя сразу весь спектр нейтронов и теряя из него не более, чем половину всех нейтронов. Не входя в рассмотрение теории этого спектрометра, скажу, что на падающий нейтрон каждой энергии ста-

вится как бы своеобразная метка, так что затем его можно обнаружить после рассеяния. Сейчас уже можно сказать, что метод полностью себя оправдывает. Для наглядности приведу несколько иллюстраций. На рис.17 показан ротор, пропускание нейтронов через который и определяет метку, о которой я говорил. На следующей иллюстрации показана схема спектрометра (рис.18). И, наконец, на последней приведена дисперсионная кривая рассеяния нейтронов в алюминии (рис. 19). Из результатов исследований видно, что метод действительно позволяет, причём с неплохой точностью, определять сразу большое число точек на дисперсионных кривых.

Важная составная часть оборудования современных реакторов - это зеркальные нейтроноводы, использующие полное внутреннее отражение, с помощью которых коллимированный пучок холодных нейтронов может быть доведен от реактора до детектора почти без потерь. В странах - участницах ОИЯИ такие зеркальные нейтроноводы, насколько нам известно, пока не применяются. Полагаю, что в дальнейшем потребуется оснащение ими исследовательских реакторов. Для реактора ИБР-2 они совершенно необходимы. В связи с этим под руководством В.М.Назарова была разработана методика изготовления таких нейтроноводов. Наилучшим для них оказались нейтроноводы со стенками из специального сорта стекла, изготавливаемого в Чехословакии. На стекло распылением наносится никель. Первый такой нейтроновод изготовлен и испытан на пучке реактора ИБР-30. На рис. 20 показана секция нейтроновода длиной в полметра. Искривление стекла - это дефект фотографии. На следующем снимке дана установка для напыления никеля на стекло (рис. 21). Наконец, на последнем (рис. 22) - готовый нейтроновод на пучке в экспериментальном зале ИБР-30.

Успешно развивались работы по физике конденсированных сред. Два года тому назад сообщалось о наблюдении бозе-конденсата в гелии. В истекшем году работа была возобновлена. Авторы ее Парфенов и Козлов поставили перед собой задачу выяснить, как

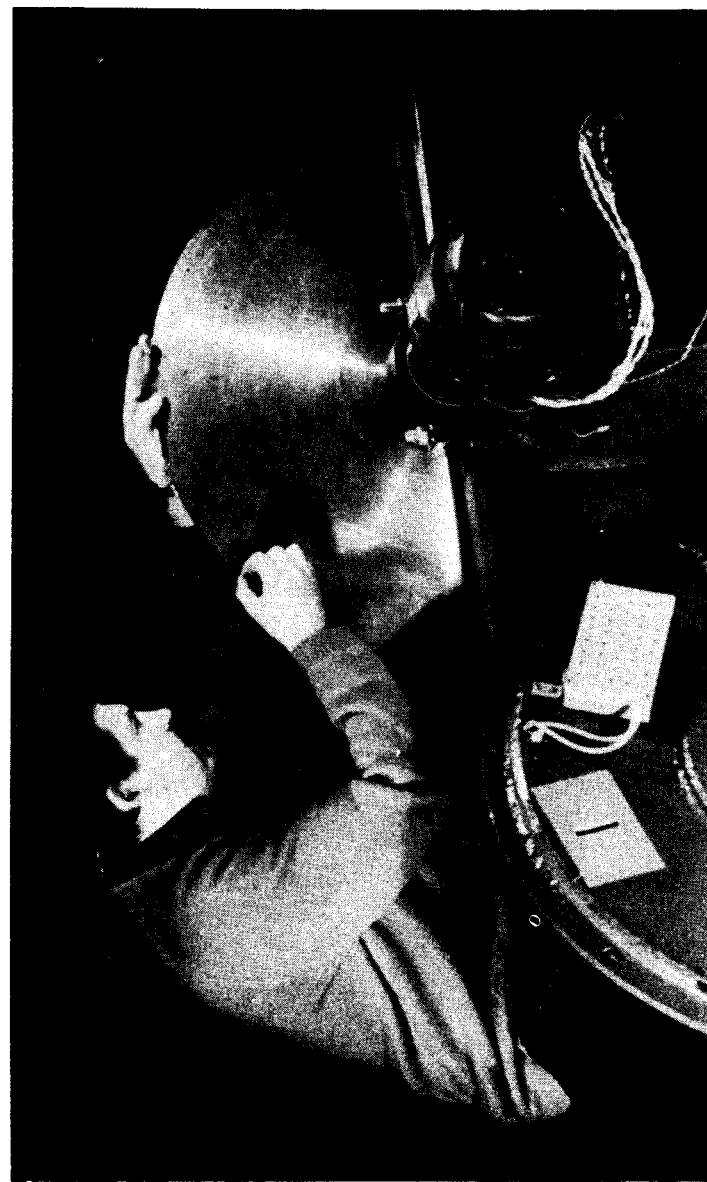


Рис. 17. Ротор модели корреляционного спектрометра.

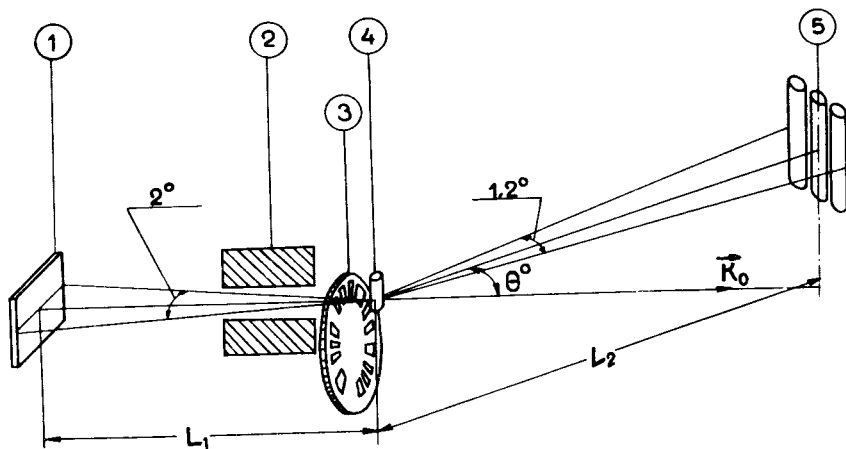


Рис. 18. Схема корреляционного спектрометра

ведет себя бозе-конденсат при изменении температуры гелия. В результате измерений прежний вывод о существовании бозе-конденсата полностью подтвержден. Что касается температурной зависимости, то она была обнаружена, но авторы предполагают измерить еще несколько точек и провести контрольный эксперимент. Поэтому пока преждевременно сообщать о результатах.

В группе профессора Яника продолжалось исследование на спектрометре обратной геометрии. Я. Майер и М. Судник-Хрынкевич изучали метан при температуре 4,9 К. Обнаружено новое возбуждение (рис. 23), соответствующее переходу из основного в третье ротационное состояние. Методом неупругого рассеяния изучались также антиферромагнитные сплавы с примесью бериллия (работа Фельдманна, Хеннига, Матца и др. авторов)<sup>15/</sup>.

Приятно отметить, что применение дифракции нейтронов с использованием метода времени пролета стало теперь обычным для многих исследований, выполняемых в Лаборатории. Была продолжена работа Нитца по исследованию гематита в сильных импульсных магнитных полях. Прежние его результаты, в которых обнаружена аномалия в поле 35 кэВ, подтвердились. Эксперименты

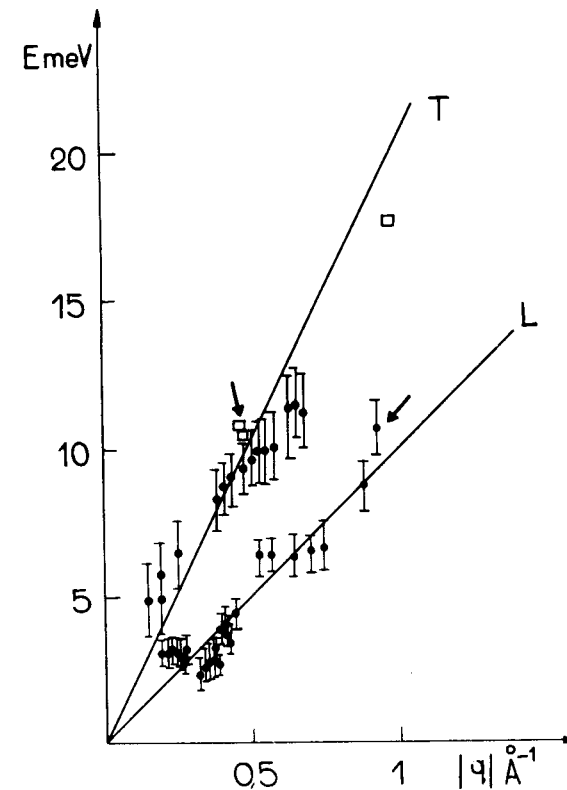


Рис. 19. Дисперсионные кривые фононов в монокристалле алюминия.

и их интерпретация еще не завершены. Исследована магнитная структура ортоферритов  $\text{PrFeO}_3$  и  $\text{NdFeO}_3$  — (Работа Хеннига, Липпольда, Матца и Кауна)<sup>16/</sup>. Пример одного из полученных результатов показан на рис. 24. Изучалось соотношение амплитуд дифракционных пиков при разных температурах, что позволяет делать выводы о структуре антиферромагнетика.

Значительное развитие получил метод управления экспериментом с помощью малых вычислительных машин. В лаборатории сейчас испытываются и использу-

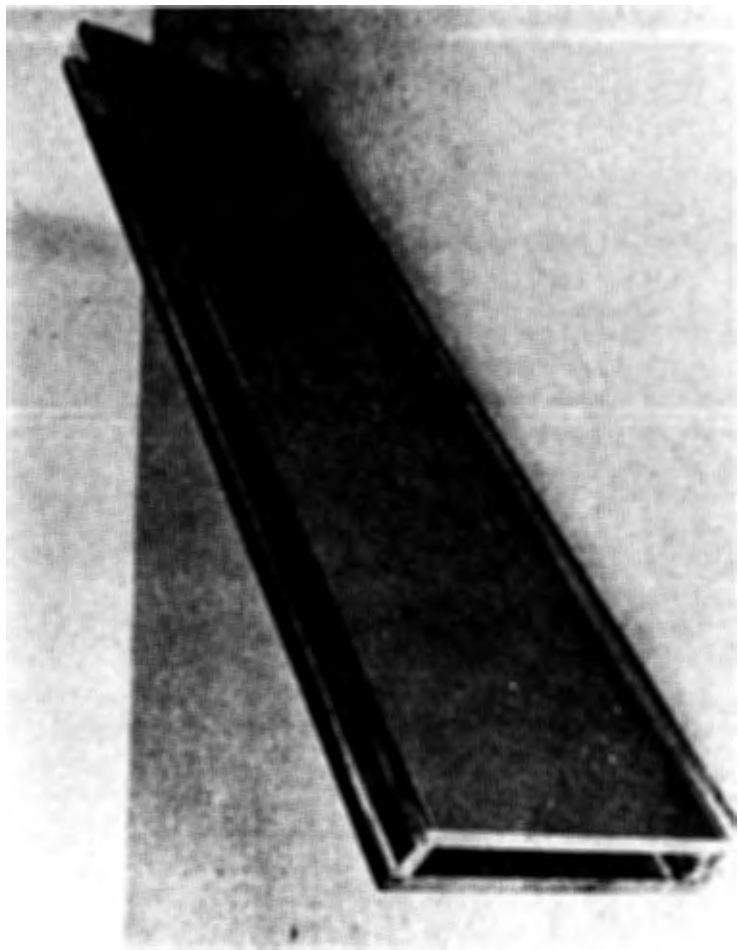


Рис. 20. Секция зеркального нейтроновода.

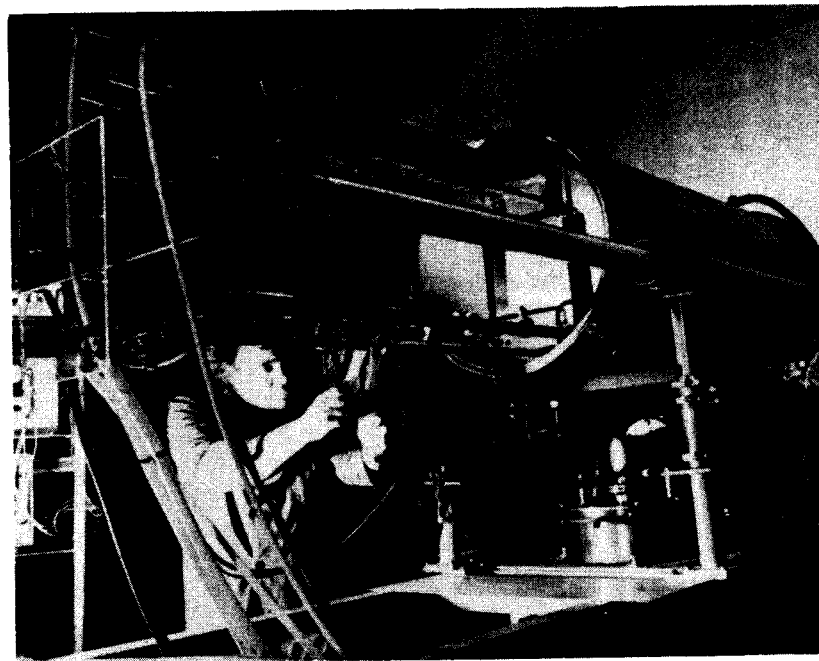


Рис. 21. Установка для напыления никеля на стекло.

ются ЭВМ разных типов: Электроника-100, М-400, ТРА, PDP (рис. 25)<sup>17</sup>. Однако нам остро не хватает центрального процессора, который смог бы "переваривать" информацию, подготавливаемую этими машинами. Вопрос о такой большой ЭВМ поднимается уже несколько лет, но пока еще не получил своего решения. Между тем работать на реакторе ИБР-2 без большой машины просто невозможно. Во время подготовки доклада к сессии Учёного совета ОИЯИ один из физиков лаборатории передал мне шуточный рисунок (рис. 26): ИБР изображен в виде динозавра с огромным туловищем и маленькой головкой, по объему мозгов совершенно не соответствующей туловищу. Чтобы ИБР-2 не постигла участь динозавра, в наш век технического прогресса ему необходимы и соответствующие электронные мозги.



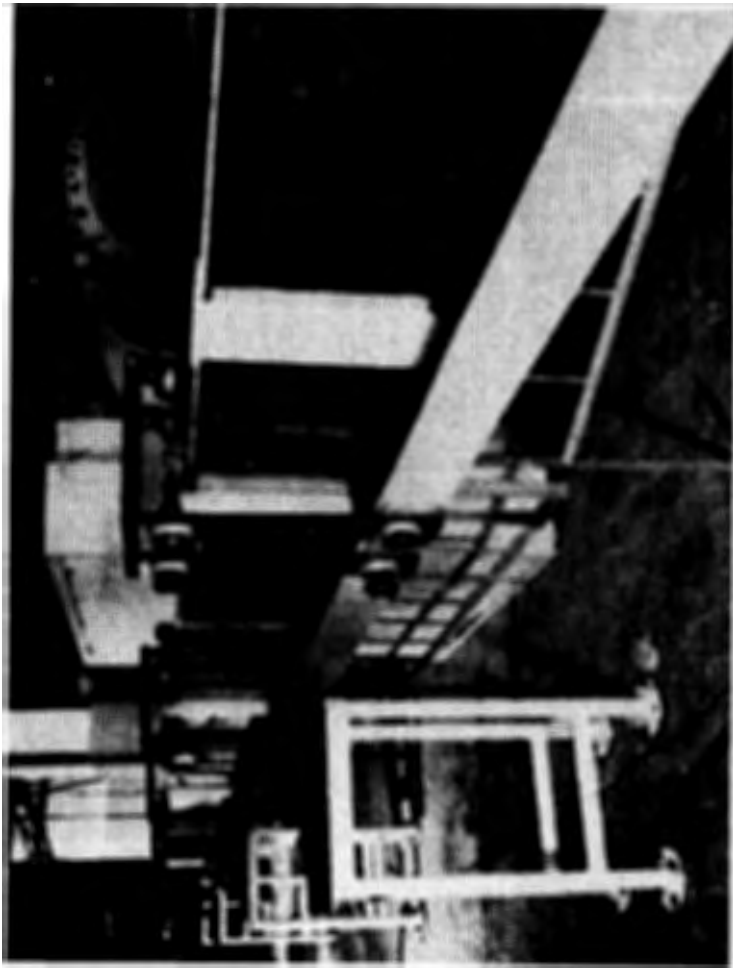


Рис. 22. Зеркальный нейтроновод в экспериментальном зале реактора ИБР-30.

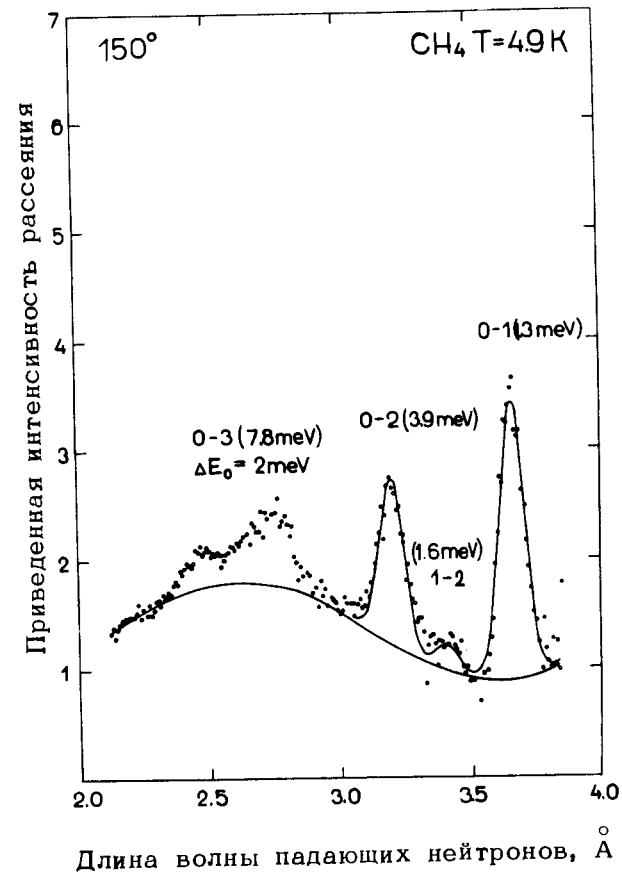


Рис. 23. Спектр неупругого рассеяния тепловых нейтронов на метане.

Мы надеемся, что с помощью дирекции ОИЯИ удастся решить эту задачу.

Последний вопрос, который необходимо рассмотреть, касается сооружения ИБР-2 с инжектором. В отличие от ИБР-2, сооружение ускорителя ЛИУ-30 идет пока недостаточно быстро, но и здесь есть ряд успехов.

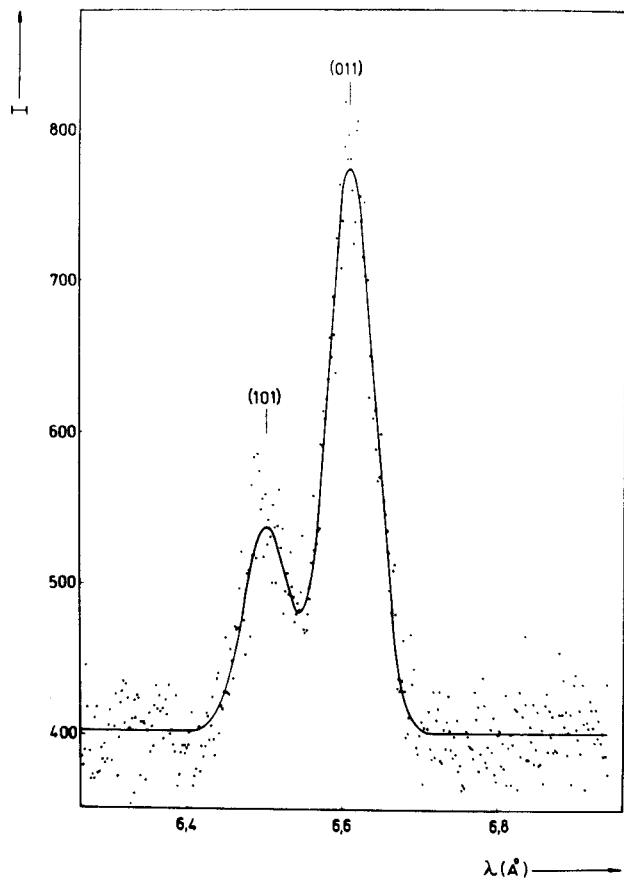


Рис. 24. Магнитные рефлексы в ортоферрите неодима.

В значительной мере решен вопрос об инжекторе электронов для такого ускорителя. Задача очень не простая, т.к. инжектор рассчитан на ток около 250 А. На рис.27 показана сборка экспериментального образца электронной пушки ускорителя. К настоящему времени преодолены основные трудности по размещению заказов на ускоритель. Что касается самого ИБР-2, то в 1975 году работа по его сооружению шла высокими темпами.

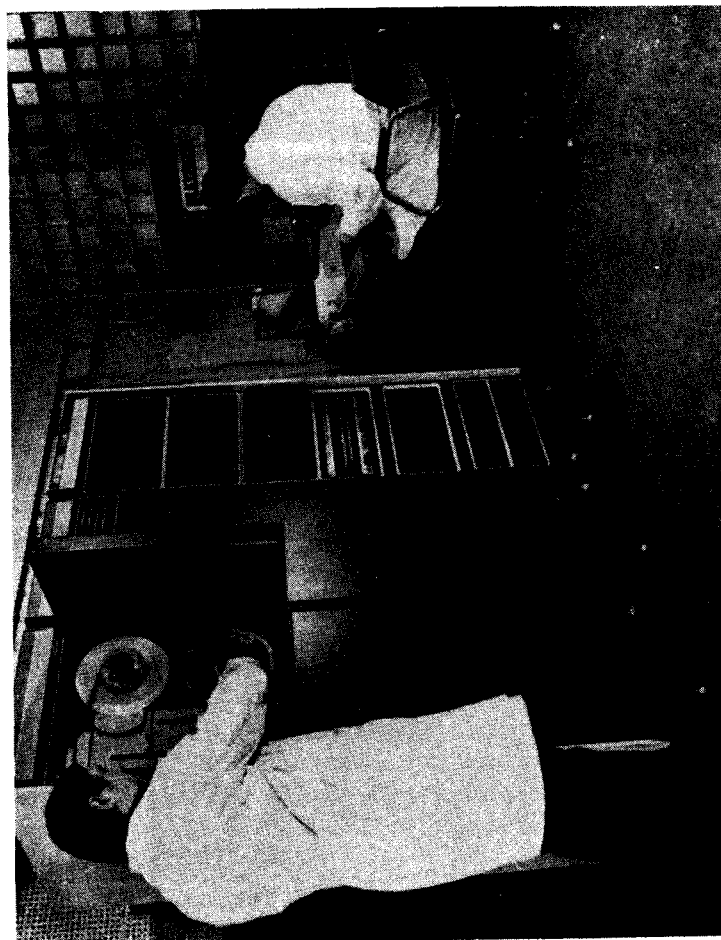


Рис. 25. Малая вычислительная машина PDP-11 в измерительном центре ЛНФ.



Рис. 26. Шутка: будущее ИБР-2 без центрального процессора в измерительном центре.

Основные строительные работы закончены, и здание ИБР-2 уже имеет тот внешний вид, который должен быть после завершения строительства. На первом плане (рис. 28) видно здание управления и технических служб реактора, оно не только закончено, но уже полностью эксплуатируется. За ним видно здание самого реактора. На рис. 29 показан комплекс ИБР-2 со стороны здания инжектора ЛИУ-30. Отделочные работы внутри здания реактора, в т.ч. и в экспериментальных залах, еще не вполне закончены. Однако сдано центральное помещение - реакторный зал ИБР-2. (рис. 30 - фотография, сделанная в середине декабря 1975 года, когда не все работы были еще там закончены). На первом плане видна существенная часть будущего ре-



Рис. 27. Сборка электронной пушки ускорителя ЛИУ-30.

актора - подвижный отражатель, с помощью которого будет модулироваться реактивность установки. Он уже полностью собран и проходит испытания. Это первый узел реактора, который вступил в стадию испытаний. На рис. 31 показано то место реакторного зала, где будет смонтирована активная часть реактора (снимок сделан в январе 1976 года). В дальнейшем нам предстоит приступить к началу пусковых работ. Трудностей при этом возникает очень много, и преодолевать их приходится по ходу действия. Это удастся благодаря постоянной и очень оперативной помощи Институту со стороны Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР. Сооружение ИБР-2 вступает в 1976 году в свою завершающую стадию.



Рис. 28. Здание ИБР-2 в конце 1975 года.



Рис. 29. Комплекс зданий ИБР-2 со стороны помещения для ЛИУ-30.

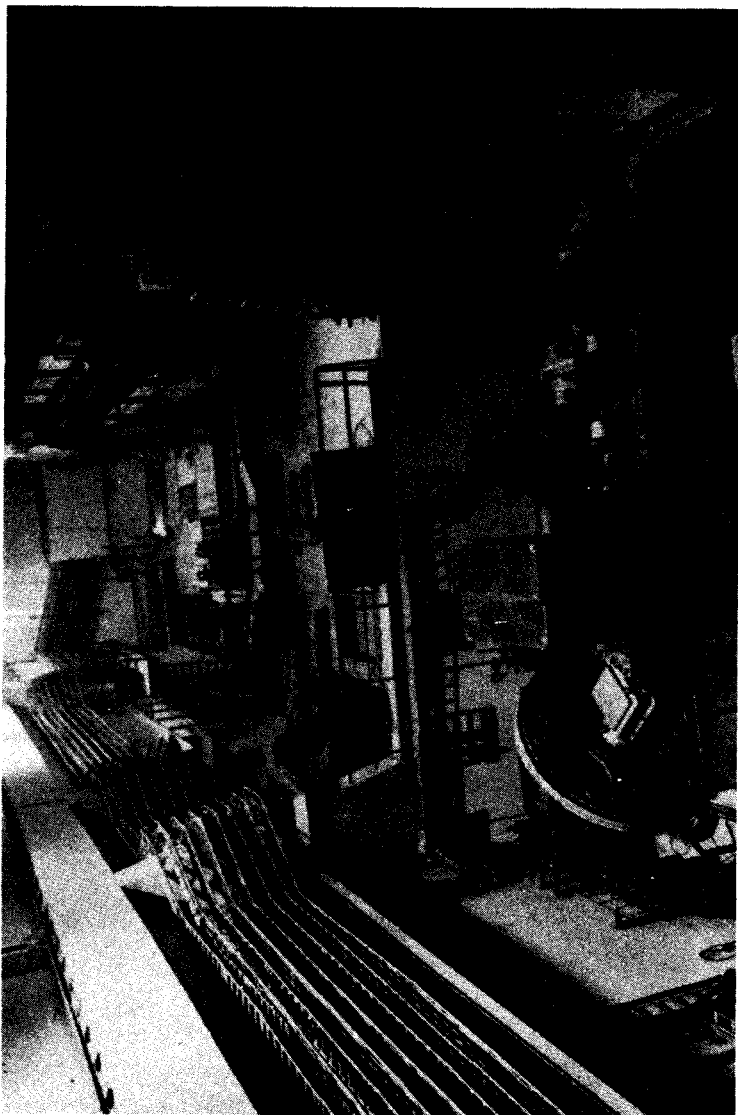


Рис. 30. Вид реакторного зала ИБР-2 в 1975 году.



Рис. 31. Подготовка к монтажу корпуса активной зоны реактора ИБР-2.

Автор благодарен Э.И.Шарапову за ряд замечаний и помощь в подготовке рукописи к печати.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Алфименков и др. Сообщение ОИЯИ, 13-9396, Дубна, 1975.
2. В.П.Алфименков и др. Препринт ОИЯИ, РЗ-8599, Дубна, 1975.
3. В.П.Алфименков и др. Препринт ОИЯИ, РЗ-9852, Дубна, 1976.
4. В.П.Алфименков и др. Препринт ОИЯИ, РЗ-9497, Дубна, 1976.

5. Г.Г.Бунатян. Сообщение ОИЯИ, Р4-8889, Дубна, 1975.
6. В.Г.Соловьев. II Школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ-7991, Дубна, 1974.
7. Л.Алдеа, Ф.Бечварж, Я.Гонзатко и др. Препринт ОИЯИ, РЗ-10011, Дубна, 1976.
8. Е.Пиотровски, Г.Шефлинска, З.Шефлински. Сообщение ОИЯИ, Р15-9455, Дубна, 1976.
9. В.Г.Николенко, Г.С.Самосват. Препринт ОИЯИ, РЗ-8821, Дубна, 1975.
10. И.М.Франк. Сообщение ОИЯИ, Р4-8851, Дубна, 1975.
11. И.М.Франк. Сообщение ОИЯИ, РЗ-9846, Дубна, 1976. Ю.Ю.Косвинцев и др. Препринт НИИАР П-268, Димитровград, 1976.
12. Н.А.Алексеев, Б.И.Воронов и др. Сообщение ОИЯИ, Р13-9221, Дубна, 1975.
13. И.Гладких и др. Сообщение ОИЯИ, РЗ-8589, Дубна, 1975. Б.И.Воронов, и др. Сообщение ОИЯИ, 14-9451, Дубна, 1976.
14. И.Гладких, Н.Кроо и др. Сообщение ОИЯИ, 14-9486, Дубна, 1976.
15. К.Фельдман и др. Сообщение ОИЯИ, Е14-9206, Дубна, 1975.
16. Л.П.Каун и др. Препринт ОИЯИ, Р14-8726, Дубна, 1975.
17. К.Дади, Л.Дади, Г.П.Жуков и др. Сообщение ОИЯИ, 10-9060, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 августа 1976 года.