

## НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

### ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

В период с 1.10.91 по 1.10.92 ИБР-2 проработал 2666 часов (10 циклов) на физические эксперименты на 12 пучках нейтронов. Более детальная информация о ходе прошедшей кампании реактора дана в табл.1.

Кратковременные остановки реактора инициировались непредвиденными срабатываниями аварийной защиты, вызванными событиями, которые могут быть отнесены к уровню 0 по Международной шкале событий.

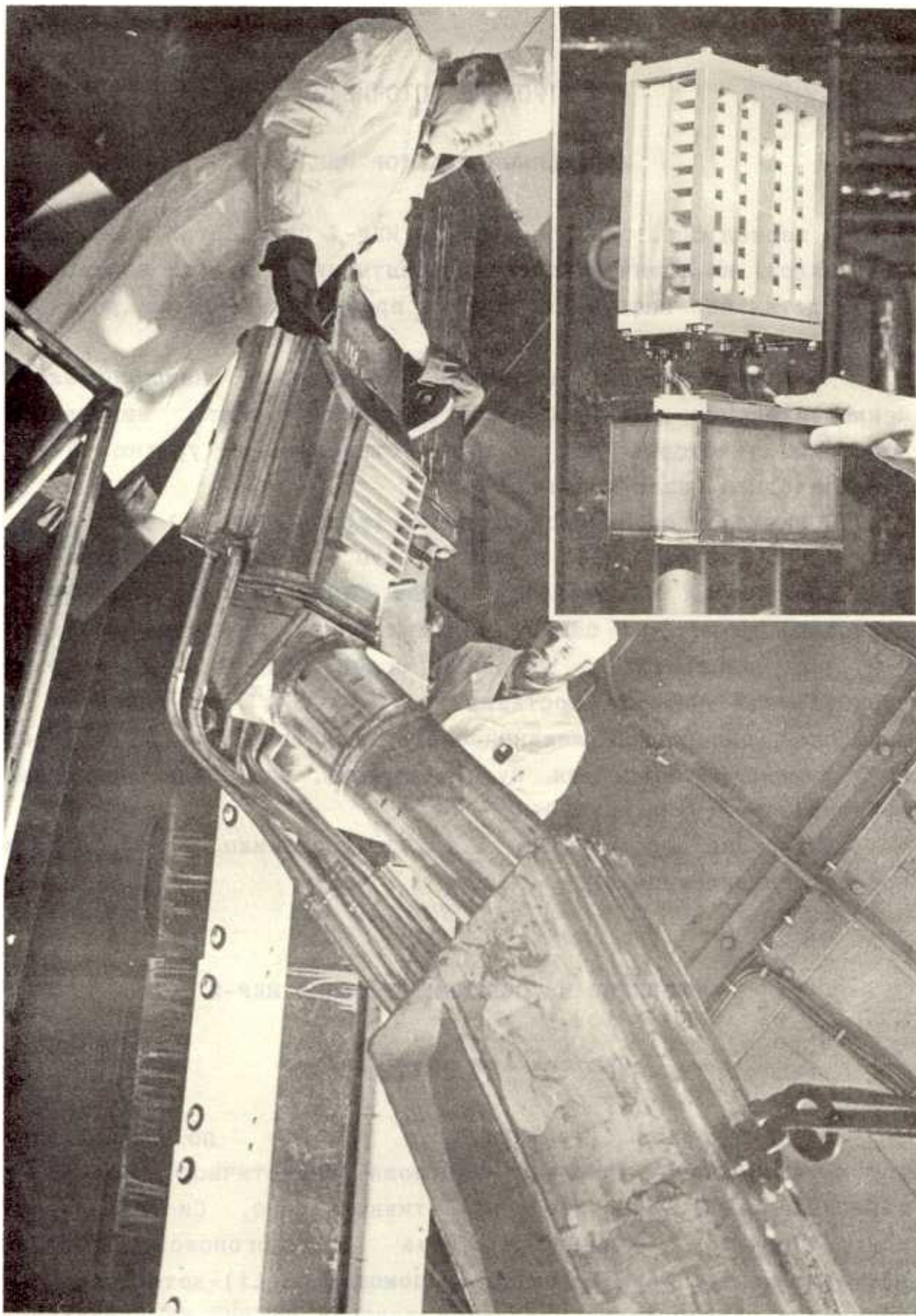
С начала энергетического пуска (конец 1980 г.) до 1.10.92 реактор проработал 23040 часов. К 1.10.92 подвижный отражатель ПО-2 проработал на мощности 2 МВт 13067 часов. Разрешенный ресурсный флюенс по центру лопасти ПО-2 составляет  $6,7 \cdot 10^{25}$  н/м<sup>2</sup> для нейтронов с энергией более 0,1 МэВ. К 1.10.92 наработанный флюенс составил  $4,71 \cdot 10^{25}$  н/м<sup>2</sup>. В связи с ожидаемой выработкой механического и радиационного ресурсов ПО-2 летом 1994 г. он будет заменен на новый подвижный (резервный) отражатель ПО-2Р.

Выгорание топлива на 1.10.92 составило 3,58% против проектного значения 5%.

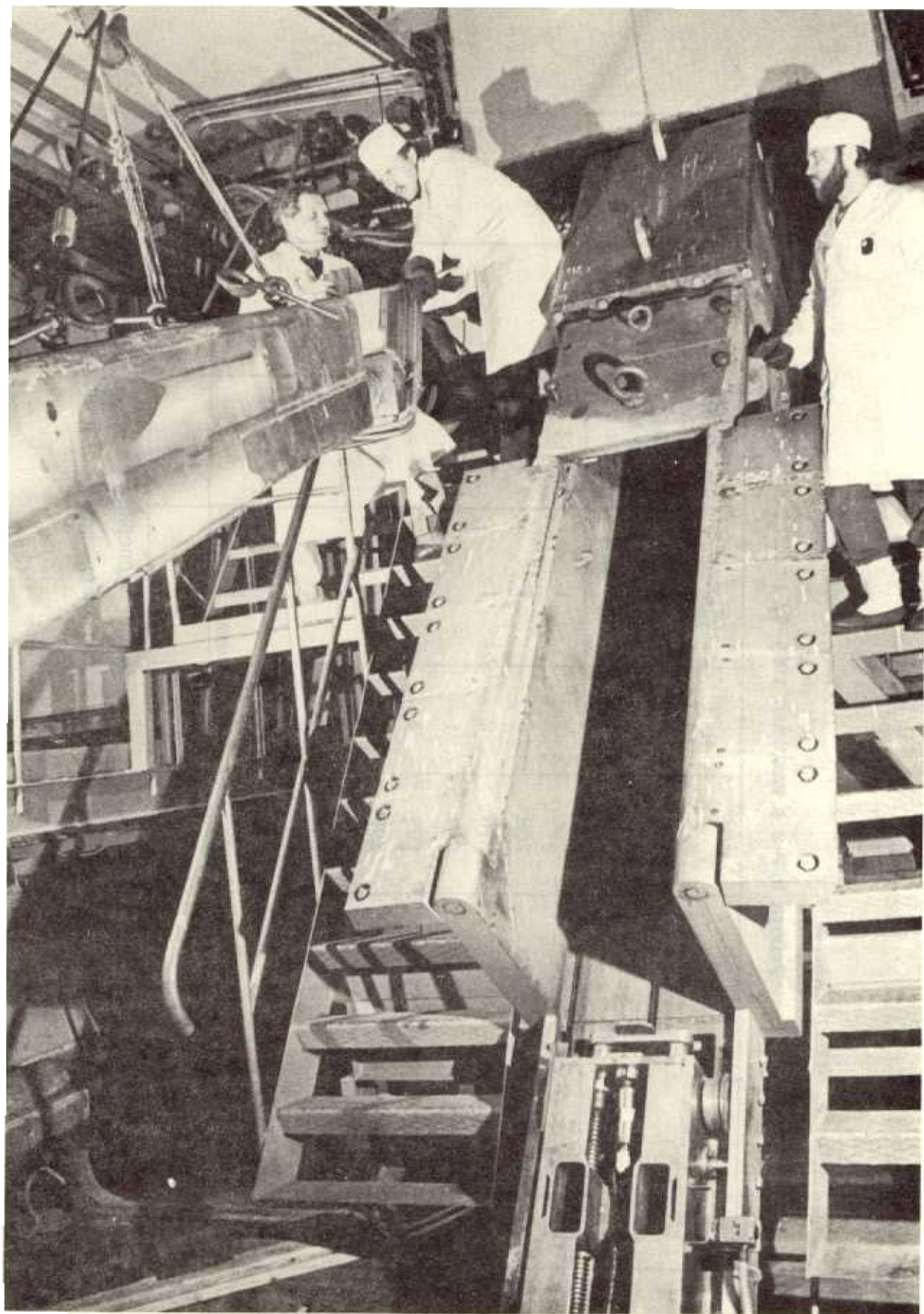
### РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИБР-2

#### Система контроля ТВЭЛ'ов

В основном завершены работы по созданию автоматизированной системы контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов в активной зоне. Система будет контролировать активность газа в аргонной полости расширительного бака I контура с помощью Ge(Li)-детектора. При появлении газообразных продуктов деления на пульте управления реактора автоматически будет появляться соответствующая информация



*Криогенный замедлитель из твердого метана реактора ИБР-2*



*Монтаж криогенного замедлителя в наклонном канале ИБР-2*

Таблица 1

## Работа ИБР-2 в кампании 1991-92 гг.

№ цикла	Время цикла	Т <sub>ф.э.</sub> , часы	Т <sub>п.о.</sub> , часы	N <sub>а.с.</sub>	Причины срабатывания аварийной защиты			
					посадки напряжения в сети	отказы оборудо- вания	наводки на аппа- ратуру	ошибки персо- нала
1	14.10.91-25.10.91	247	266	3	1	1	1	
2	11.11.91-22.11.91	250	268	3	1	2		
3	09.12.91-20.12.91	257	270	2	1	1		
4	06.01.92-17.01.92	263	269	1		1		
5	27.01.92-08.02.92	248	209	3	2	1		
6	17.02.92-29.02.92	265	299	2		2		
7	16.03.92-29.03.92	268	321	3	1	2		
8	13.04.92-25.04.92	265	277	2		2		
9	12.05.92-24.05.92	278	284	1		1		
10	08.06.92-24.06.92	325	408	7	3	4		
Итого:		2666	2871	27	9	17	1	

Примечание: Т<sub>ф.э.</sub> -длительность работы реактора на физический эксперимент; Т<sub>п.о.</sub> -длительность работы подвижного отражателя; N<sub>а.с.</sub> -количество аварийных сбросов мощности.

## **Автоматизированная система информации и управления (АСИУ) ИБР-2**

В отчетный период было продолжено создание АСИУ реактора. Подробная информация о системе дана в предыдущем годовом отчете за 1991 г. Напомним, что АСИУ состоит из трех подсистем: 1) технического контроля (Т); 2) контроля реактора и отражателя (R); 3) логической системы обработки и формирования сигналов управления и защиты (L). Состояние подсистем на 1.10.92 г. следующее: подсистема Т прошла рабочие испытания и готова к эксплуатации; подсистема R изготовлена и проходит рабочие испытания. Подсистема L разрабатывается. В целом график создания АСИУ не выполняется, задержка составляет около 8 месяцев. Основная причина - недостаток финансирования.

### **Подвижные отражатели**

Продолжалось изготовление нового (резервного) отражателя ПО-2Р (вариант стальных роторов). Сделано 14 сборочных единиц машины. Однако завершить ее изготовление в отчетном году не удалось из-за недостаточного финансирования в связи с резким подорожанием материалов и роста оплаты работ. Из-за отсутствия финансирования остановлена разработка нового отражателя ПО-2РМ (вариант никелевых роторов).

### **Криогенный замедлитель**

В отчетном году были завершены работы по изготовлению криогенного замедлителя (КЗ) на основе твердого метана. Подробное описание проекта дано в предыдущем годовом отчете за 1991 г. Замедлитель был установлен на штатном месте около активной зоны, отработаны транспортные операции по его установке и удалению от зоны, смонтированы и налажены системы контроля и диагностики. В октябре 1992 г. проведены комплексные технологические испытания КЗ с захолаживанием метана до 12 К. Была разработана программа испытаний КЗ при работе реактора на мощности, обоснована безопасность проведения этих испытаний при определенных ограничениях (не более 5 МВт·час).

30.10.92-5.11.92 осуществлен физический пуск КЗ при работе ИБР-2 на мощности до 1 МВт включительно. Были измерены теплофизические и нейтронно-физические характеристики КЗ.

Получены следующие результаты при 1 МВт: температура твердого метана 20 К; потребляемая мощность в замедлителе 490 Вт против 300 Вт на нулевой мощности; допустимый темп подъема мощности реактора не более 0,3 МВт/час; увеличение потока холодных нейтронов ( $\lambda > 4 \text{ \AA}$ ) в 4,2 - 5,2 раза по сравнению со штатным гребенчатым водяным замедлителем.

На рис.1 приведено изменение параметров замедлителя при захолаживании без мощности, при работе реактора на мощности и отогреве замедлителя. На рис.2 приведены экспериментальные спектры нейтронов от гребенчатого и криогенного замедлителей, а на рис.3 показан соответствующий фактор выигрыша от КЗ. В целом достигнуты проектные параметры замедлителя. После длительных испытаний на большей мощности КЗ предполагается ввести в эксплуатацию в первой половине 1993 г.

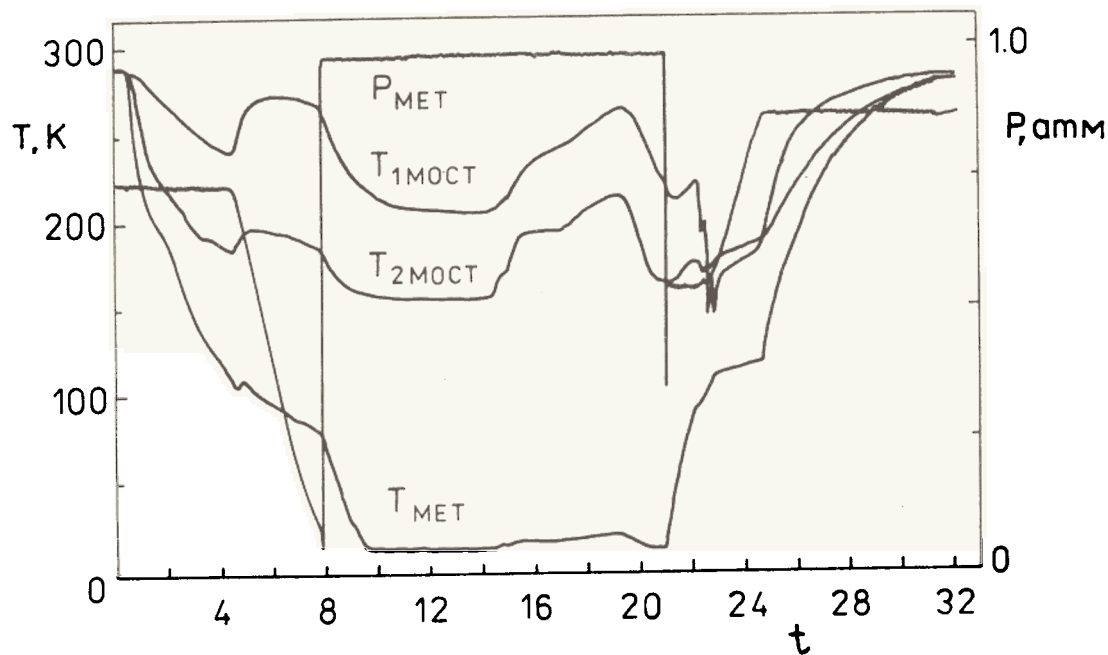


Рис. 1. Изменение давления  $P_{мет.}$  и температуры  $T_{мет.}$  в замедлителе и температуры  $T_{1мост}$  и  $T_{2мост}$  в двух точках теплового моста замедлителя:  $t \approx 8$  ч - замедлитель заполнен гелием до 1 атм;  $t \approx 14$  ч - подъем мощности ИБР-2 до 1 МВт;  $t \approx 19,5$  ч - реактор остановлен;  $t \approx 21$  ч - замедлитель соединен с ресивером, охлаждение выключено

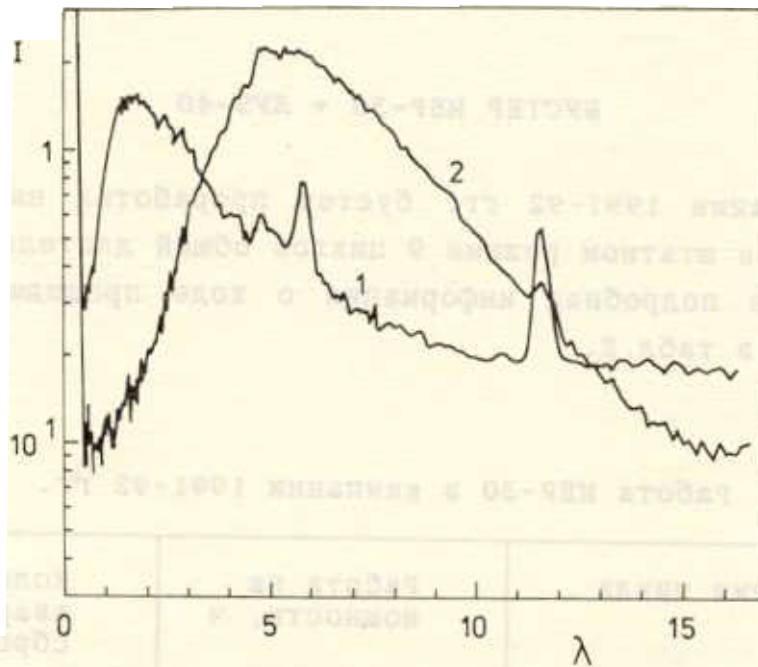


Рис. 2. Нейтронные спектры, измеренные на пучке № 4 реактора ИБР-2: 1 - гребенчатый замедлитель, 2 - криогенный замедлитель. По оси ординат - интенсивность счета в произвольных для каждого спектра единицах

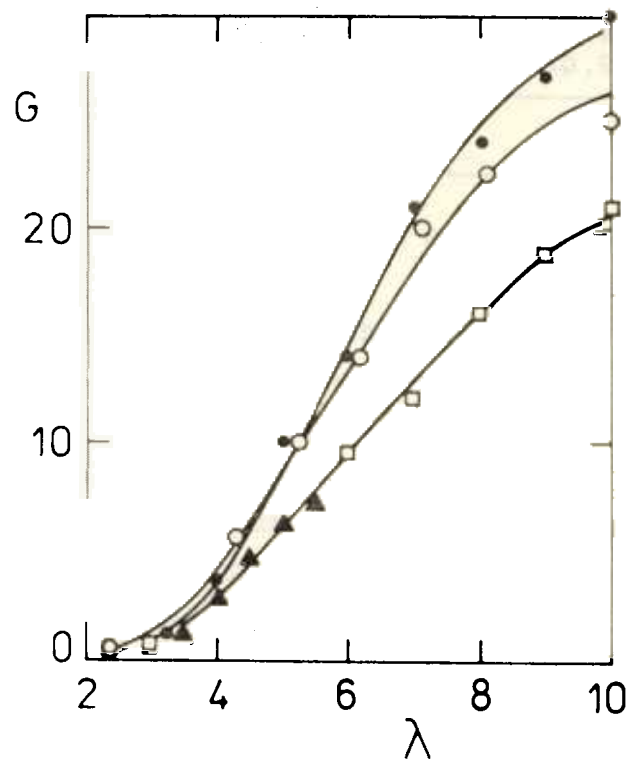


Рис. 3. Зависимость фактора выигрыша  $G$  от длины волны нейтрона  $\lambda(\text{Å})$ : ● - измерение спектров полупроводниковым Si(Li)-детектором на пучке № 4 на базе пролета  $L = 18$  м; ○ - измерение на дифрактометре малоуглового рассеяния МУРН с углеродом,  $L = 18$  м; □ - токовая камера деления  $^{235}\text{U}$  на пучке № 6,  $L = 5,5$  м; ▲ - измерения на дифрактометре ДН-2 с двуокисью циркония  $\text{ZrO}_2$ ,  $L = 25$  м

## БУСТЕР ИБР-30 + ЛУЭ-40

В кампании 1991-92 гг. бустер проработал на физический эксперимент в штатном режиме 9 циклов общей длительностью 2158 часов. Более подробная информация о ходе прошедшей кампании ИБР-30 дана в табл.2.

Таблица 2

Работа ИБР-30 в кампании 1991-92 гг.

№ цикла	Время цикла	Работа на мощности, ч	Количество аварийных сбросов
1	18.11-22.11	96,5	14
2	08.12-10.12	266,2	22
3	06.01-17.01	272,2	6
4	27.01-06.02	232,0	23
5	17.02-28.02	235,9	22
6	16.03-27.03	272,3	7
7	13.04-24.04	261,4	14
8	11.05-22.05	263,7	16
9	08.06-19.06	257,7	7
Итого		2158	131

В предыдущем годовом отчете было сообщено о разработке новой танталовой мишени. Целью этого проекта является повышение эффективности использования фотонейтронов и создание более равномерного теплового поля вокруг канала мишени. Мишень была установлена на штатное место внутри активной зоны бустера и подготовлена к рабочим испытаниям в начале кампании 1992-93 гг. Однако недельные испытания мишени окончились неудачей. Танталовая мишень, охлаждаемая газообразным гелием, начала разрушаться под действием электронного пучка, что привело к забиванию мишенного канала частицами тантала, падению расхода гелия и соответствующему повышению температуры мишени. Испытания были остановлены. Мишень была заменена на штатную вольфрамовую мишень, с которой кампания 1992-93 гг. была продолжена. В дальнейшем новая мишень по результатам проведенных испытаний будет доработана, в частности, тантал будет заменен на вольфрам.



## ИСТОЧНИК РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ (ИРЕН)

В предыдущем годовом отчете было сообщено о начале разработки нового нейтронного источника высокого разрешения (старое название проекта - НИВР), который должен заменить ныне действующий источник - бустер ИБР-30. В процессе разработки проекта стало ясно, что можно создать относительно дешевый источник резонансных нейтронов с параметрами на уровне мировых в своем классе. Основой установки является мощный линейный ускоритель электронов ЛУЭ-100. Параметры установки ИРЕН и ускорителя ЛУЭ-100 приведены в табл.3, а схема размещения ИРЕН в здании, где расположен ИБР-30, приведена на рис.4.

Таблица 3

Расчетные параметры установки ИРЕН

Энергия электронов, МэВ	- 150
Пиковый ток, А	- 2,2
Частота импульсов, Гц	- 150
Длительность импульса, мкс	- 0,2
Средняя мощность электронного пучка, кВт	- 10
Длительность нейтронного импульса, мкс	- 0,4
Средняя мощность делений, кВт	- 30
Пиковая мощность делений, МВт	- 540
Средний поток*, н/с	- $1,5 \cdot 10^{15}$
Пиковый поток, н/с	- $2,7 \cdot 10^{19}$
Фон между импульсами, %	- 5,6
Умножение	- 28
Среднее время жизни мгновенных нейтронов, мкс	- 0,01
Объем активной зоны, дм <sup>3</sup>	- 2,5

\*Выход нейтронов рассчитан для е-γ-п-конвертора из нержавеющей стали, урана-235 и мононитрида урана-235 и для активной зоны - из плутония.

В отчетный период заключен договор на проектирование и создание линейного ускорителя ЛУЭ-100 в Институте ядерной физики РАН (Новосибирск). Работы ведутся в соответствии с календарным планом: выполнен расчет ускорителя и его технологических систем, проводится разработка и моделирование

отдельных узлов ускорителя (электронная пушка, ускоряющая структура, система высокочастотного питания), близок к завершению компоновочный проект ускорителя, выполнена эскизная проработка размножающей активной зоны из плутония. Намечено проведение международной экспертизы проекта.

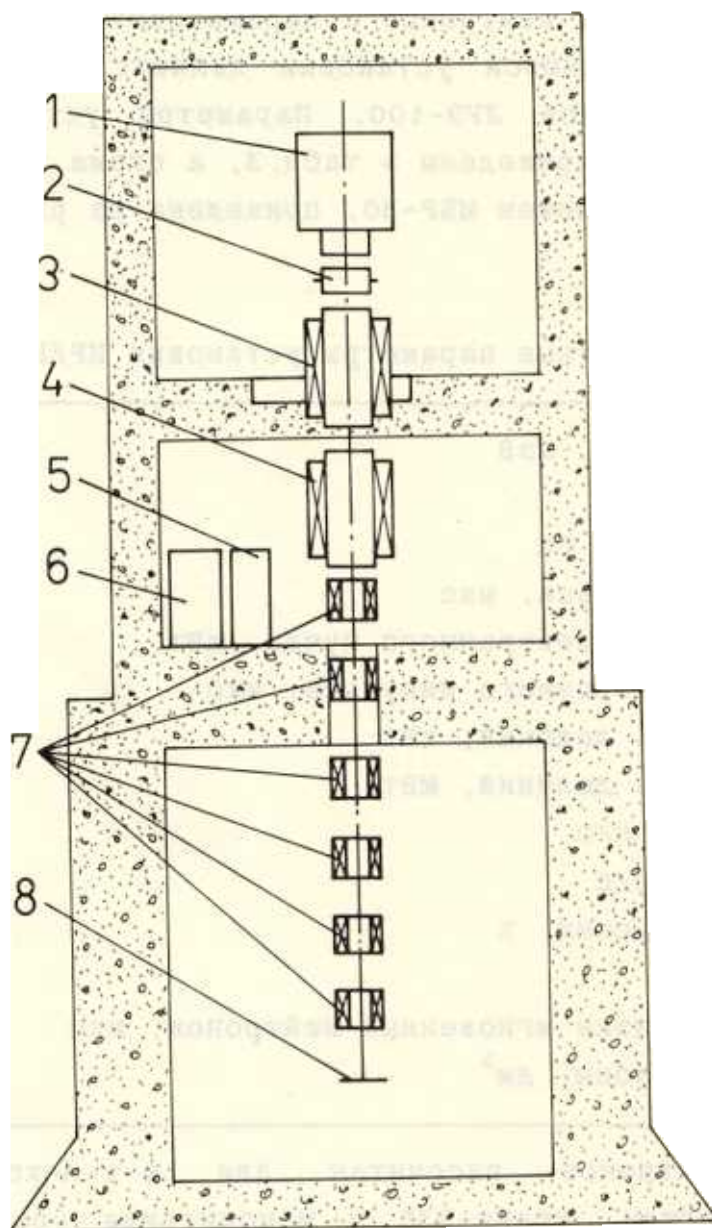


Рис. 4. Схема размещения установки ИРЕН в здании 43 ЛНФ ОИЯИ (вертикальный разрез): 1 - электронная пушка, 2 - группирователь; 3,4 - ускоряющие секции, 5 - клистронный генератор; 6 - модулятор; 7 - фокусирующие катушки; 8 - мишень

## ПУБЛИКАЦИИ

1. Пепельшев Ю.Н., Малышев Е.К., Чукляев С.В. Вторично-эмиссионные детекторы для измерений мощности дозы  $\gamma$ -излучения ядерных реакторов и ускорителей. IX Совещание по дозиметрии интенсивных потоков ионизирующих излучений. Обнинск, 24-26 марта 1992 г. Тезисы докладов.

2. Пепельшев Ю.Н., Дзвинель В. Возможность оперативного контроля качества продукции с использованием методов классификации многопараметрических данных. Сообщение ОИЯИ Р10-92-143, Дубна, 1992.

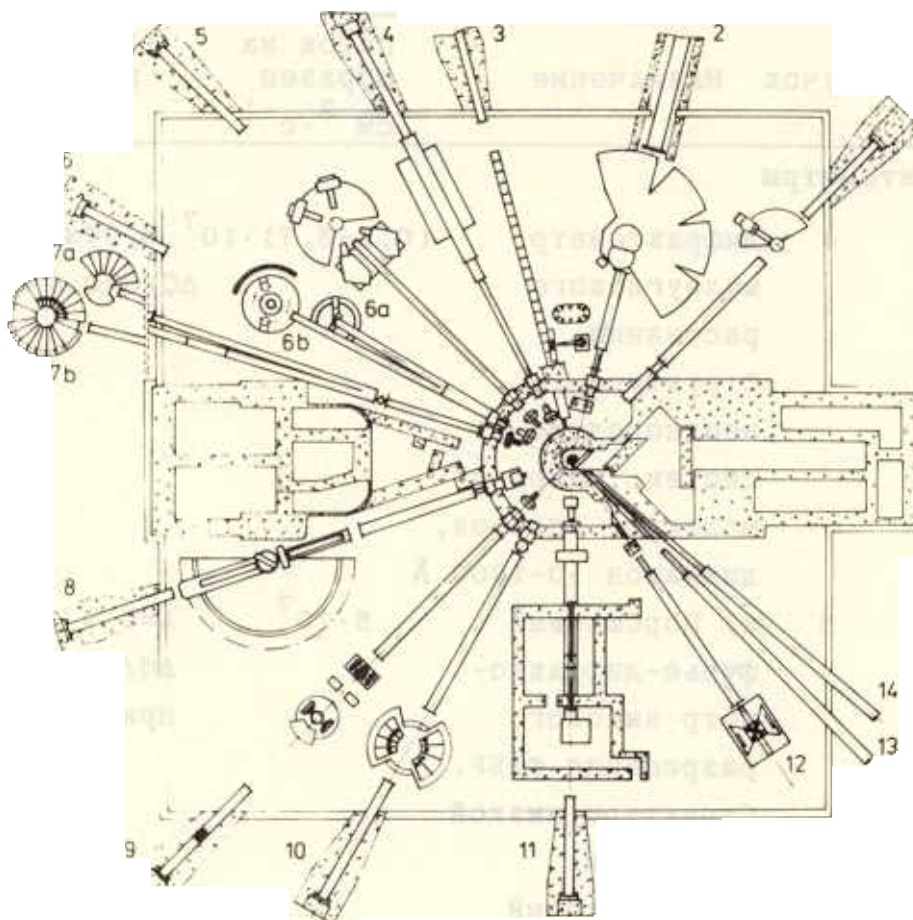
3. Рогов А.Д., Шабалин Е.П. Сравнительные возможности различных вариантов модернизации импульсного источника нейтронов ИБР-2. В Трудах Межд. рабочего совещания "Импульсные ядерные реакторы: новые возможности для научных исследований", Дубна, 1992.

4. Aksenov V.L., Dikansky N.A., Lomidze V.L., Novokhatsky A.V., Popov Yu.P., Rudenko V.T., Skrinsky A.N., Furman W.I. Proposal for the Construction of the New Intense Resonance Neutron Source (IREN). JINR, E3-92-110, Dubna, 1992.

5. Lomidze V.L., Rogov A.D. Using of the Interactive Version GEANTS3 Code for Analysis of Neutron Source. Presented to the Int. Conf.: Mathematical Methods and Supercomputing in Nuclear Application. 19-23 Apr., 1993, Karlsruhe, FRG.

6. Lomidze V.L., Rogov A.D. The Reflection of the 40 MeV Electrons by the Sharp-Angle Tungsten Target and the Fuel Pin Meltdown Accident Analysis of the IBR-30 Booster. Доклад на Межд. семинаре по взаимодействию нейтронов с ядрами, Дубна, 14-17 апреля 1992 г.

## СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ИБР-2



Пучок	Установка
1	Дифрактометр на идеальных кристаллах ДИФРАН
2	Спектрометр неупругого рассеяния в прямой геометрии ДИН-2
3	Установка для нейтронного легирования кремния
4	Дифрактометр малоуглового рассеяния МУРН
5	Установка ДН-5: фурье-дифрактометр высокого разрешения ФДВР и порошковый дифрактометр переходных процессов ДПП
6А	Дифрактометр ДН-2
6В	Дифрактометр с импульсным магнитным полем СНИМ
7А	Текстурный дифрактометр НСВР
7В	Спектрометр неупругого рассеяния в обратной геометрии НЕРА
8	Спектрометр поляризованных нейтронов СПН-1
9	Нейтронный рефлектометр РЕФЛЕКС
10	Спектрометр неупругого рассеяния в обратной геометрии КДСОГ
11	Установка для радиационных и аналитических исследований материалов
12	Дифрактометр с камерой высокого давления ДН-12

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ НА ИБР-2

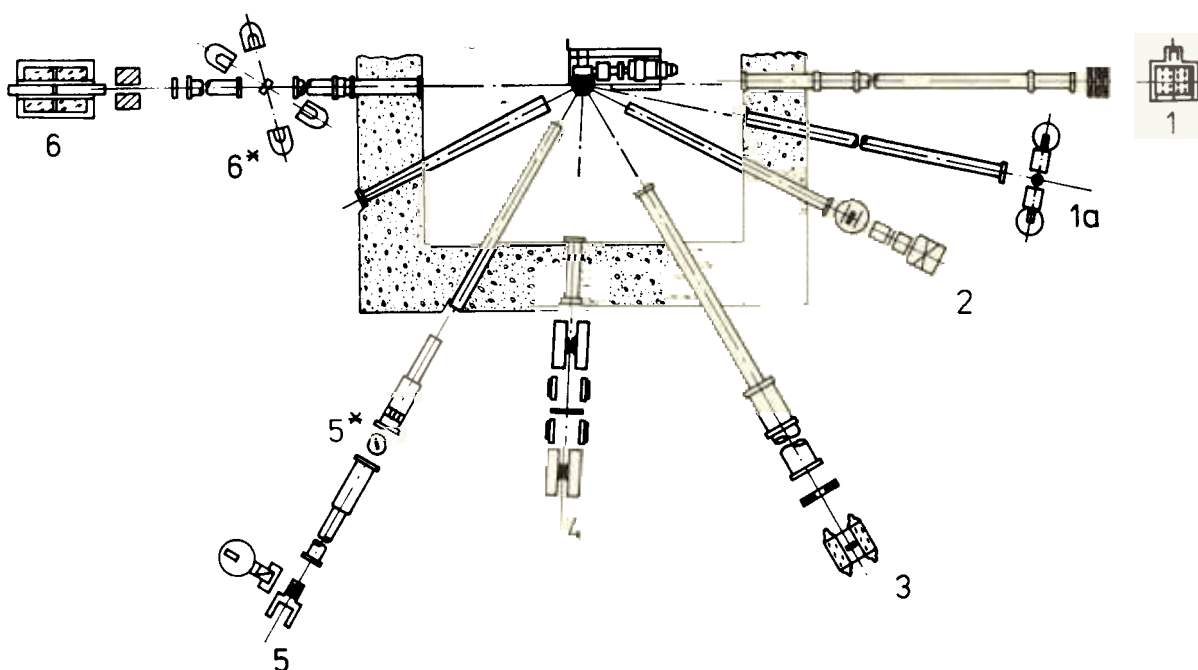
Установка	Пучок	Назначение	Поток на образец $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Диапазон, разрешение
<b>Дифрактометры</b>				
МУРН	4	Дифрактометр малоуглового рассеяния. Структура неоднородных систем, макромолекул, сплавов, диапазон 10-1000 Å	$(0,6-3,7) \cdot 10^7$	$0,07 \leq Q \leq 0,7 \text{ Å}^{-1}$ $\Delta Q/Q = 0,04-0,18$
ДН-5	5	а) Порошковый фурье-дифрактометр высокого разрешения ФДВР. Структуры низкой симметрии.	$5 \cdot 10^7$	$\lambda = 0,9-12 \text{ Å}$ $\Delta d/d = 5 \cdot 10^{-4}$ при $d = 2 \text{ Å}$
		б) Порошковый дифрактометр переходных процессов ДПП. Временное разрешение не хуже 1 с, до 300 мкс со специальной детекторной системой		$\lambda = 0,9-12 \text{ Å}$ $\Delta \lambda = 0,04 \text{ Å}$
ДН-2	6А	Дифрактометр. Структура монокристаллов, фазовые переходы. Температура 1-1000 К. Дифракция в реальном масштабе времени с разрешением не хуже 1 мин.	$10^7$	$\lambda = 0,9-20 \text{ Å}$ $\Delta \lambda = 0,05 \text{ Å}$ $\Delta d/d = 0,01$ для $\theta = 80^\circ$ , $d = 2 \text{ Å}$ $\Delta d/d = 0,1$ для $\theta = 10^\circ$ , $d = 60 \text{ Å}$

СНИМ	6В	Дифрактометр. Магнитная структура и фазовые пере- ходы кристаллов в импульсном (1 мс) магнитном поле до 25 Тл	$4 \cdot 10^6$	$\lambda=0,8-20 \text{ \AA}$ $\Delta\lambda=0,04 \text{ \AA}$
НСВР	7А	Дифрактометр. Текстуры в ме- таллах, минера- лах, керамиках. Ближний порядок в стеклах и жид- костях	$10^6$	$\lambda=0,8-7,6 \text{ \AA}$ $\Delta\lambda=0,015 \text{ \AA}$
ДН-12 (проект)	12	Порошковый дифрактометр. Камеры высокого давления	$3 \cdot 10^6$	$\lambda=0,5-365 \text{ \AA}$ $\Delta d/d=0,01$ для $\theta=80^\circ$ , $d=2 \text{ \AA}$
<b>Спектрометры неупругого рассеяния</b>				
ДИН-2	2	Спектрометр в прямой геомет- рии с криволи- нейным щелевым ротором, сфазиро- ванным с реактором. Площадь образца до $200 \text{ см}^2$ . Динамика металлов, сплавов и жидкостей	$2,5 \cdot 10^5$	$\delta E=0,5-120 \text{ мэВ}$ $\Delta E / E_0=4-10\%$
НЕРА	7В	Спектрометр высо- кого разрешения в обратной гео- метрии. Стохас- тика атомов и молекул, атомная и магнитная динамика, фазовые переходы.	$4,6 \cdot 10^6$	$\delta E=0-500 \text{ мэВ}$ $\Delta E/E=2-6\%$ (неупругое) $\Delta E=40-600 \text{ мкэВ}$ (квазиупругое)

КДСОГ	10	Спектрометр в обратной геометрии. Площадь образца до 200 см <sup>3</sup> , температура 5-500 К, давление 0-4 кбар	$6,6 \cdot 10^6$	$\delta E=1-300$ мэВ $\Delta E/E=5-14\%$
<b>Специализированные спектрометры</b>				
ДИФРАН	1	Дифрактометр на идеальных кристаллах. Нейтронная интерферометрия, когерентные длины рассеяния.	$1,9 \cdot 10^6$	$\lambda=0,2-4$ Å $\Delta\lambda=0,04$ Å
СПН-1	8	Спектрометр поляризованных нейтронов. Магнитное поле на образце до 0,6 Тл. Поверхностные явления, внутренние поля, неоднородности в магнитных и сверхпроводящих материалах	$2,5 \cdot 10^5$	$\Delta\lambda=0,03$ Å $\lambda=0,8-10$ Å
РЕФЛЕКС	9	Рефлектометр на неполяризованных и поляризованных нейтронах. Поверхностные и приповерхностные явления	$2,5 \cdot 10^5$	$\theta_{\text{grazing}} = (2-12) \cdot 10^{-3}$ рад $\Delta\theta=2 \cdot 10^{-4}$ рад

**Примечание:**  $E_0$  и  $E$  - энергия до и после рассеяния,  $\delta E$  передача энергии;  $Q$  - модуль вектора рассеяния;  $\Delta E$  или  $\Delta d$  разрешение спектрометра по  $E$  или  $d$ .

**СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК  
НА БУСТЕРЕ ИБР-30 + ЛУЭ-40**



Пучок	Установка
1	ПАРКС: (n, p)- и (n, α)-реакции
1A	КАСКАД: (n, 2γ)-реакция
2	Поляризованная протонная мишень
3	ДРЕНИЗ: подбарьерное деление
4	ПОЛЯНА: поляризованные нейтроны и ядра
5	ДЕЛРЕНЕ: γ-спектры при делении
5*	Ориентированная ядерная мишень
6	УГРА: угловые распределения
6*	РОМАШКА: (n, γ)- и (n, f)-реакции



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ НА БУСТЕРЕ ИБР-30+ЛУЭ-40

Установка	Пучок	База пролета	Энергетический диапазон, эВ
ПАРКС: (n, α)- и (n, p)-реакции на стабильных и радиоактивных изотопах	1	30-85	1-10 <sup>4</sup>
КАСКАД: двухквантовый распад компаунд-состояний ядер	1A	20	0,02-0,2
Поляризованная протонная мишень (проект): реакции на поляризованных нейтронах с несохранением четности	2	13	1-10 <sup>4</sup>
Измерение ядерно-физических констант	3	120	1-10 <sup>4</sup>
ДРЕНИЗ: подбарьерное деление	3	60	1-10 <sup>5</sup>
ПОЛЯНА: эксперименты с поляризованными нейтронами и ядрами	4	60	0,1-10 <sup>4</sup>
ДЕЛРЕНЕ: γ-спектры от продуктов деления	5	60	0,1-10 <sup>2</sup>
Ориентированная ядерная мишень: угловая анизотропия осколков деления ориентированных ядер <sup>235</sup> U	5*	12	1-10 <sup>4</sup>
УГРА: угловое распределение упруго рассеянных нейтронов	6	250	100-4 · 10 <sup>5</sup>
РОМАШКА: множественность γ-лучей при захвате и делении	6*	500	1-10 <sup>5</sup>

# НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## ТЕОРИЯ

### Фундаментальная ядерная физика

Теоретические работы в этой области велись в трех направлениях: электромагнитные свойства нейтрона, кластерная радиоактивность и свойства ультрахолодных нейтронов.

#### ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ НЕЙТРОНА

Проведены расчеты электрической поляризуемости  $\alpha_n$  свободного и связанного в ядерной материи нейтрона. Полученные значения  $\alpha_n$  находятся в количественном согласии с существующими экспериментальными оценками.

#### КЛАСТЕРНАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

На основе микроскопического подхода к описанию спонтанной эмиссии тяжелых кластеров сделано предсказание наличия новой области кластерной радиоактивности вблизи атомного номера  $A \approx 110$ . Результаты предварительных измерений на ядре  $^{114}\text{Ba}$ , синтезированного при столкновении тяжелых ионов в ЛЯР ОИЯИ и распадающегося с вылетом  $^{12}\text{C}$ , не противоречат предсказаниям теории.

#### СВОЙСТВА УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ

Для изучения аномальных потерь ультрахолодных нейтронов (УХН) в лаборатории разработан экспериментальный метод измерений отражения УХН от порошков. Благодаря диффузии нейтрона между зернами и многократному отражению от поверхности отдельных зерен увеличивается чувствительность к небольшим потерям при однократном отражении. Для интерпретации результатов измерений необходимо было разработать теорию альbedo от дисперсных сред с высоким отражением зерен. Была предложена модель, учитывающая влияние на альbedo плотности упаковки зерен. С помощью этой модели удалось добиться качественного согласия с экспериментальными результатами.

Для выяснения применимости оптического потенциала при описании отражения УХН от поверхности раздела подробно проанализирована теория многократного рассеяния волн, и с ее

помощью найдены поправки к отражению от поверхности монокристалла с точностью до  $(d/\lambda)^2$ , где  $d$  - параметр решетки,  $\lambda$  - длина волны нейтрона.

Теория многократного рассеяния волн применима и в квантовой, и в классической физике. Было показано, что с ее помощью можно описать распространение акустических волн в слоистых средах. Оказалось, что такой подход существенно сокращает количество уравнений и упрощает математический аппарат.

Исследования с УХН показывают, что нейтрон может храниться в веществах с отрицательной амплитудой рассеяния. Оказывается, что одновременно нейтрон препятствует расширению вещества. Это приводит к интересным следствиям в отношении ядерной материи и нейтронных звезд.

Была предпринята попытка объяснения аномальных потерь УХН фундаментальными свойствами нейтрона. Было показано, что это удастся сделать, если принять, что нейтрон описывается не плоской волной, а сингулярным пакетом де Бройля.

#### ПУБЛИКАЦИИ

1. Бунатян Г.Г. Поляризуемость нуклона в свободном пространстве и в ядерной среде. ЯФ, 1992, т.55, вып.12, с.3196-3228.

2. Игнатович В.К. Закон дисперсии для ультрахолодных нейтронов внутри среды. Препринт ОИЯИ РЗ-92-130, Дубна, 1992.

3. Игнатович В.К. Распространение акустических волн в упругих слоистых средах. Акустический журнал, 1992, т.38, вып.1, с.70-78.

4. Игнатович В.К. Электромагнитная модель шаровой молнии. Препринт ОИЯИ РЗ-92-209, Дубна, 1992. Направлено в *Laser Physics*.

5. Игнатович В.К. Многоволновой подход Дарвина к динамической теории дифракции на монокристаллах. Кристаллография, 1992 (в печати).

6. Игнатович В.К. Классическая интерпретация квантовой механики. ОИЯИ, Р4-92-389, Дубна, 1992.

7. Кадменский С.Г. и др. Кластерная радиоактивность ядер с  $A < 208$ . Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. М.: Наука, 1992, с.173.

8. Кадменский С.Г., Фурман В.И., Чувильский Ю.Н. Спектроскопические факторы и классификация кластерных распадов

четно-четных ядер. Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. Там же, с.174.

9. Bunatyan G.G. Description of a Nucleon in Nuclear Matter. In: Contribution Papers of the International Conference of the Structure of Baryons and Related Mesons - "Baryons'92". New Haven, USA, 1-4 June, 1992. In: Book of Abstracts of the International Nuclear Physics Conference. Wiesbaden, Germany, July 26 - August 1, 1992.

10. Bunatyan G.G. Nucleon Polarizability in Free Space and in Nuclear Matter. In: Contribution Papers of the International Conference of the Structure of Baryons and Related Mesons - "Baryons'92". New Haven, USA, 1-4 June, 1992. In: Book of Abstracts of the International Nuclear Physics Conference. Wiesbaden, Germany, July 26 - August 1, 1992.

11. Bunatyan G.G., Kampf B. Properties of  $\rho$ - and  $\omega$ -Mesons in Dense and Hot Nuclear Matter near the Critical Pion Mode Scattering. FZR Preprint 92-08, Dresden, December, 1992. (Submitted to Nucl.Phys.).

12. Ignatovich V.K. Joint Bragg-Laue Diffraction. Report at the Fourteen European Crystallography Meeting. ECM-14, 2-7.08, 1992, Enschede.

13. Ignatovich V.K. Quantum Mechanics of Ultracold Neutrons. Report on the Conference Wave-Particle Duality, Trani, 24.09-30.09.1992, Italy. Принято в сборник трудов, посвященных 100-летию со дня рождения Л. де Бройля.

14. Ignatovich V.K. Time-of-Flight Fourier-Spectroscopy with Polarized Beams. Proc. of the ISSI, 1-4 September, Dubna, 1992.

15. Furman W.I., Kadmsky S.G., Tchuvil'sky Yu.M. Shell Model Approach to the Description of Cluster Radioactivity of Heavy Nuclei. In: Clustering Phenomena in Atoms and Nuclei. Springer-Verlag, Berlin, 1992, p.295.

## Физика твердого тела

### ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Для скалярной решеточной  $\phi^4$ -модели структурного фазового перехода в рамках теории связанных мод найдена температура замерзания  $T_c^* > T_c$ . Для изучения критического поведения этого перехода получены частотная и температурная зависимости линейной и квадратичной восприимчивостей путем самосогласованного численного решения уравнений связанных мод. Проанализированы два случая: 1) идеальная кристаллическая решетка с характерным В-переходом при  $T_c^*$  и 2) система со случайно распределенными дефектами и А-переходом при  $T_c^*$ . Обсуждаются экспериментальные аспекты представленной теории.

Проведен анализ многокомпонентного параметра порядка в суперионном проводнике  $\text{CsHSO}_4$ . Определена симметрия наблюдаемых суперионных и непроводящих фаз. Предсказана симметрия фаз высокого давления.

### ФИЗИКА В ВТСП

В рамках модели Эмери вычислена спектральная плотность дырки, движущейся по АФ основному состоянию. Показано, что вблизи квазичастичного полюса собственная энергия недиагональна. Перемешивание синглета и триплета зависит от волнового вектора. Проведена оценка оптической проводимости. Результаты находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными и численными расчетами.

В рамках модели Холстейна рассмотрена возможность образования автолокализованного состояния. Было показано, что в отличие от континуального предела решение уравнения Шредингера на 2D решетке в адиабатическом приближении приводит к образованию барьера, разделяющего автолокализованные и делокализованные состояния.

Природа многих необычных свойств высокотемпературных сверхпроводников обуславливается наличием в них разупорядоченной системы слабых (джозефсоновских) связей. В рамках модели сверхпроводящих гранул со случайно распределенными фазами методами ренормализационной группы в репличном пространстве было показано, что возвратный переход Костерлица-Таулесса происходит только для значений параметра порядка в области  $\pi/8 < A < 1, 2\pi/8$ .

## ОТРАЖЕНИЕ НЕЙТРОНОВ

Теоретически рассмотрены основные особенности процесса отражения поляризованных тепловых нейтронов от поверхности одномерно неоднородных пленок с неколлинеарным глубинным поведением локальной намагниченности. На основе решенной задачи предложен новый способ расшифровки глубинной структуры намагниченности пленок, заключающийся в измерении нормальной к поверхности компоненты вектора поляризующей способности пленки.

## КАНАЛИРОВАНИЕ ИОНОВ

В рамках диффузной модели развит подход, позволяющий описать процесс каналирования быстрых легких ионов в приповерхностной области многокомпонентных низкосимметричных кристаллов. Подход существенно расширяет возможности изучения глубинных зависимостей структурных и динамических свойств ВТСП монокристаллических пленок.

## RF-СКВИДЫ

С использованием методики расчетов на основе марковских процессов и, в частности, решения уравнения Фоккера - Планка - Колмогорова описан механизм работы RF-сквидов на плато вольт-амперной характеристики в случае, когда величина  $CR_N$  является малым параметром (здесь  $C$  и  $R_N$  - соответственно емкость и сопротивление джозефсоновского контакта).

Изучена работа RF-сквида (при  $\beta \gg 1$ ) в случае, когда  $Q$ -фактор ( $Q \gg 1$ ) и коэффициент связи  $K$  между кольцом и контуром удовлетворяют некоторому частному соотношению. В этом случае удается решить задачу аналитически. Были вычислены параметры выходных характеристик сквида, в частности зависимость средней амплитуды выходного напряжения  $V_{rf}$ , амплитуды тока  $I_{rf}$  и магнитного потока  $\Phi_e^{dc}$ .

## ПУБЛИКАЦИИ

1. Aksenov V.L., Kornilov E.I., Schreiber J. Anomalous Dynamical Response Functions for the Scalar  $\phi^4$ -Lattice Model Near a Dynamical Glassy Transition Temperature. The 18th IUPAP International Conference on Statistical Physics. Berlin, 2-8 August, 1992.

2. Aksenov V.L., Kornilov E.I., Schreiber J. Numerical Investigation of the Response Functions for the Scalar

$\varphi^4$ -Lattice Model Near the Temperature Dynamical Glassy Transition. NEEED'92, Dubna, 6-19 July, 1992.

3. Aksenov V.L., Kornilov E.I., Schreiber J. Dynamical Response Functions for the Scalar  $\varphi^4$ -Lattice Model Near Freezing Temperature. Preprint JINR E17-92-519, Dubna, 1992.

4. Kabanov V.V., Mashtakov O.Yu. On the Barrier Formation in Two-Dimensional Selflocalization. Phys.Lett., 1992, A165, p.271-274.

5. Kabanov V.V., Mashtakov O.Yu. Self-Localization with and without Barrier Formation. Phys.Rev.B (March, 1993), in press.

6. Kabanov V.V., Vagov A.V. Hole Spectrum and Optical Conductivity of High Temperature Superconductors. Phys.Rev.B, 1993, in press.

7. Kabanov V.V., Vagov A.V. On Optical Conductivity of High- $T_c$  Superconductors. Z.Phys., 1992, in press.

8. Kornilov E.I. An Exact Enumeration of Self-Avoiding Loops. The 18th IUPAP International Conference on Statistical Physics, Berlin, 2-8 August, 1992; Condensed Matter and Materials Physics Conference, Birmingham, 17-19 Dec. 1991.

9. Korneev D.A., Chernenko L.P. Neutron diffraction optics of films with noncollinear magnetic depth structure. Proc. of SPIE's 1992 International Symposium on Optical Applied Science and Engineering, 19-24 July 1992.

10. Plakida N.M., Shakhmatov V.S. Phenomenological Phase Transition Theory for  $\text{La}_2\text{BO}_4$  (B=Cu, Ni, Co) Compounds. 1. Structural Transitions. Preprint IPPE-2248, Obninsk, 1992.

11. Plakida N.M., Shakhmatov V.S. Phenomenological phase transition theory for  $\text{La}_2\text{BO}_4$  (B=Cu, Ni, Co) compounds. II. Magnetic transitions. Preprint IPPE-2249, Obninsk, 1992.

12. Shakhmatov V.S. Superconducting phases in  $\text{CsHSO}_4$  type crystals. Kristallographia, 36 (1991) 1021 (in Russian).

13. Vagov A.V. Kosterlitz-Thouless Phase Transition in Disordered Josephson-Junction Arrays. Submitted to "Phys. Rev. B".

## ЭКСПЕРИМЕНТ

### НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В отчетном году продолжалась реализация ранее намеченной программы экспериментального изучения фундаментальных свойств нейтрона, нарушения четности во взаимодействии медленных нейтронов с ядрами, каналов распада нейтронных резонансов и т. д. Работы были выполнены на импульсных нейтронных источниках ИБР-2 и ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ, а также на нейтронных источниках ряда ядерных центров мира (ПИЯФ, Гатчина; Ок-Ридж и Лос-Аламос, США; Гархинг, ФРГ; Пекин, Китай).

В рамках программы исследования электромагнитных свойств нейтрона в совместном эксперименте Дубна-Гархинг были выполнены измерения полного сечения взаимодействия квазимонохроматических нейтронов в интервале энергий 1-2000 эВ с образцом из изотопа  $^{208}\text{Pb}$ . Анализ результатов позволил дать новую экспериментальную оценку электрической поляризуемости нейтрона  $\alpha_n = (-0,3 \pm 0,5) \cdot 10^{-42} \text{ см}^3$  (при  $b_{ne} = -1,32 \cdot 10^{-3} \text{ фм}$ ). К задаче определения величины  $\alpha_n$  тесно примыкает проблема нейтрон-электронного взаимодействия. В лаборатории был развит новый подход к совместному анализу экспериментальных данных по полным нейтронным сечениям и дифференциальным сечениям упругого рассеяния р-нейтронов, который позволит извлечь как  $\alpha_n$ , так и амплитуду (n-e)-взаимодействия  $b_{ne}$ . Работы по реализации проекта УГРА ведутся совместно с Институтами ядерных исследований в Киеве (Украина) и Ржеже (Чехия), а также с Техническим университетом в Мюнхене (ФРГ). Начато изготовление многодетекторной камеры для измерения угловых распределений упругого рассеяния нейтронов. Для этой камеры созданы и испытаны два новых типа нейтронных детекторов. Однако работы сдерживаются недостатком финансирования. Одновременно на прототипе установки УГРА изучен ряд методических вопросов, в частности, получены новые данные о вкладе р-волнового рассеяния на тяжелых ядрах.

Другой фундаментальной характеристикой нейтрона является его время жизни  $\tau_n$  относительно  $\beta$ -распада. В предыдущем отчете сообщалось о совместных измерениях  $\tau_n$  коллаборацией Дубна-Гатчина на установке КОВШ. Достигнута точность измерения  $\tau_n$  около 0,3%. При этом обнаружена аномальная утечка УХН,



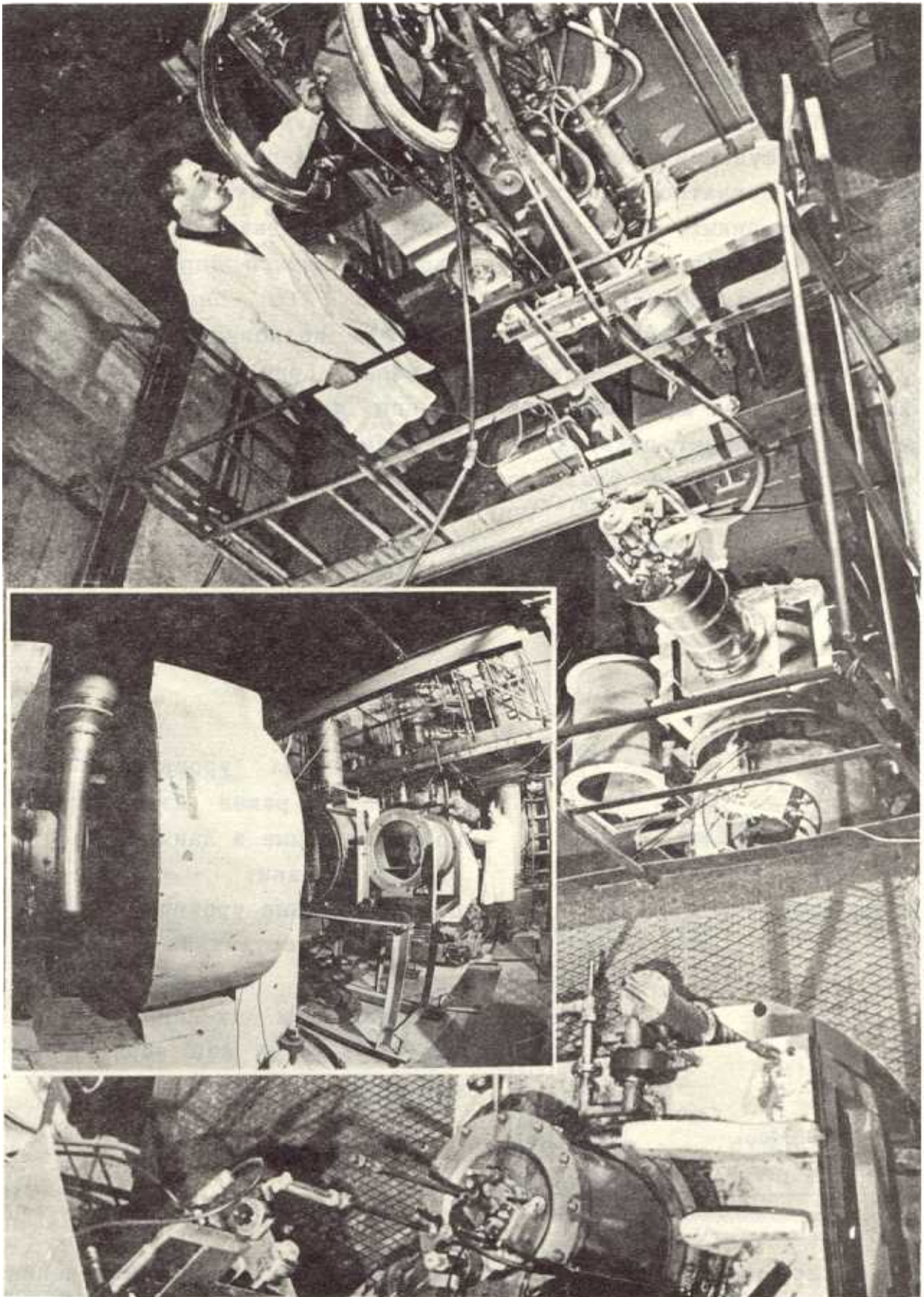
более чем в 100 раз превышающая теоретическую оценку из экспериментальных данных, полученных с очень холодными нейтронами (ОХН). Для исследования причин такой утечки создана оригинальная методика, которая будет использована в Гатчине после пуска (в первом квартале 1993 г.) нового канала УХН.

Прецизионное измерение  $\tau_n$  является одной из целей нового проекта, разрабатываемого совместно ЛНФ и ВНИИЭФ (Арзамас-16). Спроектирована и изготавливается установка, которая позволит реализовать новый метод извлечения сверхплотного (около  $10^5 \text{ см}^{-3}$ ) газа УХН из импульсного реактора аperiodического действия БИГР. Оценки показывают, что при достижении ожидаемых параметров установки можно будет измерить  $\tau_n$  с точностью лучше 0,3%.

Существенное развитие получила совместная программа Дубна-США (Ок-Ридж и Лос-Аламос) по изучению нарушения четности и временной инвариантности в реакциях, вызываемых нейтронами. Для исследования нарушения Т-инвариантности в ЛАНЛ был изготовлен специальный монокристаллический образец  $^{165}\text{Ho}$ . До проведения основных измерений необходимо с высокой точностью знать деполяризацию нейтронов в образце. Для этого на спектрометре поляризованных нейтронов и ядер ПОЛЯНА был создан новый криостат, и с образцом  $^{165}\text{Ho}$  проведен первый сеанс измерений с участием американских физиков. На нейтронных источниках ЛАНЛ и ОРНЛ были выполнены совместные эксперименты по поиску новых р-волновых резонансов в высокообогащенном образце  $^{113}\text{Cd}$  (приготовлен в Дубне). Полученная информация оказалась очень полезной для планирования будущих экспериментов по изучению эффектов нарушений Р- и Т-четности.

Близко к этой тематике примыкают совместные работы коллаборации Дубна-Гатчина на высокоинтенсивном пучке поляризованных тепловых нейтронов ПИЯФ по наблюдению нарушения четности в реакциях с вылетом заряженных частиц. Была измерена Р-нечетная асимметрия  $a_{\text{pnc}}$  в реакции  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ . Из экспериментальных данных для  $\alpha_0$ -линий  $a_{\text{pnc}} = (3,4 \pm 6,7) \cdot 10^{-7}$  и  $\alpha_1$ -линии  $a_{\text{pnc}} = (-2,4 \pm 1,6) \cdot 10^{-7}$  была установлена верхняя граница эффекта, значимая с точки зрения теории.

На ряде четно-четных ядер в окрестности  $^{158}\text{Gd}$  продолжено изучение усиленных (до 10 раз) электромагнитных переходов между высоковозбужденными состояниями, которые, по-видимому, связаны с фрагментацией одночастичных 4S- и 3P-нейтронных оболочек на состояния, участвующие в  $\gamma$ -переходах. Для ядра



*Нейтронный спектрометр поляризованных нейтронов и ядер  
(установка "ПОЛЯНА") на пучке № 4 бустера ИБР-30*

$^{187}\text{W}$  совместным анализом экспериментальных данных по  $(n, \gamma)$ - и  $(n, 2\gamma)$ -реакциям получена рекордная по полноте схема уровней, включающая ранее не изученный интервал энергий возбуждения 1,5-3,5 МэВ. Для ядер  $^{137,139}\text{Ba}$  и  $^{181}\text{Hf}$  измерены радиационные силовые функции первичных дипольных  $\gamma$ -переходов каскада разрядки захватного состояния. Для этих, так же как и для ранее изученных, ядер установлено, что радиационная силовая функция зависит от температуры возбужденного ядра. Для ядра  $^{170}\text{Yb}$ , образующегося после  $\beta$ -распада  $^{170}\text{Lu}$ , были проведены измерения каскадного  $\gamma$ -излучения. Это позволило существенно уточнить известную схему уровней (рис.1), полученную традиционными методами прецизионной ядерной спектроскопии. Этот эксперимент показал наличие новых возможностей в данной области. Получены указания на существование в ряде ядер ( $^{144}\text{Nd}$ ,  $^{165}\text{Dy}$ ,  $^{174,175}\text{Yb}$ ) квазиэквидистантных полос возбужденных уровней, связанных с усиленными двухквантовыми  $\gamma$ -переходами.

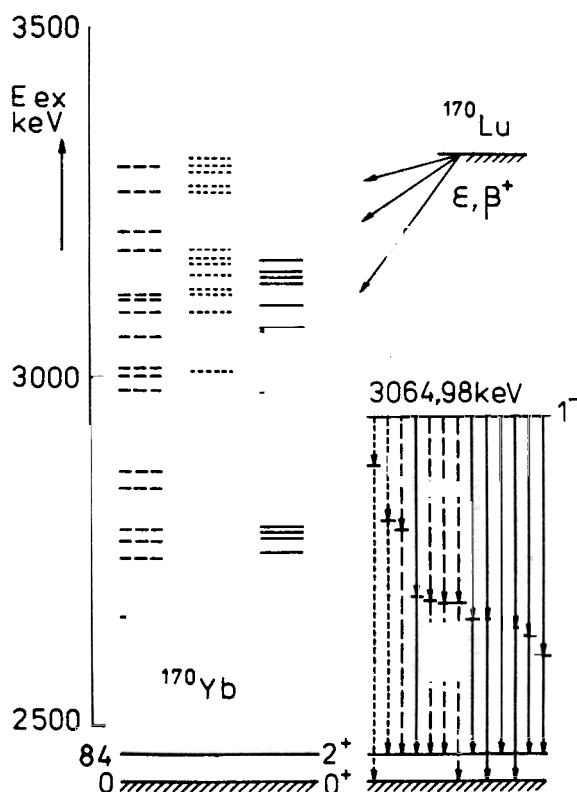


Рис.1 Схема уровней  $^{170}\text{Yb}$ :  
 ———— ранее известные и подтвержденные в данном эксперименте уровни; - - - - не подтвержденные уровни; — · — · вновь обнаруженные уровни. Справа - пример анализа двухквантовых  $\gamma$ -переходов с уровня 3064,98 кэВ ядра  $^{170}\text{Yb}$ . Обозначения те же

Завершены начатые в предыдущем году измерения распределения множественности  $\gamma$ -квантов после радиационного захвата нейтронов на ядрах  $^{147,148,149}\text{Sm}$  с помощью установки РОМАШКА (4 $\pi$ -детектор на NaJ(Tl)-кристаллах). Получены новые данные о резонансных параметрах, в частности, для  $^{149}\text{Sm}$

определен уникальный набор данных по полным радиационным ширинам (рис.2). Выполнены аналогичные измерения для изотопов  $^{176,177,178}\text{Hf}$ , обработка которых пока не завершена.

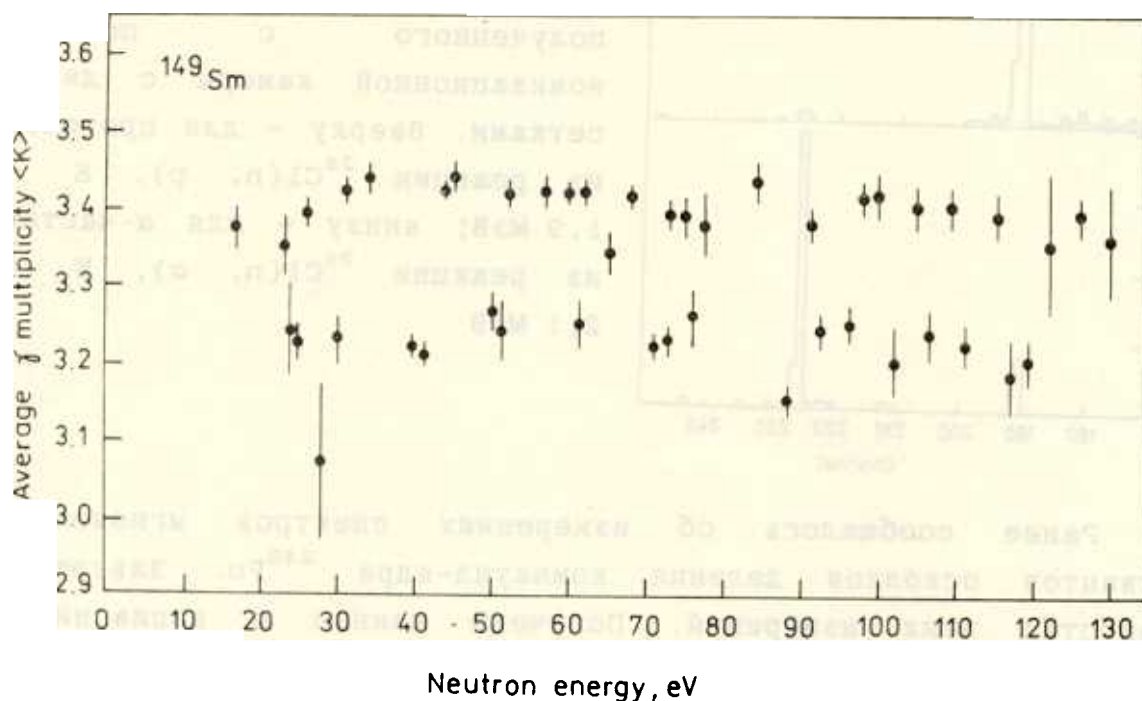


Рис.2 Зависимость средней кратности при радиационном захвате нейтронов в  $^{149}\text{Sm}$  от энергии нейтронов

Продолжались исследования реакций, индуцированных нейтронами, с вылетом заряженных частиц на стабильных и радиоактивных изотопах. Первые результаты получены в измерениях (n,p)-реакции на радиоактивных ядрах-мишенях  $^{36}\text{Cl}$  и  $^{49}\text{V}$ , проводимых совместно группой Дубна-Гатчина. Завершена обработка измерений реакции  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$ , проведенных в 1991-92 гг. коллаборацией Дубна - Лос-Аламос с помощью методики, разработанной в ЛНФ. Получены данные о новых резонансах в широком интервале энергий нейтронов (рис.3), существенные для решения проблемы "перепроизводства" изотопа  $^{36}\text{S}$  в теории нуклеосинтеза. В сотрудничестве с Межуниверситетским центром ядерных исследований в Пекине с использованием методики, разработанной в ЛНФ, были измерены дифференциальные сечения (n, $\alpha$ )-реакции на ядрах  $^{40}\text{Ca}$  и  $^{64}\text{Zn}$  на быстрых нейтронах.

Продолжено экспериментальное изучение аномальной массовой зависимости потенциального радиуса p-рассеяния нейтронов. Получены указания на существование входных состояний в нейтронном канале у компаунд-ядер  $^{129,131}\text{Tl}$ .

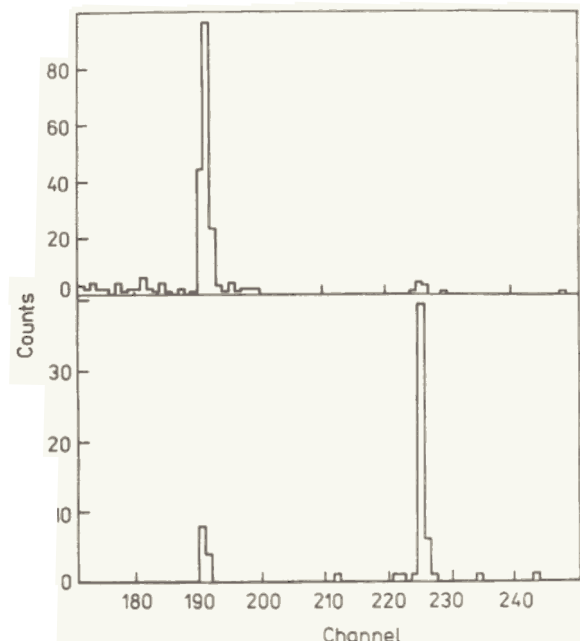


Рис.3. Фрагмент времяпролетного спектра вылета протонов и  $\alpha$ -частиц для образца  $^{36}\text{Cl}$  (резонансы 1355 и 939 эВ), полученного с помощью ионизационной камеры с двумя сетками. Вверху - для протонов из реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)$ ,  $E_p \approx 1,9$  МэВ; внизу - для  $\alpha$ -частиц из реакции  $^{36}\text{Cl}(n, \alpha)$ ,  $E_\alpha \approx 2,1$  МэВ

Ранее сообщалось об измерениях спектров мгновенных  $\gamma$ -квантов осколков деления компаунд-ядра  $^{240}\text{Pu}$ . Завершена обработка этих измерений. Получены данные о вариации в нейтронных резонансах  $^{239}\text{Pu}$  независимых выходов осколков, образующихся на уровне  $\geq 1\%$ , а также определены выходы и времена жизни осколков-изомеров. В пределах точности 5% сделан вывод об одноканальности деления из компаунд-состояний со спином  $1^+$ . Получены указания на зависимость интегрированного выхода осколков от делительной ширины резонансов. Проведены измерения множественности мгновенных  $\gamma$ -квантов в делительных резонансах  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  и  $^{239}\text{Pu}$ .

В сотрудничестве с ФЭИ (Обнинск) начата подготовка к измерениям энергетической и угловой зависимостей эмиссии осколков деления в резонансах на ориентированной ядерной мишени  $^{235}\text{U}$ . Мишень создана и установлена на пучке № 5 бустера ИБР-30. Работы продолжаются.

Хорошие возможности для исследования короткоживущих делящихся изомеров и запаздывающих нейтронов деления в миллисекундной области дает новая установка на пучке № 11 ИБР-2. Подготовлена программа исследований на этой установке.

Проведена экспериментальная проверка гипотезы А.М. Балдина о рождении в распаде  $^{214}\text{Bi}$  резонансного состояния ( $e^+e^-e^-$ ), распадающегося на электрон и  $\gamma$ -квант. В основе гипотезы лежат данные Д.В. Скобельцына, полученные в 20-х годах. Установлен верхний предел на уровне  $10^{-3}$  на вероятность испускания триады ( $e^+e^-e^-$ ) при распаде ядра  $^{214}\text{Bi}$ .

## ПУБЛИКАЦИИ

1. Али М.А., Васильева Э.В., Войнов А.В., Кулик В.Д., Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В., Шилин В.Н. Схема распада компаунд-состояния  $7937$  кэВ  $^{158}\text{Gd}$ , возбуждаемого в реакции  $(n, \gamma)$ . В кн.: Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. Тезисы докладов 42-го международного совещания. С.-Петербург: Наука, 1992, с.81.
2. Алфименков В.П., Мареев Ю.Д., Пикельнер Л.Б., Ской В.Р., Швецов В.Н. Исследование несохранения четности в нейтронных резонансах Rb и  $^{113}\text{Cd}$ . ЯФ, 1991, т.54, вып.6(12), с.1489.
3. Ананьев В.Д., Воронов Б.И., Гундорин Н.А., Попов А.Б. Способ измерения пространственного распределения плотности генерации первичных нейтронов в импульсном бустере. ОИЯИ, РЗ-92-350, Дубна, 1992.
4. Бейтиньш М.Р., Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Прокофьев П.Т., Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Изучение  $^{177}\text{Lu}$  в реакции  $(n, 2\gamma)$ . В кн.: Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. Тезисы докладов 42-го международного совещания. С.-Петербург: Наука, 1992, с.93.
5. Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Прокофьев П.Т., Резвая Т.Л., Симонова Л.И., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Схема распада компаунд-состояния  $^{138}\text{Ba}$  и некоторые его особенности. Изв. АН СССР, сер.физ., 1991, № 11, с.2088-2090.
6. Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Прокофьев П.Т., Резвая Т.Л., Симонова Л.И., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Интенсивные каскады  $\gamma$ -переходов с компаунд-состояния ядра  $^{181}\text{Hf}$  и экспериментальная оценка радиационной силовой функции первичных переходов для  $E_\gamma > 0,5$  МэВ. Изв. АН СССР, сер.физ., 1991, № 11, с.2091-2105.
7. Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Прокофьев П.Т., Резвая Т.Л., Симонова Л.И., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Изучение особенностей реакции  $^{136}\text{Ba}(n, 2\gamma)$  на тепловых нейтронах. Изв. АН СССР, сер.физ., 1991, № 11, с.2106-2111.
8. Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Ле Хонг Кхьем,

Попов Ю.П., Прокофьев П.Т., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Каскады  $\gamma$ -переходов и радиационная силовая функция первичных переходов из реакции  $^{138}\text{Ba}(n, 2\gamma)^{139}\text{Ba}$ . ЯФ, 1991, т.54, вып.4(10), с.901-910.

9. Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Прокофьев П.Т., Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Гамма-распад компаунд-состояния  $^{135}\text{Ba}$ . В кн.: Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. Тезисы докладов 42-го международного совещания. С.-Петербург: Наука, 1992, с.68.

10. Бонева С.Т., Васильева Э.В., Кулик В.Д., Ле Хонг Кхьем, Малов Л.А., Попов Ю.П., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В., Бейтиньш М.Р., Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Прокофьев П.Т., Симонова Л.И., Резвая Т.Л. Двухквантовые каскады радиационного захвата нейтронов. II. Основные параметры и особенности гамма-распада компаунд-состояний сложных ядер. ЭЧАЯ, 1991, т.22, вып.6, с.1433-1475.

11. Васильева Э.В., Кулик В.Д., Куликов Е.В., Лебедев Н.А., Ле Хонг Кхьем, Новгородов А.Ф., Попов Ю.П., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В. Применение метода  $\gamma\gamma$ -совпадений с суммированием амплитуд совпадающих импульсов для исследования схем распада радиоактивных ядер. Схема  $\gamma$ -переходов в распаде  $^{170}\text{Lu} \rightarrow ^{170}\text{Yb}$ . Изв. РАН, сер. физ., 1992, т.56, № 5, с.2-17.

12. Васильева Э.В., Войнов А.В., Кулик В.Д., Попов Ю.П., Суховой А.М., Хитров В.А., Хольнов Ю.В., Шилин В.Н. Новый способ вычитания комптоновского фона при исследовании  $\gamma\gamma$ -совпадений методом суммирования амплитуд совпадающих импульсов. ОИЯИ, Р6-92-148, Дубна, 1992.

13. Васильева Э.В., Войнов А.В., Кулик В.Д., Попов Ю.П., Суховой А.М., Хитров В.А., Хольнов Ю.В., Шилин В.Н. Методика анализа нестатистического поведения радиационной силовой функции при захвате тепловых и резонансных нейтронов. ОИЯИ, Р3-92-245, Дубна, 1992.

14. Георгиев Г.П., Григорьев Ю.В., Замятнин Ю.С. и др. Измерение и анализ характеристик резонансной структуры полного сечения и сечения резонансного захвата  $^{238}\text{U}$  в диапазоне энергий 0,465-200 кэВ. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерные константы, 1991, вып.4, с.26-39.

15. Георгиев Г.П., Григорьев Ю.В., Замятнин Ю.С. и др.

Определение параметров нейтронных резонансов  $^{149}\text{Sm}$  методом спектрометрии множественности  $\gamma$ -квантов. Сообщение ОИЯИ РЗ-92-346, Дубна, 1992.

16. Георгиев Г.П., Замятнин Ю.С., Пикельнер Л.Б. и др. Определение параметров нейтронных резонансов  $^{147,148}\text{Sm}$ . Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерные константы, 1992, вып.2, с.75-85.

17. Георгиев Г.П. и др. Определение спина нейтронных резонансов по форме спектра множественности гамма-квантов захвата. Препринт ФЭИ-2277, Обнинск, 1992.

18. Голиков В.В., Игнатович В.К., Кулагин Е.Н. Измерение коэффициента потерь ультрахолодных нейтронов в порошке бериллия. ЯФ, 1992, т.55, вып.3, с.608-616.

19. Григорьев Ю.В., Гундорин Н.А., Дука-Зойоми А. Измерение функций полных пропусканий и самоиндикации в сечении деления плутония-239 в диапазоне 4,65 эВ-200 кэВ. Препринт ФЭИ-2226, Обнинск, 1992.

20. Ле Хонг Кхьем. Каскадный гамма-распад компаунд-состояний ядер  $^{137}\text{Ba}$  и  $^{181}\text{Hf}$ . Дисс. канд. физ.-мат. наук, Дубна, 1991.

21. Ле Хонг Кхьем, Попов Ю.П., Суховой А.М., Фам Динх Кханг, Хитров В.А., Хольнов Ю.В., Бондаренко В.А., Кувага И.Л., Прокофьев П.Т. Каскады  $\gamma$ -переходов распада компаунд-состояния  $^{143}\text{Nd}$ . В кн.: Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. Тезисы докладов 42-го международного совещания. С.-Петербург: Наука, 1992, с.71.

22. Мицына Л.В., Самосват Г.С. О получении поляризуемости нейтрона из интегрального сечения рассеяния. Препринт ОИЯИ РЗ-91-521, Дубна, 1991.

23. Мицына Л.В., Самосват Г.С. Об аномальном рассеянии р-нейтронов ядрами теллура. Препринт ОИЯИ РЗ-92-230, Дубна, 1992.

24. Носов В.Г., Франк А.И. Квазиэнергия холодных нейтронов. В сб.: VI Международная школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, т. I, с.313-324.

25. Пикельнер Л.Б. Р-нечетные эффекты в нейтронных реакциях и соотношения между ними. В сб.: VI Международная школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, т. I, с.233-241.

26. Покотилковский Ю.Н., Тахтамышев Г.Г. Экспериментальная проверка гипотезы Скобельцына-Богдана о вылете нестабильных



частиц при распаде  $^{214}\text{Bi}$ . Краткие сообщения ОИЯИ, №2[53]-92, Дубна, 1992, с.29-34; ЯФ, 1992, 55(9), с.2017-2022.

27. Ской В.Р., Шарапов Э.И. Р-нечетные угловые корреляции в резонансных ( $n, \gamma$ )-реакциях. ЭЧАЯ, 1991, т.22, вып.6, с.1440.

28. Стойка А.Д., Стрелков А.В., Швецов В.Н. Динамические конверторы ультрахолодных нейтронов. Сообщение ОИЯИ РЗ-92-116, Дубна, 1992.

29. Стрелков А.В. Аномалия в хранении ультрахолодных нейтронов и нагрев их на стенках сосудов. В сб.: VI Международная школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, т. I, с.325-336.

30. Суховой А.М. Реакция ( $n, 2\gamma$ ) - источник информации о свойствах высоковозбужденных состояний тяжелых ядер. VI Международная школа по нейтронной физике. Алушта, 1990. Сб. лекций, ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, с.166-178.

31. Суховой А.М. Определение основных параметров и особенностей  $\gamma$ -распада компаунд-состояний тяжелых ядер. Изв. АН СССР, сер. физ., 1991, № 11, с.2082-2087.

32. Франк А.И. Пионерские работы И.М.Франка и современная оптика длинноволновых нейтронов. В сб.: VI Международная школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, т. I, с.277-297.

33. Alexandrov Yu.A. The Mean Square Radius of Electric Charge Distribution Inside the Neutron. What is it Still Equal to? В Сб. аннотаций Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами. Дубна, 14-17 апреля 1992 г. ОИЯИ, ЕЗ-92-128, Дубна, 1992, с.18.

34. Alexandrov Yu.A. Comments on the paper V.G.Nikolenko and A.V.Popov "On the Correctness of Estimates on ( $n, e$ )-Amplitude and Neutron Polarizability from Total Cross Sections of Bi and Pb. Z.Phys.A341, 1992, p.365.

35. Alexandrov Yu.A., Koester L., Samosvat G.S., Waschkowski W.  $^{208}\text{Pb}$  and the Electric Polarizability of the Neutron. В сб. аннотаций Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами. Дубна, 14-17 апреля 1992 г. ОИЯИ, ЕЗ-92-128, Дубна, 1992, с.19.

36. Alexandrov Yu.A. What is the Mean Square Radius of the Neutron Actually Equal to? JINR Preprint EЗ-92-441, Dubna, 1992. Submitted to "Neutron News".

37. Alexandrov Yu.A. Fundamental Properties of the Neutron. Clarendon Press, Oxford, London, 1992.

38. Ali M.A., Khitrov V.A., Kholnov Yu.V., Kulik V.D., Khiem L.H., Khang P.D., Popov Yu.P., Shilin V.N., Sukhovoij A.M., Vasilieva E.V., Vojnov A.V. Intence Cascades Following  $^{158}\text{Gd}$  Compaund-State Decay. In: International Nuclear Physics Conference, Wiesbaden, Germany, 1992. Book of Abstracts. Ed. U.Grundinger, p.1.3.42.

39. Alfimenkov V.P., Mareev Yu.D., Pikelner L.B., Skoy V.R., Shvetsov V.N. Investigation of Parity Violation in Neutron Resonances of Rb and  $^{113}\text{Cd}$ . In: Int. Nucl.Phys.Conf. July 26 - August 1, 1992, Wiesbaden, Germany, Book of Abstracts. Ed. U.Grundinger, p.4.2.4.

40. Andrzejewski J., Gledenov Yu.M., Mitrikov M.P., Popov Yu.P., Sedyshev P.V., Chadraabal I., Li Ho Bom. Study of the  $^{91}\text{Zr}(n, \alpha)^{88}\text{Sr}$  and  $^{187}\text{Os}(n, \alpha)^{184}\text{W}$  Reactions on Resonance Neutrons. In: AIP Conference Proveedings 238, "Capture  $\gamma$ -Ray Spectroscopy", Pacific Grove, USA, 1990. N.Y., Ed. R.W.Hoff, p.636.

41. Andrzejewski J., Antonov A.B., Gledenov Yu.M., Mitrikov M.P., Popov Yu.P. Study of Parity Violation in the  $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$  Reaction with Polarized Neutrons. In: AIP Conference Proveedings 238, "Capture  $\gamma$ -Ray Spectroscopy", Pacific Grove, USA, 1990. N.Y., Ed. R.W.Hoff, p.808.

42. Andrzejewski J., Gledenov Yu.M., Popov Yu.P. et al. The Cross Section of the  $^7\text{Be}(n, p)^7\text{Li}$  Reaction at 24.5 keV. Z.Phys.A340, p.105 (1991).

43. Beitins M.R., Boneva S.T., Khitrov V.A., Malov L.A., Popov Yu.P., Prokofiev P.T., Rezvaya G.L., Simonova L.I., Sukhovoij A.M., Vasilieva E.V. Study of the  $^{187}\text{W}$  States Excited in the  $(n, \gamma)$  Reaction. Z.Phys. A - Hadrons and Nuclei, 1992, 341, p.155-170.

44. Boneva S.T., Khitrov V.A., Kholnov Yu.V., Le Hong Khiem, Pham Dinh Khang, Popov Yu.P., Sukhovoij A.M., Bondarenko V.A., Kuvaga I.L., Prokofiev P.T., Rezvaja G.L., Simonova L.I. Experimental Estimates on Radiative Strength Function of Low-Energy  $\gamma$ -Quanta Following Even-Odd Heavy Nuclei Decay. JINR, E3-92-244, Dubna, 1992. Submitted to Z.Phys. A - Hadrons and Nuclei.

45. Bogdzal A.A., Gundorin N.A., Gohs U. et al. Peculiarity of the Fission of  $^{239}\text{Pu}$  by Resonance Neutrons. In: Nuclear Data for Science and Technology. Proc. of Int. Conf. Julich, FRG, 13-17 May, 1991. Springer-Verlag, 1992, p.150-152.

46. Bogdzel A.A., Gundorin N.A., Popov A.B. et al. Prompt Gamma-Ray Emission from Fission of  $^{239}\text{Pu}$  by Resonance Neutrons. In: Dynamical Aspects of Nuclear Fission. Proc. of Int. Workshop, Smolenice, Czechoslovakia, June 17-21, 1991. JINR, E7-92-95, Dubna, 1992, p.305-311.
47. Bogdzel A.A., Gundorin N.A., Popov A.B. et al. Prompt Gamma-Rays Yields at Individual Fission Resonances of  $^{239}\text{Pu}$ . In: Dynamical Aspects of Nuclear Fission. Proc. of Int. Workshop, Smolenice, Czechoslovakia, June 17-21, 1991. JINR, E7-92-95, Dubna, 1992, p.312-313.
48. Dermendjiev E., Goverdovski A.A., Furman W.I. et al. Fission Gamma-Ray Multiplicity Measurements in  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  and  $^{239}\text{Pu}$  Low Energy Fission Resonances. Proc. of an Int. Conf. "Nuclear Data for Science and Technology", Julich, 13-17 May, 1991, p.147-149, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
49. Janeva N., Georgiev G., Sirakov I. et al. A Setup for Precise Measurement of Resonance Neutron Capture by Self-Indication. Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res., A313, 1992, p.266-272.
50. Iolin E.M., Raitman E.A., Gavrilov V.N., Kuvaldin B.V., Alexandrov Yu.A., Sedlakova L.N., Loshkarev A.A. The Effect of High Frequency Ultracold on the Diffraction of Thermal Neutrons in Bent Silicon Single Crystal. Bragg Case. In: Report to the International Seminar on Structural Investigations at Pulsed Neutron Sources. Dubna, 1-4 Sept., 1992.
51. Frankle C.M., Bowman C.D., Bowman J.D., Seestrom S.J., Sharapov E.I., Popov Yu.P., Roberson N.B. P-Wave Resonance Spectroscopy in  $^{113}\text{Cd}$ . Phys.Rev., 1992, C45, p.2143.
52. Frank A.I. Microscopy with Ultracold Neutrons. In: Neutron Optical Devices and Application. San Diego, USA, 1992 and in: SPIE Proceedings, 1992, vol.1738.
53. Furman W.I. Nuclear Physics with Neutron at Dubna. Present Status and Trends. In: Collection of Abstracts of Workshop on Scientific Cooperation Between FRG Research Centers and JINR. JINR, 92-510, Dubna, 1992, p.24-27.
54. Georgiev G.P., Grigoriev Yu.V., Zamyatnin Yu.S. et al. On the Study of Neutron Resonances in  $^{147}\text{Sm}$ . Proc. of an Int. Conf. "Nuclear Data for Science and Technology", Julich, 13-17 May, 1991, p.80. Springer-Verlag, Berlin, 1992.

55. Gledenov Yu.M., Khuukhenkhuu G., Popov Yu.P., Bao Shanglian, Cao Wentian, Tang Guoyou, Qu Decheng, Chen Zemin, Chen Ying Tang, Qi Huiquan. Energy Spectra of Charged Particles Emission Induced by 3-4 MeV Neutrons. In: Int. Seminar on the Interaction of Neutrons with Nuclei. JINR, E3-92-128, Dubna, 1992, p.41.

56. Gohs U. Evaluation of Total Fission Characteristics for  $^{239}\text{Pu}$  in the Low Energy Region. In: Dynamical Aspects of Nuclear Fission. Proc. of Int. Workshop, Smolenice, Czechoslovakia, June 17-21, 1991. JINR, E7-92-95, Dubna, 1992, p.314-319.

57. Gohs U. Evaluation of Total Fission Characteristics for  $^{235}\text{U}$  in the Low Energy Region. In: Nuclear Data for Science and Technology. Proc. of Int. Conf. Julich, FRG, 13-17 May, 1991. Springer-Verlag, 1992, p.98-100.

58. Grigoriev Yu.V., Georgiev G.P., Zamyatnin Yu.S. et al. Measurement and Analysis of Resonance Structure for  $^{238}\text{U}$  Total and Radiative Capture Cross Sections in Energy Range 0.465-200 keV. Proc. of an Int. Conf. "Nuclear Data for Science and Technology", Julich, 13-17 May, 1991, Springer-Verlag, Berlin, 1992 p.83-85.

59. Nikolenko V.G., Popov A.B. On the Correctness of Estimates on (n, e)-Amplitude and Neutron Polarizability from Total Cross Sections of Bi and Pb. Z.Phys.A - Hadrons and Nuclei, 1992, 341, p.365.

60. Nikolenko V.G., Popov A.B. n,e-Amplitude Estimate Independent of Nuclear Scattering Model. In: Contribution Papers of the Int.Conf. of the Structure of Baryons and Related Mesons. - "Baryons'92", New Haven, USA, 1-4 June, 1992, p.1; In: Proc. Workshop on Hadron Structure from Photo-Reactions at Intermediate Energies. Brookhaven Nat.Lab., BNL-47972, May 28-29, 1992, p.140.

61. Nikolenko V.G., Popov A.B. Reestimation of Neutron Polarizability from Cross Section of  $^{208}\text{Pb}$ . JINR, E3-92-254, Dubna, 1992.

62. Nikolenko V.G., Popov A.B. n,e-Amplitude Estimate Independent of Nuclear Scattering Model. JINR, E3-92-255, Dubna, 1992.

63. Pokotilovski Yu.N. Moving Converters as the Possible Tool for Producing Ultracold Neutrons on Pulsed Neutron Sources. NIM, 1992, A314, 561-2.

64. Pokotilovski Yu.N. On Mössbauer Effect Experiments to Search for the New Light Bosons. Contribution to III Symp. on Weak and Electromagnetic Interactions in Nuclei, Dubna, June, 1992. WEIN-92.

65. Pokotilovski Yu.N., Takhtamyshev G.G. Neutron-Neutron Scattering - Possibility of In-Beam Experiment. Preprint JINR, E3-92-417, Dubna, 1992; Submitted to "Phys.Lett. B"

66. Stoica A.D., Strelkov A.V., Shvetsov V.N. Proposal of Experiments with Ultracold Neutrons (UCN) at BGR Reactor (Arzamas-16). Programme and Abstracts of 6th Int. Conf. on Nuclei Far from Stability. 9th Int. Conf. on Atomic Masses and Fundamental Constants. July, 1992, p.PH18.

67. Strelkov A.V. Results of Neutron Life-Time Measurements with Gravitational UCN Trap. В сб.: VI Международная школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, т.1, с.194-201.

68. Sukhovoij A.M. The main Peculiarities of Complex Nuclei Compound States  $\gamma$ -Decay. In: Nuclear Structure and Nuclear Reactions at Low and Intermediate Energies. Dubna, 1992, Contributions, p.71.

69. Sukhovoij A.M. Determination of the Radiative Strength Function. In: International Nuclear Physics Conference, Wiesbaden, Germany, 1992. Book of Abstracts. Ed. U.Grundinger, p.26.

70. Vesna V.A., Gledenov Yu.M., Okunev I.S., Parzhitskii S.S., Popov Yu.P., Shulgina E.V. Search for p-Odd Effects in the Reaction  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  with Polarized Neutrons. In: Int. Seminar on the Interaction of Neutrons with Nuclei. JINR, E3-92-128, Dubna, 1992, p.19.

71. Vesna V.A., Okunev I.S., Gledenov Yu.M., Parzhitskii S.S., Popov Yu.P. A Search for p-Odd Effects in Reactions  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  and  $^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$ . In: Int. Symp. on Weak and Electromagnetic Interactions in Nuclei. JINR, E1,3,6,15-92-241, Dubna, 1992, p.22.

72. Vesna V.A., Gledenov Yu.M., Okunev I.S., Parzhitskii S.S., Popov Yu.P., Shulgina E.V. P-Odd Correlations in the Reactions  $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$  and  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  with Polarized Neutrons. In: Int. Nucl.Phys.Conf., Wiesbaden, Germany, 1992, p.1.4.10.

## ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД С ПОМОЩЬЮ НЕЙТРОНОВ

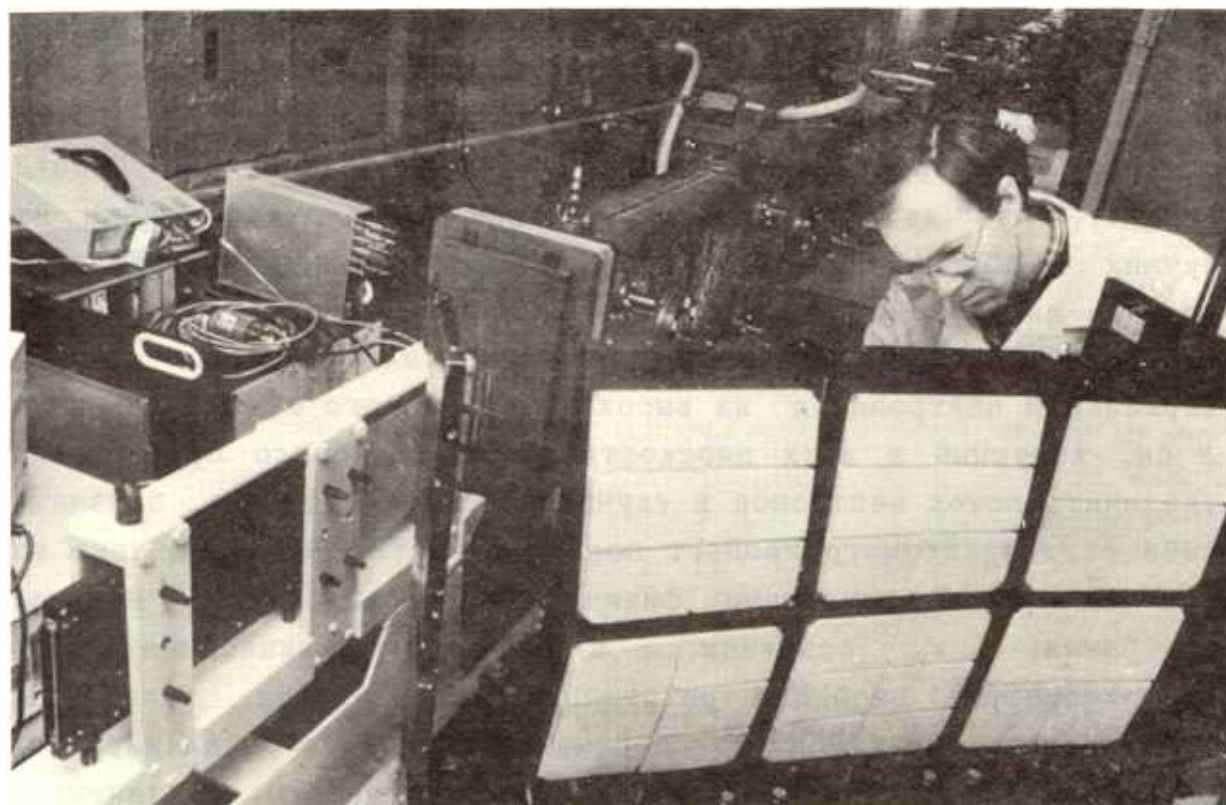
В отчетном году на физических установках реактора ИБР-2 получен ряд новых результатов как научных, так и методических.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Главным событием года стало начало работы фурье-дифрактометра высокого разрешения (ФДВР). ФДВР создавался по совместному проекту ОИЯИ, ПИЯФ (Гатчина) и Центра технических исследований (Финляндия) в течение последних четырех лет. В июне 1992 г., непосредственно перед летней остановкой реактора ИБР-2, был проведен первый сеанс измерений на ФДВР, в ходе которого, несмотря на ограниченное время, была получена важная информация. Так, было подтверждено, что идея о реализации фурье-методики на импульсном источнике нейтронов типа ИБР-2, правильна, а именно, с ее помощью можно добиться рекордных параметров дифрактометра по разрешению и светосиле. Уже в первых измерениях, проведенных на макетном варианте зеркального нейтроновода и до окончательной юстировки детектора, было достигнуто разрешение по межплоскостному расстоянию 0,0013 (рис. 4), что является лучшим уровнем в России и одним из лучших в мире (сейчас на импульсных источниках нейтронов только дифрактометр HRPD в RAL имеет лучшую разрешающую способность). В октябре 1992 г. на ФДВР был установлен штатный зеркальный нейтроновод из высококачественного стекла толщиной 3 см, конусный в двух плоскостях. Это позволило существенно увеличить поток нейтронов и улучшить фоновые условия. В начале 1993 г. дифрактометр пройдет полную аттестацию, после чего на нем начнутся регулярные физические исследования. Научная программа, в основном, включает традиционные для дифрактометров высокого разрешения исследования, такие как прецизионные структурные эксперименты. Кроме того, планируются эксперименты в режиме реального времени и работы, связанные с изучением формы дифракционных пиков. Последний вопрос интересен как с научной, так и с практической точек зрения.



*Фурье-прерыватель нейтронного дифрактометра высокого разрешения ФДВР на пучке № 5 реактора ИБР-2*



*Оконечная часть зеркального нейтронновода и детекторная система дифрактометра ФДВР*

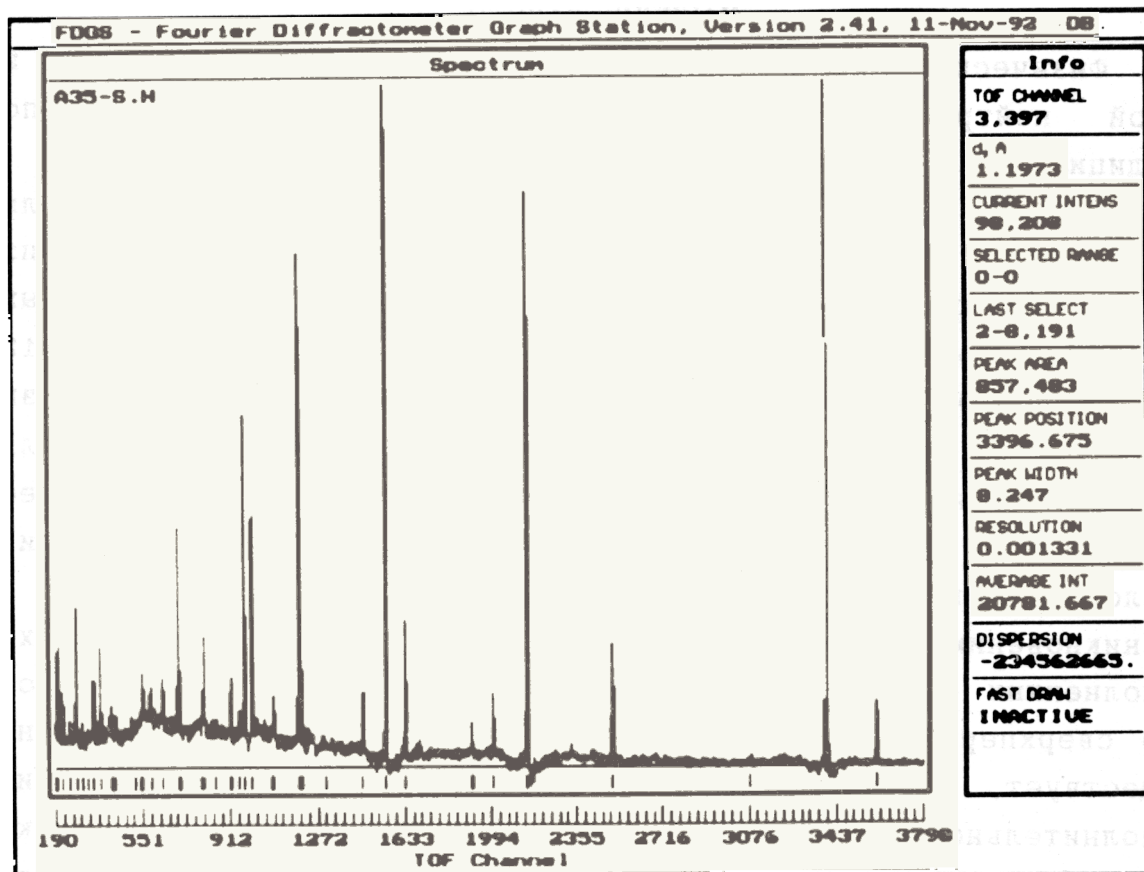


Рис. 4. Дифракционный спектр от стандартного образца  $Al_2O_3$  ( $\varnothing 4$  мм,  $L=25$  мм), измеренный на дифрактометре ФДВР за 2 часа

Еще одной крупной методической работой на реакторе ИБР-2, проводившейся совместно с Институтом физики твердого тела и СП Российского научного центра "Курчатовский институт", стала подготовка дифрактометра на канале № 12 к экспериментам с камерами высокого давления. За короткое время был сформирован нейтронный пучок, подготовлено и смонтировано оборудование, созданное в РИЦ КИ, подготовлен измерительный электронный модуль. В конце 1992 г. на ДН-12 (так будет называться новый дифрактометр) начаты тестовые измерения.

На нейтронном спектрометре высокого разрешения (НСВР) был переоборудован текстурный гониометр, благодаря чему стало возможным измерение полных полюсных фигур исследуемых образцов. Были проведены соответствующие методические работы и усовершенствовано программное обеспечение НСВР, что позволило сделать существенный шаг в исследовании текстур многофазных материалов с низкой кристаллографической симметрией (до триклинной сингонии).

Завершается создание нового рефлектометра на поляризованных нейтронах РЕФЛЕКС на пучке № 9 реактора ИБР-2.



## НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

Физические исследования проводились на ранее введенных в строй нейтронных спектрометрах на реакторе ИБР-2 по традиционным для ЛНФ научным направлениям.

Среди структурных работ заметное место заняли исследования ВТСП. В работе А.И.Бескровного с коллегами из Праги было продолжено изучение модуляции структуры висмутовых сверхпроводников (рис.5). В сверхпроводниках типа  $\text{Bi-2212}$  ( $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\gamma}$ ) пока остается неясным структурный механизм формирования избыточного электронного заряда, необходимого для возникновения сверхпроводящих свойств. Один из наиболее вероятных - встраивание дополнительного (сверх стехиометрии) кислорода в  $\text{BiO}$ -плоскости, что должно приводить к возникновению характерной сверхструктуры (рис.6). В работах, выполненных в 1990 г. на дифрактометре ДН-2, было показано, что сверхпериод, равный 19 постоянным решетки, действительно существует, и было определено место встраивания дополнительного кислорода. Эти результаты стали широко известны и много цитировались, однако требовались подтверждающие данные. Их удалось получить в этом году в эксперименте на монокристалле  $\text{Bi-2212}$ , в котором  $\text{Ca}^{+2}$  был заменен на  $\text{Y}^{+3}$ . Измеренные период модуляции этой структуры (17 постоянных решетки) и избыток кислорода (0,5 атома на формульную единицу) совпали с ожидаемыми, что является высоким аргументом в пользу правильности модели, предложенной для исходного соединения.

Продолжались исследования структурных эффектов, связанных с замещением меди на железо в соединении  $\text{Y123}$ . На дифрактометре ДН-2 проведена серия экспериментов на образцах с различным содержанием железа и концентрацией кислорода (рис.7). Параллельно на всех образцах проводились измерения эффекта Мессбауэра. Сочетание этих двух методов позволило получить подробную и достоверную информацию о магнитной фазовой диаграмме этого соединения (рис.8). В частности, были определены области сосуществования сверхпроводимости и магнитного упорядочения типа спинового стекла моментов, находящихся в цепочках  $\text{Cu-O}$ , и области, в которых возникает дальний антиферромагнитный порядок. Установлен сложный характер антиферромагнитной структуры, проявляющийся в последовательном по концентрации железа возникновении упорядочения моментов сначала только в медь-кислородных

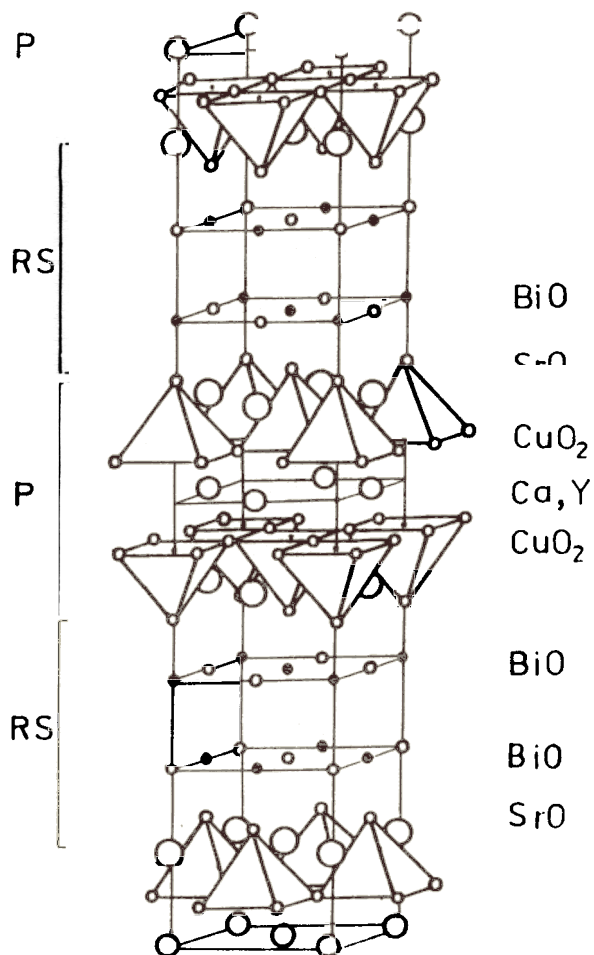


Рис. 5. Структурная модель соединений  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\gamma}$  или  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{8+\gamma}$

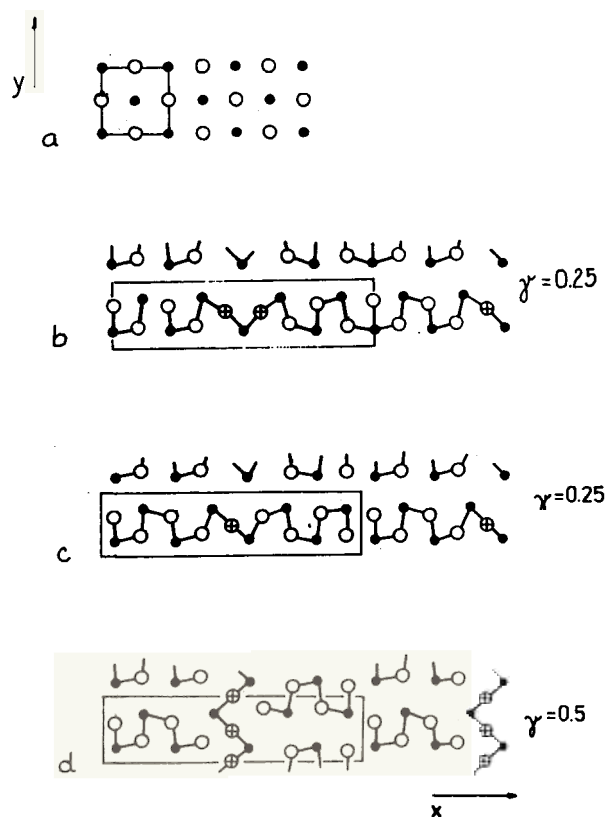


Рис. 6. Структура  $\text{BiO}_{1+0.5\gamma}$ -плоскостей: а -  $\gamma=0$ ; б, с -  $\gamma=0,25$  при различном виде 4а-модуляции; д -  $\gamma=0,5$  (катионы Bi показаны черными кружками)

цепочках, а затем и в плоскостях  $\text{CuO}$ . В отличие от системы Y123 с замещением меди на кобальт, установлено отсутствие корреляции между температурой сверхпроводящего перехода и длиной межатомного расстояния  $\text{Cu2}-\text{O1}$ , которое практически постоянно во всем диапазоне концентраций примесного атома. Этот эффект противоречит обсуждаемому в литературе универсальному механизму потери сверхпроводимости в Y123 из-за увеличения этого расстояния и связанного с ним переноса отрицательного заряда из цепочек в плоскости и указывает на более сложный характер процессов, происходящих при допировании Y123 железом.

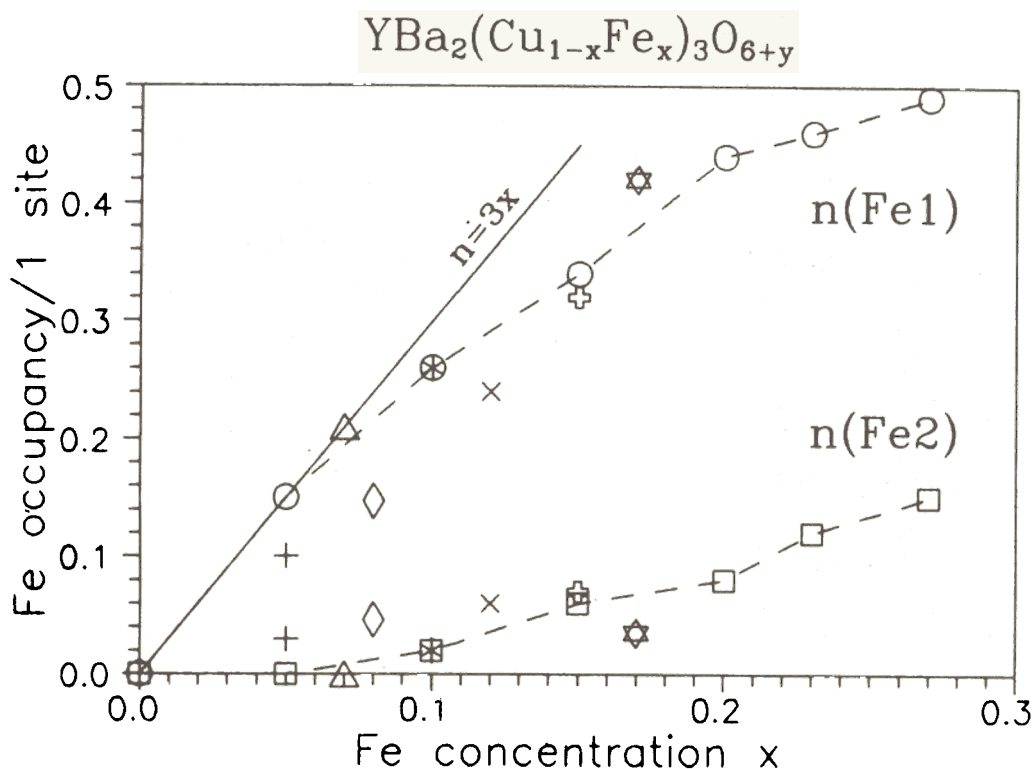


Рис. 7. Факторы заполнения позиций Cu1 и Cu2 в Y123-Cu/Fe атомами железа в зависимости от их концентрации в насыщенных кислородом образцах. Показаны данные А.М.Балагурова и др. (o, □) и литературные данные (остальные - точки)

На аналогичной серии образцов Y123 с железом проведено дифракционное исследование возможного эффекта перераспределения железа между медь-кислородными цепочками и плоскостями при отгонке кислорода из образцов. Было показано, что если этот предполагаемый эффект и есть, то он очень мал. Для проверки на реакторе LLB (Сакле) на одном из образцов были выполнены измерения, которые подтвердили полученный результат. Установление этого факта оказалось очень важным для корректной интерпретации многочисленных мессбауэровских исследований соединения Y123.

Из многочисленных экспериментов, выполненных в режиме реального времени, отметим здесь совместную с физиками из ИФТТ (Черноголовка) работу по фазовым состояниям в дейтериде титана TiD. Она явилась продолжением исследований, начатых в 1991 г. и проведенных в области температур от азотной до комнатной. На этот раз измерения были выполнены при температурах от комнатной до 870 К. Таким образом, полный исследованный

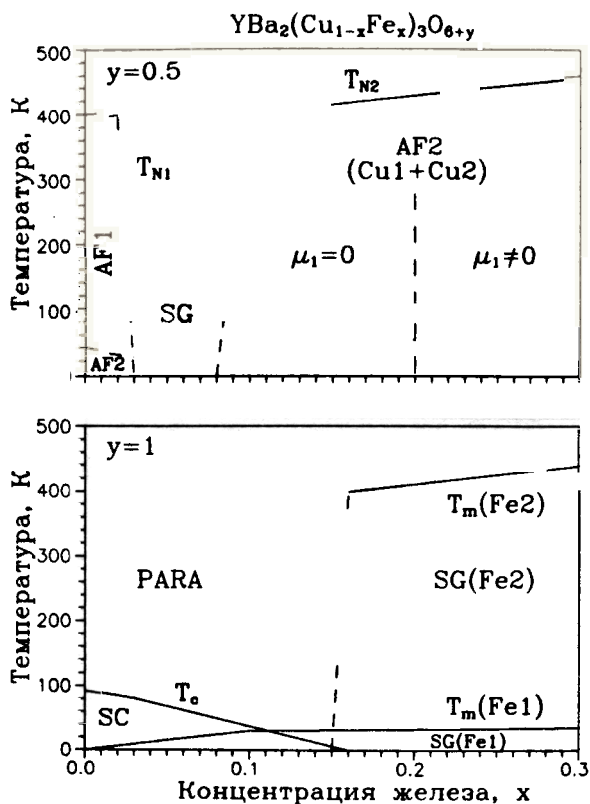


Рис. 8. Магнитные фазовые диаграммы для насыщенной ( $y \approx 1$ , нижний рисунок) и обедненной ( $y \approx 0,5$ , верхний рисунок) системы Y123- Cu/Fe. Нижний рисунок: линия  $T_c$  - температура перехода в сверхпроводящее состояние,  $T_m(Fe1)$ ,  $T_m(Fe2)$  - температуры перехода магнитных моментов железа в состояние спинового стекла в узлах Cu1 и Cu2 соответственно. Верхний рисунок: линии  $T_{N1}$  и  $T_{N2}$  - температуры Нееля антиферромагнитного упорядочения моментов атомов в узлах Cu2 и, дополнительно, Cu1; в области

AF1 период магнитной структуры вдоль оси с совпадает с ядерным, в областях AF2 он удваивается; в области с  $\mu_1 = 0$  ( $\mu_1$  - симметричная часть среднего упорядоченного магнитного момента в узлах Cu2) наблюдаются магнитные пики с полуцелым  $\ell$ , в области с  $\mu_1 \neq 0$  появляются пики с целым  $\ell$

диапазон составил около 700 К, в нем было наблюено семь различных фаз и промежуточных состояний с hcp, fcc, fco или bcc решетками металла и атомами дейтерия, распределенными по октаэдрическим или тетраэдрическим позициям структуры.

Продолжались эксперименты по исследованию структурных фазовых переходов в сегнетоэлектриках-сегнетоэластиках. В совместной с Институтом физики УАМ (Познань) и ИФТМ (Бухарест) работе обнаружен структурный сегнетоэластический фазовый переход в  $Rb_4LiH_3(SO_4)_4$  и определена симметрия сегнетофазы. Совместно с ИЦ - Россендорф были продолжены исследования сегнетоэлектрика стронций-барий ниобата с размытым фазовым переходом. В дополнение к ранее исследованным двум высокотемпературным фазовым переходам было обнаружено существование двух низкотемпературных переходов, один из которых связан с поворотом сегнетоэлектрической оси на  $90^\circ$ .

На установке ДИФРАН получены первые результаты по ультразвуковой модуляции дифракции тепловых нейтронов на монокристалле кремния.

На дифрактометре СНИМ-2, оборудованном импульсным магнитом, были продолжены исследования по кинетике спин-флоп-перехода в антиферромагнетиках  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Обнаружен гистерезис в зависимости угла поворота намагниченностей подрешеток от величины действующего магнитного поля (рис.9), в котором проявляется различие в поведении антиферромагнетика при возрастании поля и при его

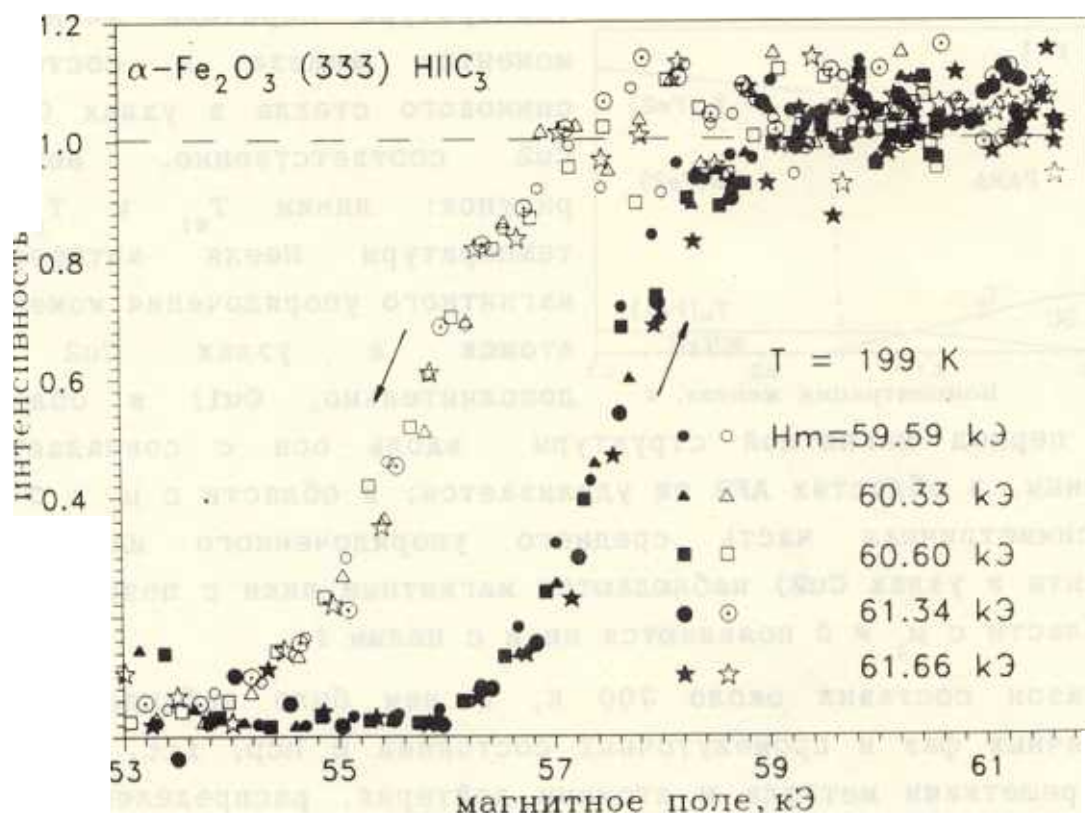


Рис. 9. Зависимость интенсивности дифракционного пика (333) монокристалла  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  от напряженности импульсного магнитного поля при температуре 199 К. Черные точки соответствуют переднему фронту магнитного импульса, светлые - заднему.  $H_m$  - амплитуда магнитного импульса

уменьшении в магнитном импульсе. Гистерезисные явления объясняются тем, что: 1) при достаточно быстром изменении поля ( $\approx 2 \cdot 10^8$  Э/с) процесс спин-флоп-перехода протекает адиабатически, т.е. не успевает происходить обмен энергией между спиновой и фононной системами; 2) в эксперименте наблюдаются релаксационные процессы, связанные с конечным временем ( $\approx 10^{-5}$  с) установления равновесного состояния в магнитной системе и обусловленные релятивистскими магнитными

взаимодействиями. Выполнены дифракционные исследования образца  $\text{HoFeO}_3$  при воздействии внешнего магнитного поля. Обнаружено антиферромагнитное упорядочение редкоземельной подрешетки, в отсутствие поля находящейся в парамагнитном состоянии.

На текстурном дифрактометре НСВР были получены полные полюсные фигуры от 42 образцов кварцитов, гнейсов, амфиболитов, ксенолитов, в том числе изучено 12 образцов из Кольской и Германской сверхглубоких скважин. Были исследованы текстуры искусственно деформированных кварцитов и ванадий-титановых сплавов. Эти работы проводились совместно с учеными Германии (из Исследовательского центра в Россендорфе, Университета в Геттингене, Высшей технической школы в Аахене и Технического университета в Клаустале) и российских научных центров (ИФЗ РАН, ГЕОСИСТЕМ, МИФИ, УПИ в Екатеринбурге, ТТГУ в Туле). Кроме этого были проведены измерения формфактора жидких щелочных металлов (совместно с учеными румынского ИАФ в Бухаресте), исследованы распределение атомных пар в электрических сплавах (совместно с Техническим университетом в Кемнице (Германия)) и ближний порядок в оксидных стеклах (совместно с университетом в Ростоке (Германия)).

Активные исследования проводились на спектрометре малоуглового рассеяния МУРН. Проведено прямое экспериментальное сравнение МУРН с одним из лучших спектрометров данного типа D-11 в ИЛЛ (Гренобль). Параллельные измерения были проведены с образцами, имеющими чрезвычайно широкий спектр размеров составляющих их частиц. На основе совместного анализа результатов измерений сделаны следующие выводы: а) абсолютные значения интенсивности и радиусов инерции в пределах ошибок совпадают для обеих установок; 2) диапазон передаваемых импульсов на МУРН в 2 раза шире, чем на D-11; 3) измерения слаборассеивающих образцов (сечение  $\mu < 0,05 \text{ см}^{-1}$ ) занимают одинаковое время на обоих инструментах; 4) измерения сильнорассеивающих образцов ( $\mu > 0,1 \text{ см}^{-1}$ ) требуют на МУРН значительно большего времени, чем на D-11. Однако уровень методического совершенствования дифрактометра D-11 уже практически достиг потолка, в то время как ввод в эксплуатацию криогенного замедлителя на реакторе ИБР-2, а также установка на пучке № 4 нового позиционно-чувствительного детектора, подготовка которого находится в стадии завершения, существенно расширят возможности МУРН как за счет увеличения спектрального диапазона, так и за счет лучшего пространственного разрешения

при регистрации рассеянных нейтронов. Были исследованы различные сорта портландских цементов, их гидратация в пастах. Найдено, что сухой цемент следует потенциальному закону Порода, в то время как пасты в измеренном Q-диапазоне не дают подобного поведения кривых малоуглового рассеяния. Совместно с ЛЯР проведено исследование ядерных треков в твердотельных детекторах методом малоуглового рассеяния нейтронов. Также изучены фольги типа РЕРТ. Облученные фольги показывают гинье-подобное поведение кривых рассеяния. Измеренный радиус инерции оказался около 8 нм. При отжиге ( $160^\circ$ ) радиус уменьшается.

Продолжались поиски эффектов возмущения структуры растворителя вблизи растворенной молекулы (рис.10).

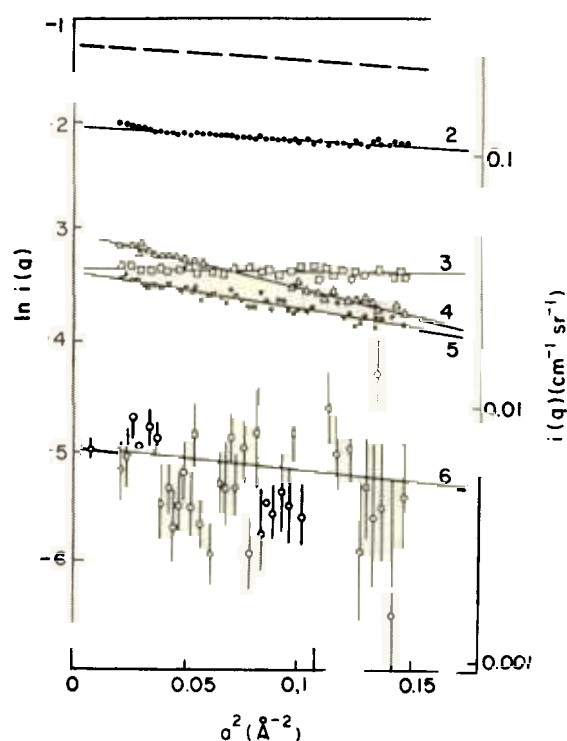


Рис.10 Кривые Гинье, полученные из измерений малоуглового рассеяния нейтронов на спектрометре МУРН: 1 - раствор  $\text{H}_2\text{O}:\text{D}_2\text{O} = 1:1$  (экспериментальные точки не показаны); 2 -  $\text{H}_2\text{O}:\text{D}_2\text{O} = 1:4$ ; 3 - образец ванадия толщиной 3 мм; 4 - раствор (1М) Н-ТМУ в  $\text{D}_2\text{O}$ ; 5 - раствор (1М) смеси Н- и D-ТМУ в  $\text{H}_2\text{O}-\text{D}_2\text{O}$  при 30 мол.%  $\text{H}_2\text{O}$ ; 6 - раствор (1М) Н-ТМУ в  $\text{H}_2\text{O}-\text{D}_2\text{O}$  при 60 мол.%  $\text{H}_2\text{O}$

Эксперименты (совместно с сотрудниками из ЦИФИ, Будапешт) были проведены с раствором тетраметилмочевины (ТМУ), и получены температурная и концентрационная зависимости закона рассеяния. Несмотря на малость измеряемых сечений рассеяния, удалось выявить ориентационное возмущение структуры раствора вблизи молекулы ТМУ, а также установить наличие притягивающего потенциала между молекулами, который, как было предположено, возникает из-за гидрофобных взаимодействий.

На спектрометре поляризованных нейтронов СПН-1 были продолжены исследования магнитных свойств тонких и многослойных пленок методом зеркального отражения.

Измерен профиль проникающего в сверхпроводящие ниобиевые пленки постоянного магнитного поля (рис.11). При температуре 4,9 К поле 500 Э в пределах  $\xi = 28$  нм в сверхпроводнике у границы с вакуумом проникает практически без затухания, что связано с приповерхностным подавлением параметра порядка сверхпроводника. Далее в глубине пленки затухание соответствует лондоновскому закону с постоянной  $\Lambda = 45$  нм.

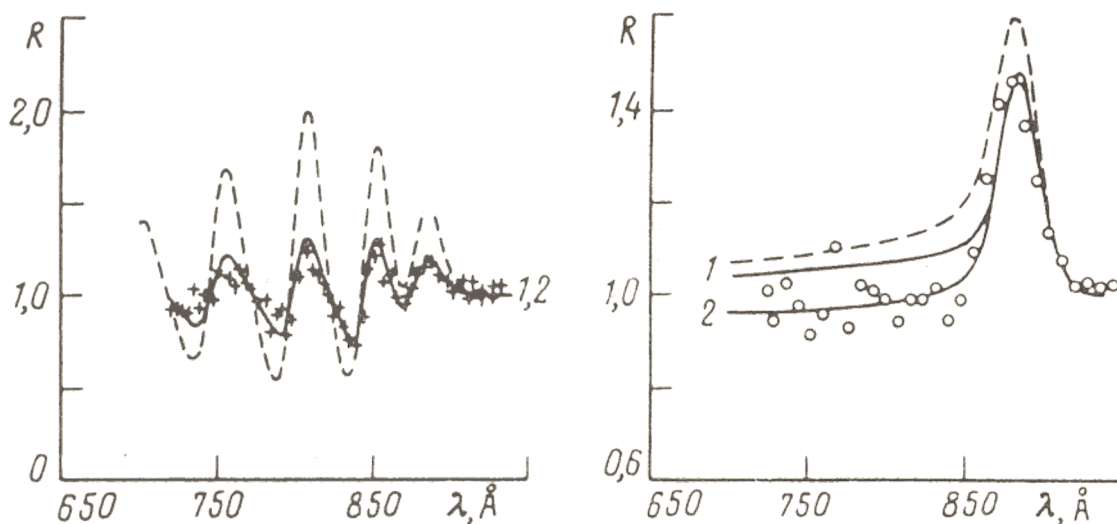


Рис.11. Экспериментальное отношение  $R$  коэффициентов отражения нейтронов с противоположными поляризациями в зависимости от нормальной к плоскости пленки компоненты длины волны  $\lambda$  нейтрона: крестики - тонкая пленка; кружки - толстая пленка. Пунктирная кривая - расчет для лондоновской модели при  $\Lambda = 43$  нм; сплошная кривая: 1 - расчет для лондоновской модели при наилучшей подгонке при  $\Lambda = 95$  и  $90$  нм для тонкой и толстой пленок; 2 - расчет по модели с включением мертвого слоя у границ пленки (получено согласованное по обеим пленкам решение с  $\xi = 28$  нм и  $\Lambda = 45$  нм)

Предсказано и экспериментально доказано, что одноосно анизотропные магнитные пленки с достаточно большой коэрцитивной силой обладают способностью создавать пучки поляризованных нейтронов разного знака в зависимости от ориентации слабого внешнего магнитного поля относительно вектора намагниченности пленки (рис.12). Это позволяет использовать их в качестве широкоспектральных поляризаторов



нейтронов в поляризационных нейтронных спектрометрах применения спин-флиппера.

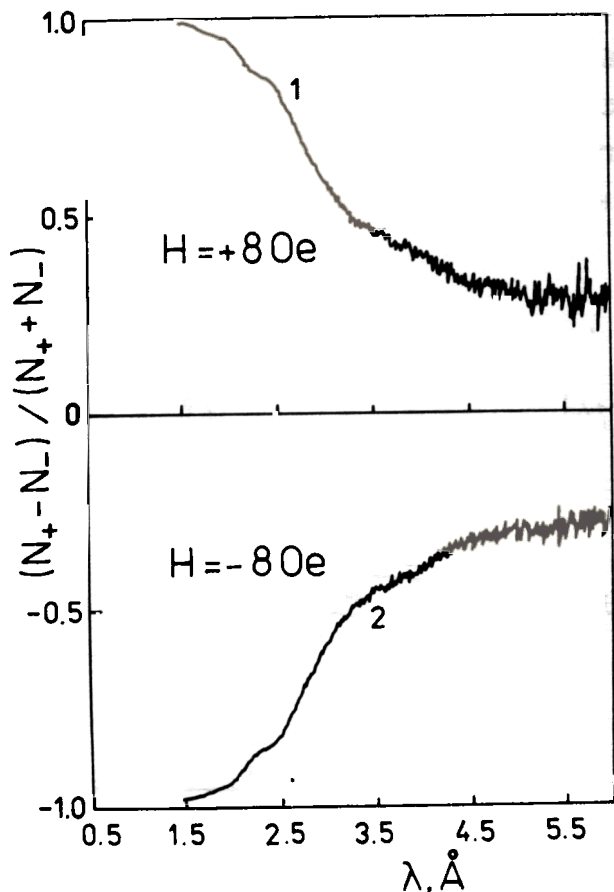
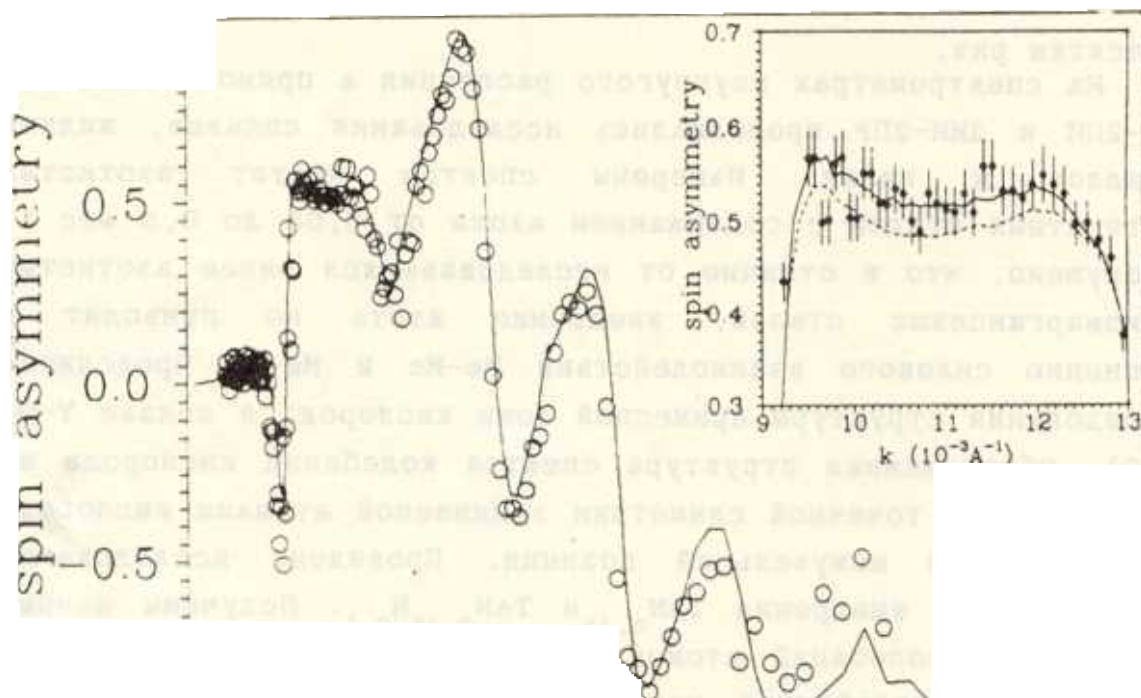


Рис. 12. Экспериментальная зависимость величины  $P_0P = (N_+ - N_-) / (N_+ + N_-)$  (здесь  $P_0$  - поляризация падающего пучка,  $P$  - поляризующая способность пленки) от длины волны  $\lambda$  нейтрона для пленки FeCo с прямоугольной петлей гистерезиса: 1 - направление внешнего магнитного поля параллельно намагниченности пленки, 2 - антипараллельно

Проведены первые эксперименты по поиску индуцированного магнитного момента в немагнитной среде, прилегающей к намагниченной среде. Измерения были сделаны на серии образцов Pd/Co(20  $\text{\AA}$ )/Pd (рис. 13). Магнитный момент в слое Co оказался равным  $1,7 \mu_B$ . Эффект возникновения момента в слое Pd не был обнаружен, была установлена верхняя граница на его величину  $\mu < 0,4 \mu_B$ . Другое исследование было направлено на изучение ферро- и антиферромагнитных обменных взаимодействий в связанных пленках. Эти исследования представляют большой интерес для выяснения природы явления гигантского магнитосопротивления в таких пленках. Метод отражения нейтронов в отличие от оптических и магнитометрических методов позволяет определить величину и направление вектора намагниченности в каждом слое отдельно. Первые эксперименты были проведены на образцах Co/Cu/Co для толщин слоя Cu 9 и 13  $\text{\AA}$ . Было обнаружено необычное поведение этих эпитаксиальных структур, демонстрирующих очень слабое или практически нулевое антиферромагнитное спаривание между магнитными и немагнитными

слоями. Ферромагнитное взаимодействие наблюдалось уже при слабых внешних магнитных полях: при 30 Гс магнитный момент на 1 атом Со составил  $1,1 \mu_B$ . При увеличении внешнего поля до 1,4 кГс наблюдалось лишь слабое возрастание намагниченности в этих пленках (до  $1,3 \mu_B$  на 1 атом Со). Вопрос о связи этого увеличения намагниченности с наблюдаемым в этом диапазоне полей гигантским магнитосопротивлением остается открытым.



$k$  ( )

Рис. 13. Зависимость спиновой асимметрии  $SA = (R^+ - R^-) / (R^+ + R^-)$  отражения поляризованных нейтронов от нормальной компоненты волнового вектора  $k$  нейтрона для пленки Pd/Co/Pd, нанесенной на поверхность кремния с подслоем из золота: точки - эксперимент, линия - расчет при  $\mu_{Co} = 1,73\mu_B$  и  $\mu_{Pd} = 0,4\mu_B$  в слое толщиной 5 Å на каждой границе Co/Pd. На вставке - обе линии расчетные; сплошная -  $\mu_{Co} = 1,84\mu_B$ ; штриховая -  $\mu_{Co} = 1,73\mu_B$  (соответствует массивному образцу)

С помощью пропускания поляризованных нейтронов на установке СПН-1 проведено систематическое исследование деполяризации нейтронов в образцах YBaCuO в зависимости от температуры и внешнего магнитного поля. Наиболее интересной оказалась область температур в районе  $T_c$ , где теоретически

ожидались новые магнитные явления типа: переход вихревой решетки в спин-стекольное состояние, плавление вихревой решетки и др., которые могут проявляться в специфическом поведении деполяризации нейтронов при изменении температуры и внешнего поля. Кривые деполяризации указывают на микромагнитное распределение в образце, подобное спин-стекольному, при температурах выше 80 К и в полях, превышающих первое критическое значение при этих температурах в десятки раз.

На спектрометрах неупругого рассеяния в прямой геометрии ДИН-2ПИ и ДИН-2ПР продолжались исследования сплавов, жидких металлов и гелия. Измерены спектры частот азотистых аустенитных сталей с содержанием азота от 0,06 до 0,5 вес.%. Обнаружено, что в отличие от исследовавшихся ранее азотистых хромомарганцевых сталей, внедрение азота не приводит к изменению силового взаимодействия Me-Me и Me-N. Продолжены исследования структуры примесной зоны кислорода в сплаве Y-O-(H,D). Обнаруженная структура спектра колебаний кислорода не соответствует точечной симметрии занимаемой атомами кислорода октаэдрической межузельной позиции. Проведены исследования сплавов  $\beta$ -фаз внедрения  $TaN_{0,45}$  и  $TaN_{0,45}H_{0,1}$ . Получены данные об энергиях колебаний атомов азота и водорода и константах силового взаимодействия металл-атом внедрения. Продолжалось исследование двойных и тройных твердых растворов внедрения. На примере раствора  $TaV_{0,03}N_{0,03}$  изучалось явление "захвата" внедренных атомов примесями замещения. Кроме локальных пиков азота в спектре частот исследованного раствора наблюдались особенности, обусловленные колебаниями атомов ванадия, связанных с "захваченными" атомами азота. Измерены спектры неупругого рассеяния нейтронов  $PbF_2$  в интервале температур 293-773 К с целью определения плотности фононных состояний при температурах выше и ниже точки суперионного перехода  $T_c \approx 700$  К.

Продолжалось исследование жидкого калия в температурном интервале 340-550 К. Разработана методика учета когерентных эффектов на основе вязко-упругой модели Лавси. В результате анализа экспериментальных спектров по разработанной методике удалось получить ряд микродинамических характеристик жидкого калия: автокорреляционную скоростную функцию, среднеквадратичное смещение атома как функцию времени, среднеквадратичную амплитуду колебаний атомов, силовую постоянную поля межатомных взаимодействий. Двумерные жидкости

изучались на примере воды, адсорбированной на поверхности пирогенного кремнезема и пористого диоксида кремния. В результате моделирования закона квазиупругого рассеяния и анализа угловой зависимости дисперсий распределений получены значения коэффициентов самодиффузии молекул воды, гидратационной оболочки кремнеземов и гидрогеля аэросила, значения средних квадратов отклонений атомов водорода от положения равновесия.

Впервые проведены исследования жидкого гелия с начальной энергией нейтронов ( $E_0 = 2,05$  и  $2,45$  мэВ), которая меньше энергии большинства ветвей многофононного рассеяния. Разрешение по энергии рассеянных нейтронов составляло  $\Delta E = 50 \div 100$  мкэВ. Измерения сделаны в интервале температур  $0,4 - 4,2$  К. Впервые было наблюено рассеяние нейтронов на сверхтекучем He-II с приобретением энергии. С помощью двухгауссового разложения проведен анализ формы экспериментально наблюдаемых фонон-максон-ротонных пиков (рис. 14).

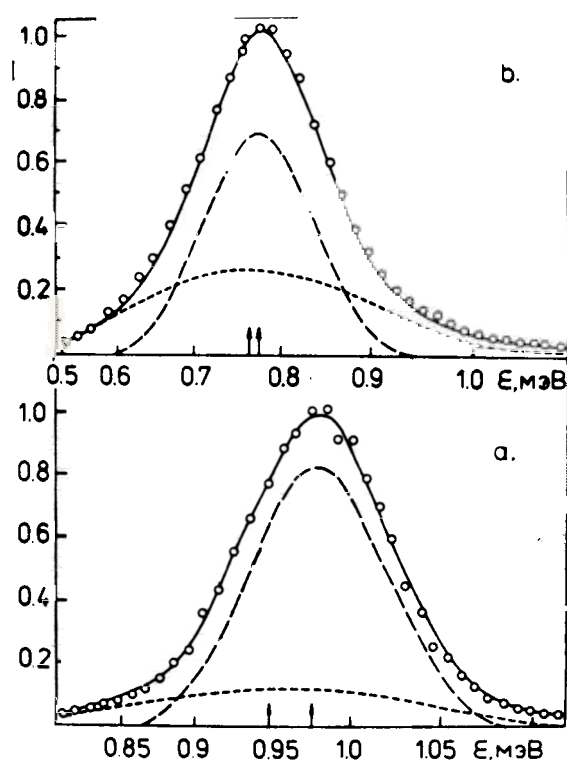
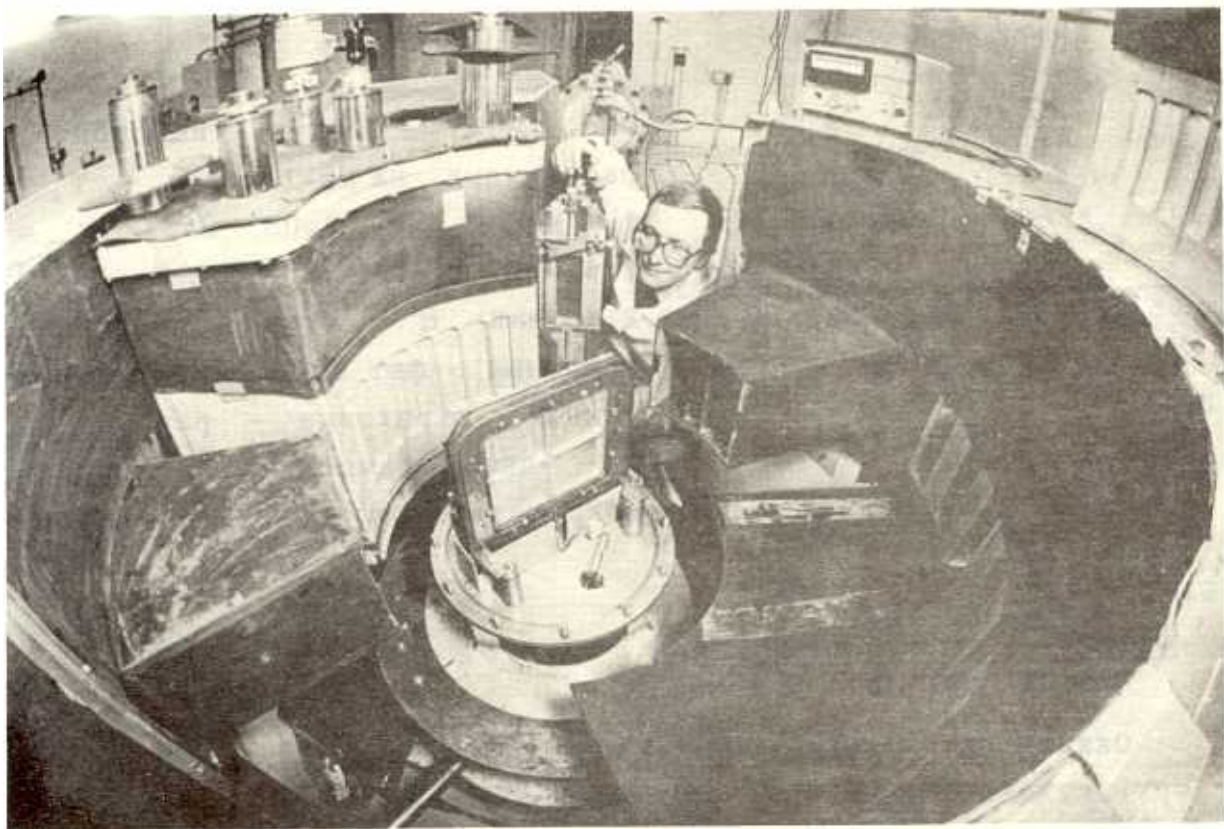


Рис. 14. Спектр нейтронов, рассеянных на He-II: а -  $T = 1,4$  К;  $E_0 = 2,05$  мэВ;  $q = 1,6 \text{ \AA}^{-1}$ ; б -  $T = 1,72$  К;  $E_0 = 2,45$  мэВ;  $q = 1,83 \text{ \AA}^{-1}$ . Линии: сплошная - фит экспериментальных данных; штриховые - разложение на два гауссиана. Стрелки показывают положение гауссианов

Оказалось, что спектр элементарных возбуждений сверхтекучего гелия при волновых векторах  $q \geq 0,48 \text{ \AA}^{-1}$  и энергиях возбуждения  $\epsilon > \Delta$ , где  $\Delta$  - щель ротонного минимума, разделяется на две близлежащих ветви (рис. 15). Возможно, одна из них связана с "нормальной" компонентой жидкого гелия, а другая обязана существованию бозе-конденсата.



*Текстурный нейтронный дифрактометр НСВР на пучке № 7а  
реактора ИБР-2*

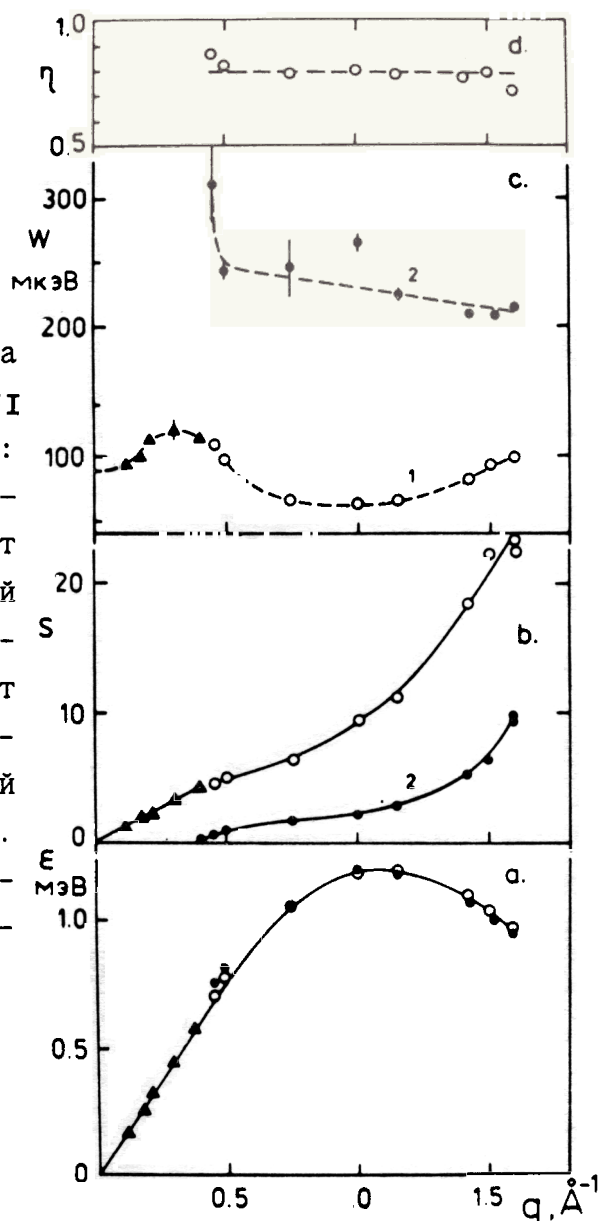


*Спектрометр неупругого рассеяния нейтронов в обратной  
геометрии НБРА-ПР на пучке № 7б реактора ИБР-2*



*Спектрометр неупругого рассеяния нейтронов в прямой геометрии ДИН-2ПИ на пучке № 2 реактора ИБР-2*

Рис. 15. Результаты анализа экспериментальных спектров He-II при  $E_0 = 2,05$  мэВ и  $T = 1,4$  К: а - дисперсионная кривая; б - зависимость площади гауссиана от волнового вектора  $q$ : 1 - узкий гауссиан, 2 - широкий; в - зависимость ширины гауссиана от  $q$ : 1 - узкий гауссиан, 2 - широкий; д - отношение площадей узкого гауссиана и полного пика. Кружки - обработка по двух-гауссовой модели, треугольники - одногауссовая модель



На спектрометрах в обратной геометрии КДСОГ и НЕРА-ПР возможны одновременные исследования неупругого рассеяния и дифракции нейтронов. Такие комплексные исследования эффективно проводятся для изучения фазовых переходов в диапазоне температур 4-400 К и давлений 1 бар - 1 кбар. Были продолжены исследования фазовых переходов в пластических кристаллах типа камфоры, а также исследованы другие молекулярные кристаллы. Измерены фоновые спектры мета-, орто- и параксилора в зависимости от температуры и давления с целью изучения динамики метиловых групп и их взаимодействия с кристаллической решеткой. Исследована фазовая диаграмма системы  $K_{1-x}(NH_4)_xSCN$  и динамика  $NH_4$ -группы в зависимости от концентрации, температуры и давления. Хорошее разрешение, достижимое на спектрометре НЕРА-ПР, было использовано для исследований как

динамики решетки, так и внутримолекулярных колебаний ряда аминокислот с целью определения характерных частот колебаний молекулярных групп  $\text{CH}_3$  и  $\text{NH}_3$ . Благодаря большому сечению рассеяния нейтронов на протонах динамика этих групп хорошо проявляется в нейтронной спектроскопии.

На спектрометре КДСОГ изучены колебательные спектры мелкодисперсных силикатов и адсорбированной на них воды. Результаты используются для выяснения микроскопических механизмов адсорбции воды на поверхности силикатов. Основной тематикой работ на этом спектрометре является исследование кристаллических полей в сплавах и соединениях редкоземельных элементов. Проведена серия экспериментов по исследованию кристаллического электрического поля (КЭП) в соединениях  $\text{ReCu}_2\text{Si}_2$  ( $\text{Re} = \text{Nd}, \text{Pr}, \text{Er}, \text{Tb}, \text{Ho}$ ). Определены параметры для Nd и Pr. Изучались спектры магнитных возбуждений в системах с промежуточной валентностью (ПВ)  $\text{CeNi}$ ,  $\text{Ce}(\text{La}, \text{Y})\text{Ni}$  и  $\text{PrCe}(\text{La}, \text{Y})\text{Ni}$  с целью исследования трансформации КЭП при переходе от ПВ к кондовскому режиму 4f-электронной оболочки.

#### ПУБЛИКАЦИИ

##### 1. Нейтронная дифракция

Дифрактометры ДН-2 и ДН-5 (ФДВР/ДПП)

1. Балагуров А.М., Любутин И.С. Атомная и магнитная структура  $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{O}_{6+y}$  при  $0,05 \leq x \leq 0,30$ ,  $y \approx 1$  и  $y \approx 0,5$ . ОИЯИ, P14-92-579, Дубна, 1992.

2. Горделий В.И., Исламов А.Х., Сырых А.Г. Определение флуктуаций периода повторяемости липидных и биологических мембран методом дифракции нейтронов. Биологические мембраны, 1992, № 9, с.193.

3. Миронова Г.М. Новые возможности использования конденсированных сред при использовании одиночного и комбинированного импульсного источника нейтронов и проекционной геометрии эксперимента. В трудах Международного совещания по перспективным импульсным источникам нейтронов, Дубна, июнь-91. ОИЯИ, ДЗ-92-76, Дубна, 1992, с.25.

4. Aksenov V.L., Balagurov A.M., Simkin V.G., Taran Yu.V. et al. The New Fourier Diffractometer at the IBR-2 Reactor: Design and First Results. JINR, E13-92-456, Dubna, 1992.

5. Balagurov A.M. New Diffractometers at the IBR-2 High Flux Pulsed Reactor. Physica B, 174 (1991) 542-545.



6. Balagurov A.M., Mironova G.M. et al. The Application of the Time-of-Flight Technique for Real-Time Diffraction Studies. J.Appl.Cryst., 24 (1991) 1009-1014.

7. Balagurov A.M., Kozlova E.P., Mironova G.M., Onyszkiewicz I. Phase transition in the copper ferrite. Phys.stat.sol., 1992, accepted.

8. Balagurov A.M., Mironova G.M. Phase transformation in materials studied by TOF neutron thermo-diffractometry. Powder Diffraction II, Enshede, Netherlands, 1992.

9. Beskrovnyi A.I., Shelkova I.G. et al. Neutron diffraction study of the modulated structure of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{3-x}\text{Y}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+\gamma}$  ( $x \approx 0.6$ ). Physica C, 1992, accepted.

10. Gordeliy V.I. The study of lateral structure of biological and model membranes by neutron scattering. Physica B, 180-181 (1992) 750-752.

11. Lyubutin I.S., Balagurov A.M. et al. Magnetic ordering of Fe atoms in oxygen-saturated and oxygen-reduced  $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{O}_y$ . Physica C, 195 (1992) 383-389.

12. Mironova G.M. Status and horizons of time-resolved neutron scattering at the pulsed reactor IBR-2. Materials Science Forum, v.79-82 (1991) 487-492.

13. Mironova G.M. Time-resolved diffraction and SANS study of thermal behaviour of Y123 compound over a temperature range 900-1470 K. Powder Diffraction II, Enshede, Netherlands, 1992.

14. Prokert F., Balagurov A.M., Sangaa D., Savenko B.N. Neutron diffraction study of the electric field influence on  $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$  mixed crystals. Ferroelectrics, 124 (1991) 121-126.

15. Savenko B.N. et al. Neutron diffraction study of the low temperature domain structure in  $\text{LiKSO}_4$ . Physica B, 180-181 (1992) 309-311.

16. Trounov V.A., Balagurov A.M. et al. Neutron diffraction studies of isotope-substituted tetragonal superconductors  $\text{Rba}_2\text{Cu}_{2.76}\text{Fe}_{0.24}\text{O}_{7+\delta}$  (R=Sm,Y). Physica C, 197 (1992) 123-130.

#### Дифрактометр НСВР

1. Архипов И.К., Никитин А.Н. Об одном механизме наведенной анизотропии в кристаллических горных породах. Сдано в печать (Доклады РАН).

2. Вальтер К., Никитин А.Н., Шермергор Т.Д., Яковлев В.Б.

Определение эффективных электроупругих постоянных поликристаллических текстурированных горных пород. Сдано в печать (Известия РАН, Физика Земли).

3. Вальтер К., Уллемайер К., Фойтус В., Хайнитц Й., Хельминг К. Текстурные исследования геоматериалов на спектрометре НСВР в ЛНФ им. И.М.Франка ОИЯИ. Сдано в печать (Известия РАН, Физика Земли).

4. Иванкина Т.И., Ковалев Л.А., Ковалева Е.В., Никитин А.Н. Влияние текстурных переходов внутри включения на напряженное состояние упругой среды. Сдано в печать (Известия РАН, Физика Земли).

5. Никитин А.Н., Архипов И.К. Моделирование текстурообразования в кварцсодержащих породах при фазовых переходах. Известия РАН, Физика Земли, 1992, №12, с.29 - 40.

6. Никитин А.Н. Пьезоэлектрические текстуры горных пород и механизмы их образования в Земле. Сдано в печать (Тезисы доклада на XVIII Генеральной Ассамблее Европейского геофизического сообщества, Висбаден, Германия).

7. Никитин А.Н. Текстурный анализ геоматериалов и проблемы геофизики. Сдано в печать. (Тезисы доклада на X Международной конференции по текстурам материалов (ICOTOM 10), Клаусталь-Целлерфельд, Германия).

8. Уллемайер К., Вебер К. Предпочтительные ориентировки филлитных силикатов в сильно деформированных гнейсах и их роль в кинетике деформирования. Сдано в печать (Известия РАН, Физика Земли).

9. Helming K., Voitov W., Walther K. Progress in texture investigations at the pulsed reactor IBR-2. Physica B 180 & 181 (1992) 1025 - 1028, North - Holland.

10. Ivankina T.I., Nikitin A.N., Heinitz J., Kovalev L.A. Influence of texture transformations within inclusions on the stress state of an elastic medium. Materials of the XXIII General Assembly of the European Seismological Commission, 7.9 - 12.9. 1992, Prague, Czechoslovakia.

11. Nikitin A.N., Archipov I.K., Kurtasov S.F., Walther K. The model of induced anisotropy in crystalline rocks. Materials of the XXIII General Assembly of the European Seismological Commission, 7.9-12.9. 1992, Prague, Czechoslovakia.

12. Voitov W., Heinitz J., Walther K., Isakov N.N. Neutronographische Bestimmung von Polfiguren am Diffraktometer

NSWR im VIK Dubna. Materialien zum Arbeitstreffen  
Verbundes Forschung mit Neutronen, 29.3 - 1.4.1992,  
Schandau, BRD.

#### Дифрактометр СНИМ-2

1. Владимиров В.А., Георгиев Д. и др. Управление некоторыми исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок ТЕХТ, ДВР на реакторах ИБР-2, ИБР-30. Сообщение ОИЯИ 13-92-123, Дубна, 1992.

2. Георгиев Д., Нитц В.В., Яковлев А.А. "Когерентный" спин-флоп-переход в одном антиферромагнетике. Сообщение ОИЯИ Р14-92-399, Дубна, 1992.

3. Георгиев Д., Нитц В.В., Сиротин А.П., Яковлев А.А. Температурная и полевая зависимости интенсивности рассеяния нейтронов при когерентном спин-флоп-переходе в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Сообщение ОИЯИ Р14-92-400, Дубна, 1992.

4. Георгиев Д., Нитц В.В., Сиротин А.П. Гистерезисные явления при спин-флоп-переходе, индуцированном импульсным магнитным полем. Сообщение ОИЯИ, Р14-92-401, Дубна, 1992.

5. Георгиев Д., Нитц В.В., Яковлев А.А. "Когерентное" поведение  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при спин-флоп-переходе в импульсном магнитном поле. Направлено в ЖЭТФ, 1992.

6. Нитц В.В. Кинетика "когерентного" спин-флоп-перехода в антиферромагнетике с одноосной анизотропией. Сообщение ОИЯИ Р17-92-402, Дубна, 1992.

#### Спектрометр МУРН

1. Bezzabotnov V.Yu., Cher L., Grosz T., Jancso G. and Ostanovich Yu.M. Small-Angle Neutron Scattering in Aqueous Solutions of Tetramethylurea. Journ. Phys. Chem., 1992, v. 96, p. 976-982.

2. Cher L., Farago B., Grosz T., Jancso G. and Ostanovich Yu.M. Structure and dynamics of aqueous solutions of tetramethylurea. Physica B, 1992, vv. 180 & 181, p. 848-850.

3. Eichhorn F., Haeussler F., Baumbach H. Development of Structures in hydrating Cement Paste. Annual Report 1991 of the Research Centre Rossendorf Inc., Rossendorf (Germany) 1992.

4. Gorsky N., Ostanovich Yu.M., Klose G. From und grosse von C12E4-D20-losung an hand der SANS-untersuchungen. Forschung mit Neutronen, Bad Schandau, 29.3-1.4.92, Conf. Proceeding.

5. Haeussler F., Eichhorn F., Baumbach H., Birkholz W.

Strukturbildung in hydratisierendem Zementstein. Forschung mit Neutron, Bad Schandau, 29.3-1.4.92, Conf. Proceeding.

6. Haeussler F., Eichhorn F., Baumbach H., Roehling S. Untersuchungen zur Mikrostruktur ausgewählter Zementklinkerphasen und deren Hydratationsprodukten mittels Neutronenkleinwinkelstreuung. 11. IBAUSIL, Weimar (Germany), May 6-10, 1991, Wiss. Z. Hochsch. Archit. Bauwes. - B. - Weimar, 37 (1991) 3, p.123-126.

7. Haeussler F., Eichhorn F., Birkholz W., Baumbach H. SANS study of hardening cement pastes and solid state nuclear track detectors. International Seminar on Structural Investigations at Pulsed Neutron Sources, Dubna, Moscow Region (Russia), September 1-4, 1992.

8. Nikitenko Yu.V. and Ostanevich Yu.M. Proposal of a wide-band mirror polarizer of slow neutrons at a pulsed neutron source. JINR, E13-92-316, accepted in "Nuclear Instruments and Methods".

9. Plestil J., Ilavsky M., Pospisil H., Hlavata D., Ostanevich Yu.M., Degovics G., Laggner P. SAXS, SANS and photoelasticity of poly (N,N-diethylacrylamide) networks. 1. Structure changes after temperature jumps. Polymer, 1992.

10. Serdyuk I.N., Pavlov M.Y., Rublevskaya I.N., Zaccai G., Leberman R. and Ostanevich Yu.M. New Possibilities for Neutron Scattering in the Study of RNA-Protein Interactions. In the book "The Ribosome Structure, Function and Evolution", Ed. W.E. Hill, A. Danberg, American society for Microbiology, Washington, D.C., 1991, Chapter 13.

## 2. Неупругое рассеяние нейтронов

### Спектрометры ДИН-2ПИ и ДИН-2ПР

1. Alenitcheva T.V., Danilkin S.A., Novikov A.G., Pavlov A.F., Puchkov A.V., Semenov V.A., Yadrovskii E.L. Modernization of DIN-2PI, DIN-2PR-spectrometers and their parameters. Preprint IPPE-2216, Obninsk, 1992.

2. Bogoyavlenskii I.V., Karnatsevich L.V., Kozlov Zh.A., Puchkov A.V. Neutron scattering determination of condensate in liquid  $^4\text{He}$ . Physica, B176 (1992) 151.

3. Blagoveshchenskii N.M., Bogoyavlenskii I.V., Karnatsevich L.V., Kozlov Zh.A., Puchkov A.V. Bose-condensate temperature dependence and the first measurements on DIN-22PR spectrometer. Preprint IPPE-2241, Obninsk, 1992.

4. Blagoveshchenskii N.M., Bogoyavlenskii I.V.,

Karnatsevich L.V., Kozlov Zh.A., Puchkov A.V. Elementary excitations spectrum of He II investigation by 2 meV incident neutron scattering. Preprint IPPE-2259, Obninsk, 1992.

5. Danilkin S.A., Minaev V.P., Sumin V.V. Nitrogen Atoms Frequency Spectrum of  $\alpha$ -Vanadium-Nitrogen Solid Solution. Fiz. Tverd. Tela, 1991, v.33, N 1, p.3-8.

6. Danilkin S.A., Minaev V.P., Sumin V.V. Slow-Neutron Scattering Study of Oxygen and Nitrogen Interstitial Atoms Vibrations in Vanadium. Physica B, 1991, v.174, p.241-245.

7. Danilkin S.A., Minaev V.P., Sumin V.V. Slow-Neutron Scattering Study of Influence of the Nitrogen and Carbon Alloying Additions on the Austenitic Steel Lattice Dynamics. Preprint PhEI-2221, Obninsk, 1991.

8. Danilkin S.A., Minaev V.P., Sumin V.V. Effect of Oxygen Interstitial Atoms on the Vanadium Thermodynamic Properties. Preprint PhEI-2222, Obninsk, 1991.

9. Gavriluk V.G., Danilkin S.A., Minaev V.P., Sumin V.V., Jagodzinskiy Yu.N. Slow-Neutron Scattering Study of the Nitrogen Austenitic Fe-Cr-Mn steels. Metallophysica, 1991, v.13, N 12, p.29-34.

10. Gavriluk V.G., Danilkin S.A., Efimenko S.P., Minaev V.P., Sumin V.V. Slow-Neutron Scattering Study of the Nitrogen Fe-18Cr-10Mn-16Ni Austenitic Steel. Preprint PhEI-2266, Obninsk, 1992.

11. Morozov S.I., Sumin V.V. Observation of the interstitial atoms vibration in Y-O-H solid solution by inelastic slow neutron scattering. Fiz. Tverd. Tela, 33 (1991) 3107.

12. Morozov S.I. Detail structure of the interstitial atoms local vibration spectra at  $ZrO_{0.41}H_{0.005}$  alloy. Fiz. Tverd. Tela, 33 (1991) 1909.

13. Morozov S.I., Kazarnikov V.V., Sumin V.V. Impurity vibrations in interstitial phases. Preprint IPPE-2273, Obninsk, 1992.

14. Morozov S.I. Observation of the split-vibration in interstitial alloys by inelastic slow-neutron scattering. Preprint IPPE-2190, Obninsk, 1991.

18. Sumin V.V., Danilkin S.A., Minaev V.P. The Effect of Oxygen Atoms Ordering on the Vanadium-Oxygen Solid Solution Frequency Spectrum. Preprint IPPE, Obninsk, 1991.

19. Stupak A.I. The resolution function for inelastic

scattering spectrometer with a pulsed neutron source. Preprint IPPE-2187, Obninsk, 1991.

20. Tumanov A.A., Zarko V.I. The influence of pyrogenic silica hydratation on water diffusion in surface layers. In: Int. conference of oxide surface chemistry and reaction mechanism. Kiev, Ukraine, 1992, v. 1, p. 139-143.

21. Tumanov A.A., Zarko V.I. The dynamics of water adsorbed in pyrogenic silica. Preprint IPPE-2204, Obninsk, 1991.

22. Zaezzhev M.V., Ivanovskii M.N., Novikov A.G., Savostin V.V., Shimkevich A.L. The investigations of potassium-oxygen melt atomic dynamics by neutron scattering. Proc. of Intern. seminar "Kinetic theory of evaporation and condensation transition processes", Minsk, 1991, p.88-90.

23. Zaezzhev M.V., Ivanovskii M.N., Novikov A.G., Savostin V.V., Shimkevich A.L. The elementary excitation spectrum of liquid potassium. Preprint IPPE-2254, Obninsk, 1992.

24. Zaezzhev M.V., Novikov A.G., Savostin V.V. The isotopic specific heat and anharmonic effects in liquid potassium. Preprint IPPE-2276, Obninsk, 1992.

#### Спектрометры КДСОГ и НЕРА-ПР

1. Маркичев И.В., Натканец И., Шека Е.Ф. Метод построения базисных спектров многокомпонентной системы: критерий нулевого коэффициента корреляции. Сообщение ОИЯИ Р14-92-85, Дубна, 1992.

2. Маркичев И.В., Натканец И., Шека Е.Ф. Построение базисных спектров колебаний многокомпонентной системы. 1. Аэросил. Сообщение ОИЯИ Р14-92-86, Дубна, 1992.

3. Маркичев И.В., Натканец И., Шека Е.Ф. Построение базисных спектров колебаний многокомпонентной системы. 2. Силикагель. Сообщение ОИЯИ Р14-92-87, Дубна, 1992

4. Музычка А.Ю., Горемычкин Е.А., Сашин И.Л., Дивиш М. Кристаллическое поле в соединении  $Nd_2CuO_4$ . СФХТ, 1992, т.5, № 8.

5. Федотов В.К., Колесников А.И., Кулаков В.И., Понятовский Е.Г., Натканец И., Майер Я., Кравчик Я. Изучение ангармонизма атомов меди и кислорода в иттриевой керамике методом неупругого рассеяния нейтронов. Направлено в ФТТ.

6. Федотов В.К., Колесников А.И., Сеницын В.В., Понятовский Е.Г., Натканец И., Майер Я., Браньковски Е.,

Белушкин А.В. Изучение водорода в сверхпроводящей керамике методом неупругого рассеяния нейтронов. Направлено в ФТТ.

7. Belushkin A.V., Vagov A.V., Zemlyanov M.G., Parshin P.P. Computer simulation and neutron scattering studies of lattice dynamics of  $Ba_{1-x}K_xBiO_3$ . Physica C, v. 199 (1992) 103-111.

8. Bobrowicz L., Katrusiak A., Nawrocik W., Wasicki J., Natkaniec I. Neutron Scattering in 1,3 Cyclohexanedione. International Seminar ISSI, Dubna, 1992, to be published.

9. Goremychkin E.A., Osborn R. Crystal Field Excitations in  $CeCu_2Si_2$ . To be published in "Phys. Rev. B".

10. Goremychkin E.A., Muzychka A.Yu., Osborn R. Crystal Field Potential of  $NdCu_2Si_2$ : A Comparison with  $CeCu_2Si_2$ . Physica B, v. 179, 184 (1992).

11. Janik J.A., Mayer J., Habrylo S., Natkaniec I., Zajac W., Janik J.M., Stanck T. Phase diagram of 4,4'-di-n-butyloxyazoxybenzene: Neutron diffraction Measurements at Higher Pressures. Phase Transitions, 1992, v. 37, p. 239-251.

12. Kalus J., Wolfrum J., Worlen F., Holderna-Natkaniec K., Natkaniec I., Monkenbush M., Prager M. Internal rotation-phonon coupling in lattice dynamics of p-xylene. Phonon Scattering, Ithaca 1992, to be published.

13. Muzychka A.Yu., Goremychkin E.A., Sashin I.L., Divis M., Nekvasil V., M.Nevriva, G.Fillion. Crystal field in  $Nd_2CuO_4$ . Sol. State Comm., v.82 (1992), p. 461-464.

14. Natkaniec I., Fricke J., Khavryuchenko V., Markichev I., Muzychka A., Ogenko V., Reichenaner G., Sheka E.F. Water on amorphous silicas: INS study. Physica B, v.180&181 (1992) 522-524.

15. Osborn R., Goremychkin E.A. The Linewidths of Crystal Field Excitations in  $Tm_{0.1}Y_{0.9}Ba_2Cu_3O_{6+x}$ . A Probe of the Magnetic Susceptibility of the  $CuO_2$  planes. Physica C, 185-189(1991) 1179-1180.

16. Sheka E.F., Natkaniec I., Markichev I.V., Khavryuchenko V.D. Vibrations of disperse silicas: A comparative study. Phonon Scattering Ithaca 1992, to be published.

17. Smirnov L.S., Natkaniec I., Bragin S.I., Brankowski J., Soloviev A.I., Goncharova V.A., Gromnitzkaya E.L., Ilina G.G., Stalgorova O.V. The neutron powder diffraction and acoustic investigations of  $K_{1-x}(NH_4)_xSCN$  phase

diagram. International Seminar ISSI, Dubna, 1992, to be published.

### 3. Рефлектометрия и поляризованные нейтроны

1. Корнеев Д.А., Черненко Л.П., Петренко А.В., Балалыкин Н.И., Скрипник А.В. Аномальное поведение диамагнитного профиля сверхпроводящего ниобия у границы с вакуумом. Письма в ЖЭТФ, 1992, т.55, вып.11, с. 653-656.

2. Корнеев Д.А., Черненко Н.В., Черненко Л.П. Новый аспект в изучении прохождения поляризованных нейтронов через ферромагнетики. Сообщение ОИЯИ РЗ-92-533, Дубна, 1992.

3. Aksenov V.L., Korneev D.A., Chernenko L.P. Time-of-flight four-beam neutron reflectometer (REFLEX) at the IBR-2 pulsed reactor of JINR, Dubna: some applications of polarized neutron reflectometry. Proc. of SPIE's 1992 International Symposium on Optical Applied Science and Engineering, 19-24 July 1992.

4. Korneev D.A., Pasyuk V.V., Petrenko A.V. and Jankovski H. Absorbing Sublaers and their influence on the polarizing efficiency of magnetic neutron mirrors. Nucl. Instr. and Meth. B63 (1992) 328-332.

5. Korneev D.A. New aspect in employing magnetic, anisotropic FeCo thin film as neutron polarizers. Proc. of SPIE's 1992 International Symposium on Optical Applied Science and Engineering, 19-24 July 1992.

6. Korneev D.A., Chernenko L.P., Petrenko A.V., Balalykin N.I., Skrypnik A.V. Measurement of magnetic field depth profile in superconducting niobium films by polarized neutron. Proc. of SPIE's 1992 International Symposium on Optical Applied Science and Engineering, 19-24 July 1992.

7. Nagy D.L. and Pasyuk V.V. Calculation of Mossbauer Reflectometry Spectra. Hyperfine Interactions 71 (1992) 1349-1352.

8. Pasyuk V.V., Petrenko A.V., Jankovski H., Korneev D.A., Kotai E., Nagy D.L. and Szokefalvi-Nagy Z. A Neutron Specular Reflection and Rutherford backscattering study of Ti film aging. To be published in "Physica B".

9. Pasyuk V.V., Lauter H.J., Johnson M.T., den Broeder F.J.A., Janssen E., Bland J.A.C. and Petrenko A.V. Magnetic properties of Pd/Co/Pd ultra-thin film studied by polarised neutron specular reflection. To be published in Applied Surface Science (accepted).



10. Pasyuk V.V., Lauter H.J., Johnson M.T., den Broeder F.J.A., Janssen E., Bland J.A.C., Petrenko A.V. and Gay J.M. Interface magnetisation in a single ultra-thin Pd/Co/Pd sandwich Structure. Journal of Magnetism and Magnetic Materials (accepted).

11. Pasyuk V.V., Lauter H.J., Bland J.A., Petrenko A.V., Johnson M.T. and den Broeder F.J.A. Magnetic moment in CoPd ultra-thin film studied by Polarized Neutron Specular Reflection. Proceedings of Symposium on Surface Science, La Plagne, Savoie, France, 15-21 March 1992.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### ПОЛУЧЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В рамках программы создания нового поколения энергетических реакторов на бустере ИБР-30 проведены измерения функций полного пропускания и самоиндикации в сечении деления на ядрах  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$  в широком интервале энергий нейтронов вплоть до 200 кэВ. Для измерения тепловых сечений реакторных материалов проведена модернизация установки ДИН-1 на пучке № 7 ИБР-30. Начата реализация программы измерений.

### АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

В предыдущем отчете сообщалось о разработке приборов типа "АЗОТ" для экспрессного анализа содержания азота в зерновых культурах, комбикормах и азотсодержащих органических соединениях. В отчетном году была проведена доработка и корректировка методик и схемных решений по результатам производственных испытаний. Окончательная документация передана в Институт технической физики (Челябинск-70) для серийного изготовления приборов. Оказывалась техническая помощь в настройке приборов. Полученные в результате многолетних испытаний методические возможности приборов были доложены на международной конференции в США.

Совместно с Университетом в Тронхейме (Норвегия), Институтом географии РАН и Институтом геологии РАН были проведены исследования в области охраны окружающей среды. Получены сравнительные данные о распределении тяжелых металлов и РЗЭ во мхах, снеге, донных отложениях в районе Дубны, в некоторых регионах центральных районов России, Норвегии, Земли Франца Иосифа, Таймыра. Результаты исследований докладывались

на трех международных совещаниях и на совещании Американского ядерного общества.

#### НЕЙТРОННАЯ РАДИОГРАФИЯ

Совместно с Высшей школой экономики, техники и культуры в Лейпциге получены экспериментальные результаты о переносе  $H_2O$ , ионов Gd, Cd и их соединений типа цитратов в бетонах и цементах. Процессы переноса изучались с использованием методов нейтронной радиографии на ИБР-2. Эксперименты показали, что в отличие от  $H_2O$  ионы и их комплексы переносятся в глубь бетонов не в процессе диффузии в основной матрице материала, а только по микротрещинам с размерами от 100 до 1000 мкм. Знание таких процессов нестационарного переноса крайне важно при изучении старения бетонов, особенно при воздействии нагрузок в водной среде с примесями ионов тяжелых металлов и органических комплексов.

#### РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Совместно с ЛСВЭ проведен цикл работ по изучению радиационной стойкости Si-детекторов в пучках быстрых нейтронов. Впервые были получены данные о возможности использования выбранного типа детектора до флюенса  $10^{14}$  см<sup>-2</sup> по быстрым нейтронам. Результаты исследований показали, что такие детекторы можно использовать как в экспериментах на ускорительных комплексах, так и при создании быстродействующих мозаик для регистрации тепловых нейтронов в импульсных источниках нейтронов.

#### НЕЙТРОННОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ КРЕМНИЯ

На пучке № 3 реактора ИБР-2 были изучены возможности нейтронного легирования кремния. На созданной опытной установке был облучен монокристаллический слиток кремния диаметром 61 мм и длиной 242 мм. Измерения электрических параметров легированного слитка показали, что его среднее удельное сопротивление 61 Ом·см с разбросом не более 3% соответствует требованиям заказчика. Начато создание промышленной установки с производительностью до 1 т/год с максимальными размерами образцов диаметром 127 мм и длиной 370 мм.

## РАССЕЯНИЕ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ ГЕЛИЯ

Новые возможности для структурных исследований ВТСП-материалов открывает освоение на ускорителе ЭГ-5 комбинации методов каналирования и обратного рассеяния. Метод каналирования заряженных частиц занимает промежуточное положение между атомной микроскопией и дифракционной спектроскопией. Обладая прецизионностью дифракционных методов, он дает информацию непосредственно в реальном пространстве (разумеется, для периодических структур) и, в отличие от атомной микроскопии, позволяет просмотреть достаточно большие объемы решетки. Более того, высокое энергетическое разрешение электростатических ускорителей дает возможность путем измерения энергии регистрируемых рассеянных частиц независимо исследовать подрешетки различных (в том числе и легких) элементов и их глубинные профили. Были выполнены эксперименты по обратному рассеянию ионов гелия с энергией 3,6 МэВ от монокристаллической пленки Y123 толщиной 1400 Å на подложке из титаната стронция в позиции каналирования по направлению  $\langle 001 \rangle$ . Поскольку при каналировании волновая функция ионов гелия сосредоточена внутри кристаллографического канала, свободного от ядер, интенсивность ядерного рассеяния резко падает, при этом наблюдаемое рассеяние в основном связано с наличием дефектов и смещений ядер из регулярных кристаллографических позиций. Оказалось, что распределение дефектов неоднородно по толщине пленки. Количество дефектов максимально на поверхности пленки и на ее обратной стороне, примыкающей к подложке, причем протяженность дефектных слоев довольно значительна и составляет 400–600 Å. Резонансный характер рассеяния ионов гелия на кислороде ( $E_{\text{рез.}} = 3,045$  МэВ) позволил четко выделить рассеяние на кислородной подрешетке, несмотря на высокий фон рассеяния от подложки, и впервые измерить угловую ширину лунки каналирования кислородной подрешетки. Оказалось, что эта ширина значительно меньше ширины лунок бариевой, медной и иттриевой подрешеток, что можно объяснить значительной динамической (или статической) неустойчивостью кислорода в решетке. Планируется проведение подобных исследований вблизи критической температуры сверхпроводящего перехода.

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Среди ряда методических достижений, сделанных в отчетном году, отметим следующие. Разработана методика получения тонких сверхпроводящих пленок  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $\delta \ll 1$ ) на подложке из  $\text{Y}_2\text{BaCuO}_5$  для различных устройств, в том числе для RF-сквидов. Получены пленки со следующими параметрами: удельное сопротивление при комнатной температуре 0,7–4 мОм·см,  $T_c = 92$  К, ширина перехода  $\Delta T_c = 1$  К, критический ток  $J_c \approx 20$  А·см<sup>-2</sup> при 77 К. Разработанный ранее сквид-магнитометр высокого разрешения был оснащен компьютерной автоматизированной системой контроля, измерения и обработки результатов, что существенно облегчило составление новых алгоритмов экспериментальных процедур. Создан пиковольтметр на основе ВТСП-сквида, который по чувствительности в 30 раз лучше полупроводниковых приборов. Выполнены исследования магнитных экранов из ВТСП-керамики. Полученные низкие экранирующие свойства таких экранов (малые значения  $H_{c1}$ , не соответствующие измеряемым критическим токам) можно объяснить сверхслаборезистивным состоянием системы со случайно распределенными джозефсоновскими переходами.

### ПУБЛИКАЦИИ

1. Боровик А.С., Епифанов А.А., Корнеев Д.А., Малышевский В.С. Особенности каналирования ионов в монокристалле  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . Препринт ОИЯИ Р14-92-396, Дубна, 1992.
2. Бобраков В.Ф., Полушкин В.Н. Пиковольтметр на основе ВТСП-сквида. Препринт ОИЯИ Р13-92-41, Дубна, 1992.
3. Вьонг Н.В. Описание процесса диффузии кислорода в керамике  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$ . Сверхпроводимость: Физика, химия, техника, 1991, т.4, № 9, с.1728-1733.
4. Вьонг Н.В., Тьонг В.Х., Куи Л.К., Чиеу Ф.К. Влияние поверхности гранулы на установление содержания кислорода в керамике  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$ . Сообщение ОИЯИ Р17-91-342, Дубна, 1991.
5. Дьяченко В.М., Назаров В.М., Мартынов А.Ф., Толстов К.Д., Юдина Т.А. Абсолютная калибровка камер деления КНТ-8. Краткие сообщения ОИЯИ 2[53]-92, Дубна, 1992.
6. Литвиненко Е.И., Обухов Ю.В., Шатохин В.Н., Яковенко Н.А. Автоматизированная система измерителя малых магнитных моментов. Сообщение ОИЯИ Р10-92-188, Дубна, 1991.
7. Оганесян Ю.Ц., Карамян С.А., Назаров В.М., Щегловски З. Наблюдение реакции радиационного захвата нейтрона

на экзотическом изомере  $^{178m2}\text{Hf}$ . Краткие сообщения ОИЯИ 3[54]-92, Дубна, 1992.

8. Полушкин В.Н., Бувев А.Р. Исследование высокотемпературного сверхпроводящего экрана при помощи магнетометра на основе радиочастотного высокотемпературного сквида. Препринт ОИЯИ P13-92-42, Дубна, 1992.

9. Chernenko L.P., Kobzev A.P., Korneev D.A., Shirokov D.M. Backscattering Method Possibilities for Precise Determination of the Oxygen Profile in Oxide Films by the Use of the Elastic Resonance in Reaction  $^{16}\text{O}(^4\text{He}, ^4\text{He})^{16}\text{O}$  at 3.045 Mev of  $^4\text{He}$ . Surf. and Interf. Analysis, v. 18, 585-588 (1992).

10. Frontasyeva M.V., Gundorina S.F., Gorbunov A.V., Onischenko T.L. Effect of the Production of Phosphorous Fertilizers on Environment. Recent Developments of Radioanalytical Methods at the IBR-2 Pulsed Fast Reactor. Proc. of MTAA-8, 16-20 Sept., 1991, Vienna, Austria; Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 1992, v.167, N 1.

11. Frontasyeva M.V. et al. Activation Studies of Concrete Binding Agent Ingredients Used for Nuclear Radiation Shielding. Kernenergie, 1992, 34, p.7-8.

12. Gorbunov A.V., Frontasyeva M.V. et al. Effect of Agricultural Use of Phosphogypsum on Trace Elements in Soils and Vegetation. The Science of the Total Environment, 1992, 122, p.337-346.

13. Gorbunov A.V., Gundorina S.F., Frontasyeva M.V. The Effect of Sample Size on the Representativity of Ecological Sample Studied by NAA. In: II Int. Workshop on Neutron Activation Analysis in Environment (Dubna, 15-28 Sept., 1992). JINR, E14-92-364, Dubna, 1992.

14. Nazarov V.M., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Sysoev V.P. Recent Developments of Radioanalytical Methods at the IBR-2 Pulsed Fast Reactor. Proc. of MTAA-8, 16-20 Sept., 1991, Vienna, Austria; Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 1992, v.167, No.1.

15. Nazarov V.M., Borzakov S.B., Herrera E., Diaz O., Montero M.E. Investigation of REE and other Trace Elements Distribution along Oil Wells by Means of NAA. Proc. of the Second Int. Symp. on Nuclear Analytical Chemistry (NACII). Toronto, Canada, 3-5 June, 1992.

16. Nazarov V.M., Frontasyeva M.V., Lavdanskij P.A., Stephanov N.I. NAA for Optimization of Radiation Shielding of

Nuclear Power Plants. Proc. of the Second Int. Symp. on Nuclear Analytical Chemistry (NACII). Toronto, Canada, 3-5 June, 1992.

17. Nazarov V.M. Use of Pulsed Neutron Sources in Analytical Applications. Proc. of the Second Int. Symp. on Nuclear Analytical Chemistry (NACII). Toronto, Canada, 3-5 June, 1992.

18. Nazarov V.M. Radioanalytical Methods at the IBR-2 Pulsed Fast Reactor. Proc. of the Annual Meeting of the American Nuclear Society, Boston, Massachusetts, June 7-12, 1992.

19. Nazarov V.M., Ostrovnaya T.M., Pavlov S.S., Sysoev V.P. An Analyzer for the Determination of Protein Concentration in Corn. Proc. of the 2nd Topics Meeting on Industrial Radiation and Radioisotope Measurement Application. Raleigh, USA, 8-11 June, 1992.

20. Nazarov V.M., Serebryanny L.R., Kuznetsov M.P., Vostokova T.A., Koryakin V.S. Snow Cover as a Witness of Environmental Pollution from Norilsk Copper-Nickel Plant in the Taimyr Peninsula, Northern Siberia (Dubna, 15-18 Sept., 1992) in II Int. Workshop on Neutron Activation Analysis in Environment, JINR, E14-92-364, Dubna, 1992.

21. Nazarov V.M. Use of IBR-2 Pulsed Fast Reactor in Analytical Applications. In: II Int. Workshop on Neutron Activation Analysis in Environment (Dubna, 15-18 Sept., 1992). JINR, E14-92-364, Dubna, 1992.

22. Ostrovnaya T.M., Nefedyeva L.S., Nazarov V.M., Borzakov S.B., Khrykin A.S., Strelkova L.P. Software for INAA on the Basis of Relative and Absolute Methods Using Nuclear Data Base. In: II Int. Workshop on Neutron Activation Analysis in Environment (Dubna, 15-18 Sept., 1992). JINR, E14-92-364, Dubna, 1992.

23. Vasiliev B.V. High-Temperature Ceramic RF-SQUIDS. Springer Proc. in Physics, v.64, p.79-86; Superconducting Devices and Their Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1992.

24. Vostokova T.A., Ilyina Ye.A., Nazarov V.M. NAA as Applied to Trace Elements Distribution Determination in Environmental Samples from Franz Josef Land. In: II Int. Workshop on Neutron Activation Analysis in Environment (Dubna, 15-18 Sept., 1992). JINR, E14-92-364, Dubna, 1992.

# ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Продолжались работы по созданию инфраструктуры локально-вычислительной сети ETHERNET ОИЯИ в ЛНФ. Измерительно-вычислительный центр (ИВЦ) ЛНФ (зд.119) соединен оптическим кабелем ЛВС со зданием управления и экспериментальными залами реактора ИБР-2, с лабораторным корпусом и его пристройкой (рис.16).

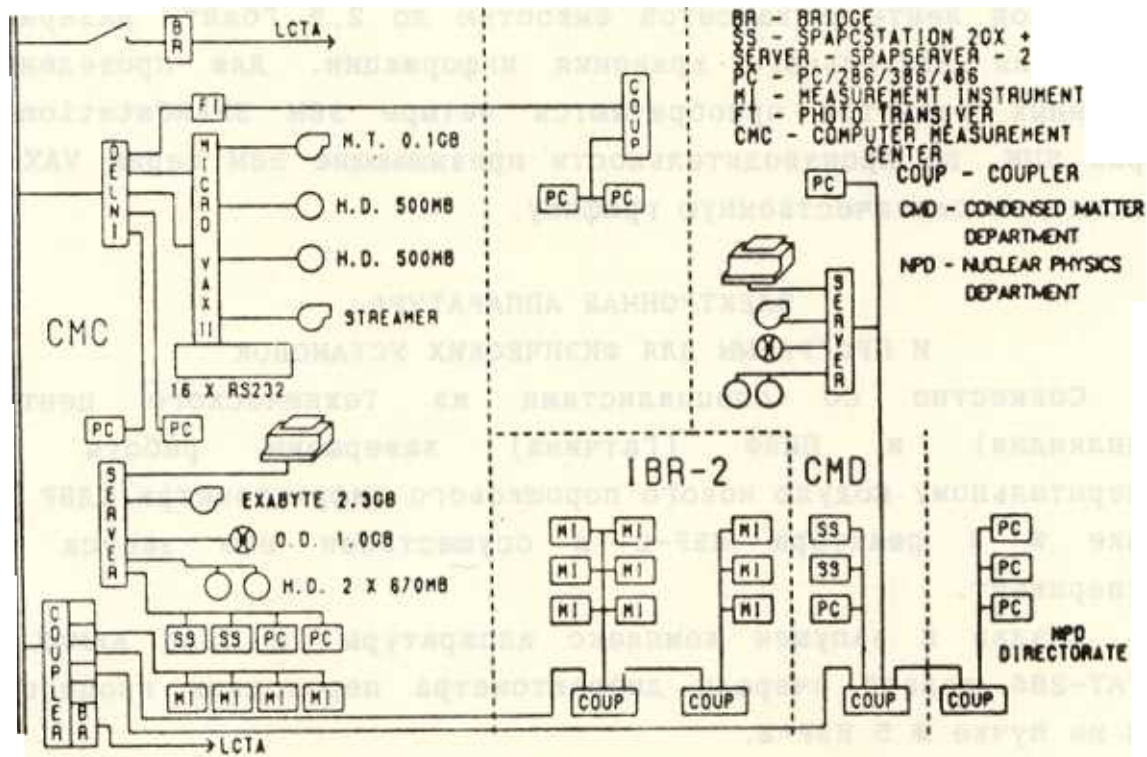


Рис.16. Схема локально-вычислительной сети ETHERNET в ЛНФ

Внутри ИВЦ сеть ETHERNET подведена в комнаты измерительных модулей и к ней подключены: комплекс VME + PC/AT-486; установки КАНАР, ДИФРАН и некоторые другие. В пристройке к лабораторному корпусу выполнена разводка по комнатам физиков ("тонкий ETHERNET") и проведено подключение к сети практически всех персональных компьютеров, которые могут работать в режиме "удаленного терминала" для управления физическими установками. В экспериментальных залах ИБР-2 также сделана разводка сети ETHERNET ("тонкий ETHERNET") по физическим установкам на ИБР-2 и проведено подключение к сети персональных компьютеров их измерительных модулей.

## ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР

Комплекс трех компьютеров (PDP-11/70 и два  $\mu$ VAX-II), составляющих центральный процессор ИВЦ, в целом обеспечил кампанию реакторов ЛНФ в отчетном периоде. Один из  $\mu$ VAX-II подключен в общепитетскую сеть ETHERNET и может использоваться для архивизации экспериментальной информации.

В рамках проекта САС (система автоматизации спектрометров) ИБР-2, работа над которым продолжалась в 1992 г., будут введены в эксплуатацию новые системы архивизации на базе двух ЭВМ SPARCserver-2 фирмы SUN, имеющих оптические твердые диски большой ёмкости, накопитель на стримерной ленте с кассетой ёмкостью до 2,5 Гбайт, лазерные диски для длительного хранения информации. Для проведения численных расчетов приобретаются четыре ЭВМ SPARCstation-2 фирмы SUN, по производительности превышающие ЭВМ серии VAX и имеющие высококачественную графику.

## ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

### И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Совместно со специалистами из Технического центра (Финляндия) и ПИЯФ (Гатчина) завершены работы по измерительному модулю нового порошкового дифрактометра ФДВР на пучке № 5 реактора ИБР-2 и осуществлен его запуск на эксперимент.

Создан и запущен комплекс аппаратуры на базе КАМАК и РС/АТ-286 первой очереди дифрактометра переходных процессов ДПП на пучке № 5 ИБР-2.

## ПУБЛИКАЦИИ

1 Богдзель А.А., Вагов В.А., Ляпин Д.И., Саламатин И.М., Сиротин А.П., Тишин В.Г. Цифровая фильтрация информации в многомерном спектрометре УКОР. Сообщение ОИЯИ 13-92-121, Дубна, 1992.

2. Браньковский Е., Ермаков В.А., Сиротин А.П., Челноков М.Л., Широков В.К. Многодетекторная система регистрации и накопления спектрометрической информации на базе запоминающего устройства 64 К x 24 бит. Сообщение ОИЯИ 13-92-120, Дубна, 1992.

3. Вагов В.А., Вальтер К., Сиротин А.П., Тишин В.Г., Фойтус К. Система накопления, управления и контроля



нейтронного спектрометра высокого разрешения НСВР на реакторе ИБР-2. Сообщение ОИЯИ 13-92-122, Дубна, 1992.

4. Владимиров В.А., Георгиев Д., Зем Ен Кем, Лазин В.И., Островной А.И., Петухова Т.Б., Саламатин И.М., Сиротин А.П., Трепалин В.А. Управление некоторыми исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок ТЕХТ, ДВР на реакторах ИБР-2 и ИБР-30. Сообщение ОИЯИ 13-92-123, Дубна, 1992.

5. Ермаков В.А., Ким Хен До. Блок цифровой фильтрации. Сообщение ОИЯИ Р13-92-112, Дубна, 1992.

6. Ермаков В.А., Зем Ен Кен, Ким Хен До. Система "ПОИСК" для проведения многопараметровых измерений на базе блоков в стандарте КАМАК и персонального компьютера "Правец-16". Сообщение ОИЯИ Р13-92-210, Дубна, 1992.

7. Заневский Ю.В., Донец Д.Е., Иванов А.Б., Мовчан С.А., Островной А.И., Черненко С.П., Хейкер Д.М., Андрианова М.Е., Попов А.Н., Сульянов С.Н. Двумерный многопроволочный детектор высокого разрешения для рентгеновского дифрактометра. Сообщение ОИЯИ 18-92-180, Дубна, 1992.

# НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

## СЕМИНАРЫ

10.10.91	Ю. П. Попов, Ю. М. Гледенов, Э. И. Шарапов (ЛНФ)	Нейтронные исследования на ускорителе LAMPF (Отчет о работе в Лос-Аламосе)
21.11.91	Prof. J. Kalus (Bayreuth Univ.)	Neutron and X-Ray Scattering in Bayreuth
18.12.92	S. Wender (LANL)	1. The High Energy Neutron Facility of LANL. 2. The Neutron-Proton Bremsstrahlung Experiment
23.01.92	В. О. Нестеренко (ЛТФ)	Металлические кластеры как новая область приложения идей и методов ядерной физики
26.03.92	Prof. C. R. Gould (TUNL and NSCU, USA)	Tests of Time Reversal Invariance with Polarized Neutrons and Oriented Targets
23.04.92	Г. Н. Зорин, Е. Д. Воробьев (ЛЯР)	Цепная реакция ядерного синтеза
14.05.92	A. Bland (Cambridge Univ., England)	Spin Polarized Neutron Reflection Studies of Magnetic Ultra-Thin Film Structures
21.05.92	А. Д. Есютин (Комитет по внешнеэкономическим связям России)	Цели и задачи маркетинга в условиях перехода научных учреждений к рынку
9.06.92	Prof. H.-R. Wenk (Univ. of Berkeley, USA)	Some Geological Applications of Texture Analysis
25.06.92	Ю. Н. Алексахин, А. Ю. Молодоженцев (ЛСВЭ), В. Л. Ломидзе (ЛНФ)	Сильноточный ускоритель-рециркулятор РИУ-100 как инжектор электронов для размножающей мишени широкого назначения
13.08.92	B. Dorner ILL, France)	Inelastic Neutron Scattering in Lattice Dynamics
10.09.92	F. Fillaux (Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, CNRS, France)	Inelastic Neutron Scattering Studies of the Quantum Sine-Gordon Breather in 4-Methyl-Pyridine
17.12.92	В. К. Игнатович (ЛНФ)	Вопросы квантовой механики (конференция в Трани, Италия)
24.12.92	Б. Н. Захарьев ЛТФ	1. Экзотика движения волн по решеткам каналов. 2. Дискретная и непрерывная квантовая механика

## ВИЗИТЫ

Prof. Liang Qichang	China, Beijing, Inst. of At.Energy	20.10.91-23.10.91
Prof. Cai Dunjin	China, Beijing, Inst. of At.Energy	20.10.91-23.10.91
Prof. E.Steinnes	Norway, Trondheim Univ.	10.12.91-15.12.91
H.J.Lauter	France, Grenoble, ILL	11.01.92-28.01.92 14.04.92-19.05.92 21.11.92-29.12.92
Ahmad Shakil	England, Joint Venture Ltd., London	26.01.92-28.01.92
Dr. T.H.Gneupel- Herold	FRG, Univ.Leipzig	10.02.92-03.03.92
Dr. K.Ullemeier	FRG, Univ.Gottingen	17.02.92-02.03.92
Dr. D.Leppin	FRG, Univ.Leipzig	17.02.92-27.02.92
Dr. W.Birkholz	FRG, TU Leipzig	12.03.92-28.03.92 11.06.92-14.06.92
Dr. N.D.Glen	USA, North Carolina University	13.03.92-21.03.92
Dr. C.R.Gould	- " -	24.03.92-29.03.92
Dr. S.J.Seestrom- Morris	USA, LANL	07.04.92-20.04.92
Prof. J.A.Bland	England, Cambridge University	08.05.92-19.05.92
Dr. K.Walther	FRG, FZ Rossendorf	11.05.92-12.06.92
Dr. F.Prokert	FRG, FZ Rossendorf	11.05.92-23.05.92
Dr. W.Hinz	FRG, Univ.Chemnitz	18.05.92-26.06.92
Dr. R.Joedicke	FRG, Univ.Chemnitz	18.05.92-26.06.92
Prof. B.T.M.Willis	England, Oxford Univ.	01.06.92-08.06.92
Dr. J.Gladkikh	FRG, Hahn-Meitner Inst., Berlin	03.06.92-09.06.92
Prof. H.R.Wenk	USA, Univ. of California	05.06.92-09.06.92
Prof. A.T.Tiitta	Finland, TRCF, Espoo	08.06.92-14.06.92 24.06.92-27.06.92 31.08.92-05.09.

Prof. P.E.Hiismaki	Finland, TRCF, Espoo	24.06.92-27.06.92 31.08.92-27.06.92
Prof.H.Baumbach	FRG, FHIZP Saarbruecken	11.06.92-14.06.92
Prof. M.Kroening	- " -	11.06.92-14.06.92
Dr. G.Dobman	- " -	11.06.92-14.06.92
Dr. G.Operschall	FRG, TU Leipzig	11.06.92-14.06.92
Dr. M.H.Heumann	FRG, Max-Planck Inst., Munchen	11.06.92-13.06.92
Dr. T.Hermann	- " -	11.06.92-14.06.92
Dr. A.Goerdts	FRG, TU Leipzig	15.06.92-20.06.92
Dr. B.M.M.Dorner	France, ILL, Grenoble	11.08.92-12.09.92
Dr. B.Irmer	FRG, Univ.Erlangen- Nurnberg	28.08.92-20.09.92
Dr. J.Schreiber	FRG, FHIZP Saar- brucken	31.08.92-18.09.92
Prof. F.Fillaux	France, CRNS, Saclay	09.09.92-12.09.92
Dr. A.Sekveir	India, At.Res.Centre	17.09.92-17.09.92
Dr. H.Radjhopal	- " -	17.09.92-17.09.92
Prof. M.Ono	Japan, Kyoto Univ.	28.09.92-03.10.92
Dr. R.Mahmud Ali Mauf	Egypt, Cairo Univ.	01.10.92-05.10.92
Dr. M.Betzl	FRG, FZ Rossendorf	09.11.92-20.11.92
Prof. S.Kikuchi	Japan, Nucl.Data Centre	
Stud. S.J.Kafala	England, Reactor Centre Imperial Coll., Ascot	12.11.92-03.12.92
Dr. H.Siemens	FRG, Hochschule, Aachen	15.11.92-28.11.92
Dr. E.Niedergehlay	- " -	15.11.92-28.11.92
Dr. U.Hoppe	FRG, Univ.Rostock	03.12.92-19.12-92
Dr. A.K.Kollmar	FRG, FZ Juelich	07.12.92-15.12.92
Dr. F.Stallmach	FRG, Univ.Leipzig	07.12.92-18.12-92

## СОВЕЩАНИЯ

### Симпозиум по исследованию конденсированных сред ядерными методами

(12–15 ноября 1991 г., Дубна)

Симпозиум был организован по рекомендации бюро отделения общей физики и астрономии РАН с целью обсуждения возможностей ОИЯИ для проведения исследований свойств конденсированных сред на реакторах и ускорителях. Программа симпозиума в основном была посвящена исследованиям по физике высокотемпературной сверхпроводимости и смежных проблем ядерными методами, среди них – теория и общие вопросы ВТСП, исследования с помощью рассеяния нейтронов, методами релаксации спина мюона, аннигиляции позитронов, электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса, влияние облучения заряженными частицами на свойства конденсированных сред, мессбауэровская спектроскопия и синхротронное излучение.

Организаторы: В. Л. Аксенов, Ю. М. Останевич, Н. М. Плакида, А. Ю. Дидык, В. А. Жуков, А. В. Белушкин.

### Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами

(14–17 апреля 1992 г., Дубна)

Программа семинара охватывала широкий спектр вопросов: от свойств нейтрона как элементарной частицы – до структуры ядра, природы возбужденных состояний, вопросов методики исследований и прикладных аспектов, связанных с использованием нейтронов в ядерной энергетике и других разделах науки и техники. На семинаре обсуждались вопросы расширения координации исследований по нейтронной физике в международном масштабе, был создан комитет советников и пользователей спектрометров на нейтронных источниках ИБР-30 и ИРЕН.

Организаторы: Ю. П. Попов, В. И. Фурман, Ю. М. Гледенов.

### Международный семинар по исследованию биологических и липидных мембран, амфифилов с помощью нейтронов

(17–20 мая 1992 г., Дубна)

На семинаре рассматривались методы исследования структуры и динамики мембран и составляющих молекул амфифилов с помощью рассеяния нейтронов и  $\gamma$ -лучей, обсуждались вопросы дальнейшего совершенствования экспериментальных установок для исследования этих объектов на ИБР-2. Были заслушаны оригинальные работы по изучению биологических и липидных мембран, липидных монослоев.

Организатор: В. И. Горделий.

**Международный семинар по структурным исследованиям  
на импульсных источниках нейтронов  
(1-4 сентября 1992 г., Дубна)**

На семинаре обсуждались последние достижения научного и методического характера в исследованиях структуры конденсированных сред с помощью дифракции и малоуглового рассеяния медленных нейтронов. Главной целью семинара было привлечение внимания специалистов к открывающимся возможностям дифракционных исследований на качественно новом уровне и обсуждение программ исследований на фурье-дифрактометре высокого разрешения (ФДВР). На семинаре также сообщалось о ходе работ по созданию нового холодного замедлителя на ИБР-2, запуск которого позволит существенно расширить возможности исследования структуры вещества с помощью малоуглового рассеяния. Семинар был посвящен памяти Ю.М.Останевича.

Организаторы: В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров, Ю.В.Таран.

**II Международное рабочее совещание по использованию  
активационного анализа в охране окружающей среды  
(15-18 сентября 1992 г., Дубна)**

Совещание ставило своей целью определить место и роль нейтронного активационного анализа в приложении к решению проблем мониторинга окружающей среды. Рассматривались вопросы, связанные с требованиями, предъявляемыми к аналитическому контролю качества объектов окружающей среды при использовании относительных и абсолютных методов анализа.

Организаторы: В.М.Назаров, М.В.Фронтасьева.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ СОВЕЩАНИЯ**

Международное совещание по исследованию временной инвариантности и нарушения пространственной четности в реакциях с нейтронами (4-7 мая 1993 г., Дубна).

III Международная конференция по исследованию поверхности методом рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей (24-29 июня 1993 г., Дубна).

Международный симпозиум по суперионным кристаллам (7-10 сентября 1993 г., Дубна).

Международный семинар по высокотемпературной сверхпроводимости (14-18 сентября 1993 г., Дубна).

## АДМИНИСТРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

### Персонал

Штат лаборатории состоит из постоянных и временных сотрудников. Последние принимаются на работу по контракту (срочный трудовой договор). До 1992 г. большинство сотрудников из Содружества Независимых Государств (СНГ) находились в постоянном штате. В отчетном году ситуация резко изменилась: большинство сотрудников лаборатории переведены на контракт. Заметно снизилась полная численность персонала: 522 на 31.12.92 против 580 в 1991 г. Более детальная информация на конец 1992 г. по отделам представлена в табл. 1.

Таблица 1

Распределение персонала по отделам  
на 31.12.92

Отделы	Постоянный штат			Контракты		
	ученые	инж.	раб.	ученые	инж.	раб.
1. Нейтронные источники и сектор ядерной безопасности	1	-	2	6	39	8
2. Отдел физики ядра	9	2	4	34	4	5
3. Отдел физики конденсированных сред	18	12	-	32	8	7
4. Отдел физико-технических исследований	8	5	4	8	10	4
5. Отдел радиоэлектроники и вычислительной техники	7	11	10	13	10	9
6. Технические и административные службы	-	19	32	-	56	125
	<b>43</b>	<b>49</b>	<b>52</b>	<b>93</b>	<b>127</b>	<b>158</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>144 (27.6%)</b>			<b>378 (72.4%)</b>		
	<b>522 (100%)</b>					

Значительное снижение численности персонала произошло по штату дирекции, т.е. специалистов из стран-участниц, кроме стран СНГ (табл.2).

Таблица 2

Персонал из стран-участниц (кроме СНГ)

Страна	на 1.10.91	на 31.12.92
Болгария	6	8
Венгрия	3	1
Вьетнам	8	3
Германия	9	8
Корея	9	-
Монголия	8	4
Польша	15	5
Румыния	1	1
Чехословакия	12	3
<b>ВСЕГО:</b>	<b>71</b>	<b>33</b>

## ФИНАНСЫ

Поступления в бюджет лаборатории и ее расходы с 1.10.91 по 1.10.92 показаны в табл.3. Баланс достигнут на уровне 66,6 млн.руб. При этом доля внешних поступлений через ОИЯИ от действующих национальных программ, сохранившихся на уровне прошлого отчетного года, снизилась до 6% против 34% в 1991 г., т.е. практически эти поступления были "съедены" инфляцией. При этом поступления из бюджета ОИЯИ составили за 11 месяцев 1992 г. только 17,5% от реального бюджета против утвержденного КПП 21,7% на 1992 г.

Из табл.4, показывающей более детально расход "чистого" поступления средств от ОИЯИ, видно, что расходы на приобретение материалов и оборудования для научных исследований составили чуть больше 4 млн.руб., т.е. всего 6% от полного бюджета лаборатории.



Таблица 3

Бюджет ЛНФ с 1.10.91 г. по 1.10.92 г.

Приход		Расход	
откуда	тыс. руб.	куда	тыс. руб.
1. Поступления от ОИЯИ	62504,5	1. НИР и инфраструктура:	
2. Внешние поступления:		- с поступлений от ОИЯИ	55427,5
- Росс. прог. по ФКС	2556,0	- с внешних поступлений	2020,3
- Росс. прог. по ВТСП	1790,0	2. Отчисления в ОИЯИ:	
- другие программы	70,5	- с поступлений от ОИЯИ	7077,0
		- с внешних поступлений	614,9
ИТОГО:	66921,0	ИТОГО:	65139,7
Сальдо: +1781,3			

Таблица 4

Расходы на НИР и инфраструктуру из поступлений от ОИЯИ

Статьи расходов	Тыс. руб.	%
1. Нейтронные источники:		
1.1. ИБР-2		
- зарплата	2956,3	5,3
- остальные расходы	3878,0	7,0
1.2. ИБР-30+ЛУЭ-40		
- зарплата	1711,2	3,1
- остальные расходы	1276,1	2,3
2. Физические и обслуживающие отделы:		
- зарплата	12446,8	22,5
- инфраструктура	29067,2	52,4
- материалы и оборудование	4091,9	7,4
ИТОГО:	55427,5	100

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Краткая информация о нейтронных источниках и физических установках, данная в соответствующих разделах этого отчета, может быть существенно дополнена с помощью публикаций /1-4/.

Для оформления предложения на эксперимент разработана форма "Application for Beam Time", приложение к которой приводится ниже. В настоящее время предложения на эксперимент рассматриваются непосредственно в группах, по тематике которых оно сделано. Информация о научных руководителях этих групп и соответствующих установках дана в таблице.

Физика конденсированных сред	
ДИН-2	А. В. Пучков
ДН-2	А. И. Бескровный
ДН-5	А. М. Балагуров
КДСОГ	И. Натканец
МУРН	И. Н. Сердюк
НЕРА	И. Натканец
НСВР	Й. Хайнитц
СНИМ	В. В. Нитц
СПН	Д. А. Корнеев

Ядерная физика	
ДЕЛРЕНЕ	А. Б. Попов
ДИФРАН	Ю. А. Александров
ДРЕНИЗ	Э. Дерменджиев
КАСКАД	А. М. Сухой
ПАРКС	Ю. М. Гледенов
ПОЛЯНА	В. П. Алфименков
РОМАШКА	Ю. С. Замятнин
УГРА	Г. С. Самосват

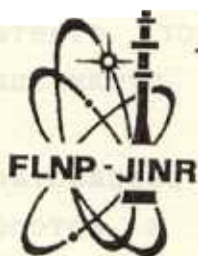
  

Прикладные исследования	
НАА и РИ	В. М. Назаров

## ЛИТЕРАТУРА

1. Aksenov V.L., Physica B 174 (1991) 438.
2. Belushkin A.V., Neutron News 2 (1991) 14.
3. Laboratory of Neutron Physics. Annual Report. Ed. by V.L.Aksenov and A.V.Belushkin, JINR, N 92-59, Dubna, 1992.
4. User Guide (Neutron Experimental Facilities at JINR). Ed. by Yu.V.Taran, JINR, Dubna, 1992.

FLNP



JINR

DUBNA

IBR-2

APPLICATION FOR BEAM TIME

Scientific Secretary

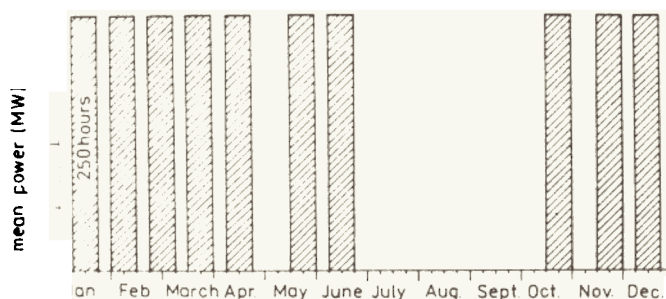
Frank Laboratory of Neutron Physics  
Joint Institute for Nuclear Research

141980 Dubna, Moscow Region, Russia

## GUIDELINES FOR THE SUBMISSION OF A RESEARCH PROPOSAL REQUESTING THE USE OF NEUTRON BEAMS AT THE IBR-2 PULSED REACTOR

### User Policy

All facilities presented in the IBR-2 Instrument Summary are open to general scientific community. The reactor is operating in two-week cycles according to the pattern:



Typical reactor operation schedule

Beam time can be applied for by submitting a research proposal to the address above. Experimental proposals will be regarded as the intellectual property of their authors and will be treated as confidential documents. Technical feasibility will be reviewed by the instruments responsible.

Proposals will be reviewed and ranked by the Laboratory leading scientists. The Program Advisory Committee (PAC) will be organized soon. Applicants from the JINR member states will have a priority to get accommodation in Dubna. Financial support for limited number of users from non-member states is possible. No charge will be made for neutron beams or instrument facilities if the research is non-proprietary.

Beam time may also be purchased by commercial users. Details can be obtained from the Laboratory Scientific Secretary. General information is enclosed.

### Contents of the Proposal Form

- Application must be typewritten in English or in Russian.
- Complete a separate application form for each experiment and each instrument.

Description of the proposed research should include:

- scientific context,
- relevance of proposed experiment,
- preliminary work performed using neutron scattering and other techniques,
- details of proposed experimental approach.

All external users carrying out experiments at IBR-2 must have a Laboratory staff member as a local contact who will assist in the preparation and performance of the measurements. If necessary, a local contact will be assigned by the Directorate of the FLNP.

### **Deadline for Submission**

Deadline for submission of proposals for the nine-month reactor operation period from October to June next year is August 31.

Proposals of an urgent nature may be submitted at any time. If the importance of the proposal is confirmed, every attempt will be made to provide experimental facilities in a timely manner. Consideration of experiments not deemed to be urgent will be deferred to the following reactor period.

### **Safety**

All users of the IBR-2 facility must obey the local administrative and safety rules of the JINR.

### **Foreign Visitors**

Non-member states visitors will normally require a visa to visit Dubna. The RF approval for foreign visitors will take up to two months. Assistance in this matter can be obtained by contracting the International Department of the JINR:

International Department  
Joint Institute for Nuclear Research  
141980 Dubna, Moscow Region, Russia  
Telex: 911621 DUBNA SU  
FAX: (095) 975-23-81

### **Mailing of the Proposal**

Proposals must be submitted to the following address:

Scientific Secretary  
Frank Laboratory of Neutron Physics  
Joint Institute for Nuclear Research  
141980 Dubna, Moscow Region, Russia  
Telex: 911621 DUBNA SU  
FAX: (7-096 21) 65 085  
Bitnet: TARAN@lnp.jinr.dubna.su

### **Experimental Reports**

Reports on all experimental work performed at IBR-2 must be submitted within three months of the experiment on the appropriate form obtained from the LNP. Reports will be published in the Laboratory of Neutron Physics Annual Reports.

## GENERAL INFORMATION FOR VISITORS

### Appointments

Everyone working at the Laboratory of Neutron Physics must have a valid appointment and I.D.Card. Guest appointments and I.D.Cards are arranged through the International Department of the Joint Institute for Nuclear Research. For further details contact with the Scientific Secretary.

### Transportation

Dubna is situated 130 km north of Moscow on the banks of the Volga river.

The Laboratory can arrange direct transportation by cars from the International Airport Sheremetyevo to Dubna. There is a railway connection between Savelovsky Railway Station in Moscow and Dubna.

Dubna is a small town, so all places including JINR Laboratories could be easily reached afoot. There is a town bus service and taxi.

### Housing

JINR maintains in Dubna a Hotel and a limited number of furnished apartments preferably for long-term (more than 3 month) visitors. Formal housing agreements are required prior to occupancy for furnished apartments.

Apartments are assigned, when available, only on request from the Laboratory. The apartments are supplied with furniture, towels, bed linen, kitchen facilities. Irons, toasters and other appliances are not supplied. The regular apartments have TV antenna connection, but the detached units do not.

### Food Service

Food service is available on site as outlined below:

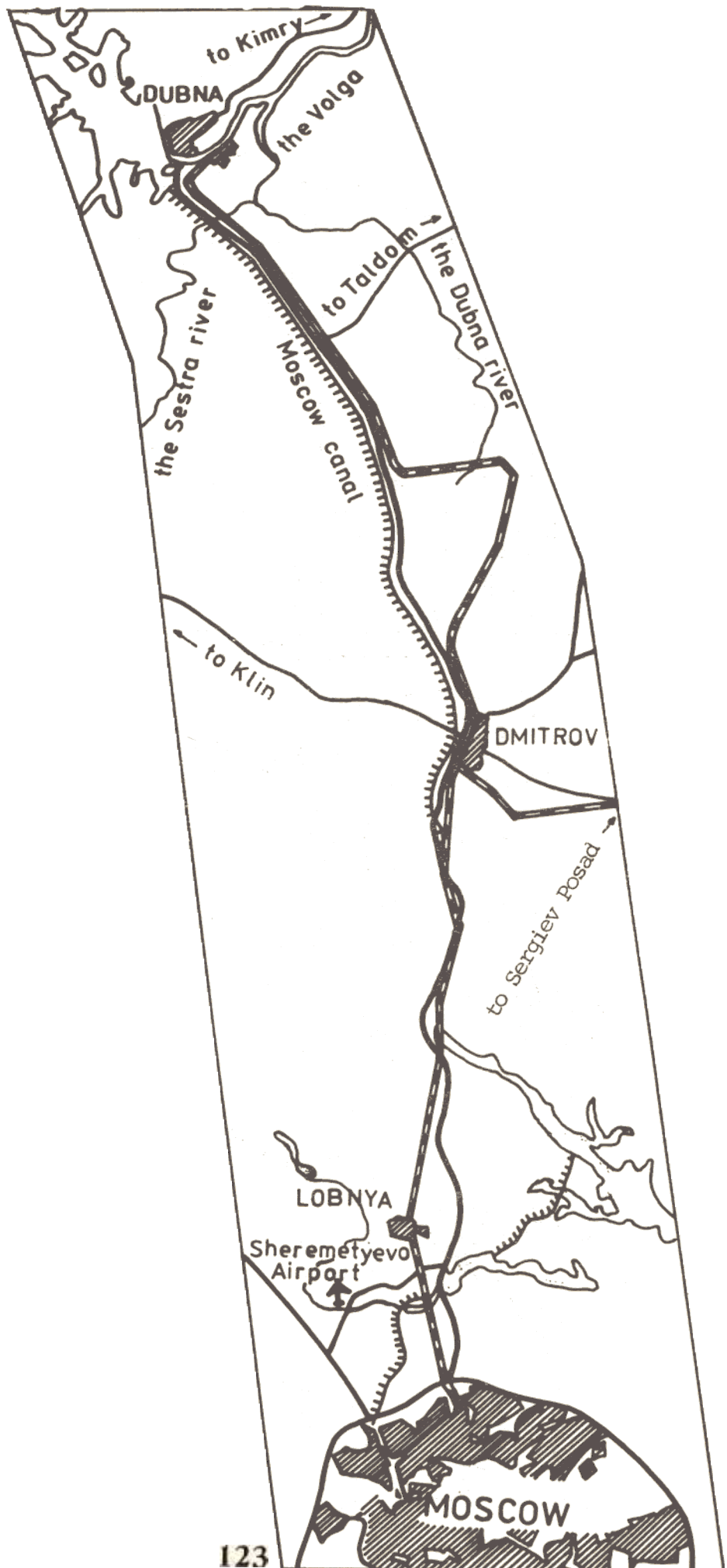
<i>Breakfast</i>	<i>Lunch</i>	<i>Supper</i>
8.00–9.30 a.m.	Restaurant 12.00–5.00 p.m.	7.00–11.00 p.m.
None	Scientists' Club Cafeteria None	6.00–11.00 p.m.
None	Int.Conf.Hall 12.00–3.00 p.m.	None
None	JINR Canteen 12.00–3.30 p.m.	None

On weekends and holidays service is limited to the restaurant and Scientists' Club Cafeteria.

### Other Information

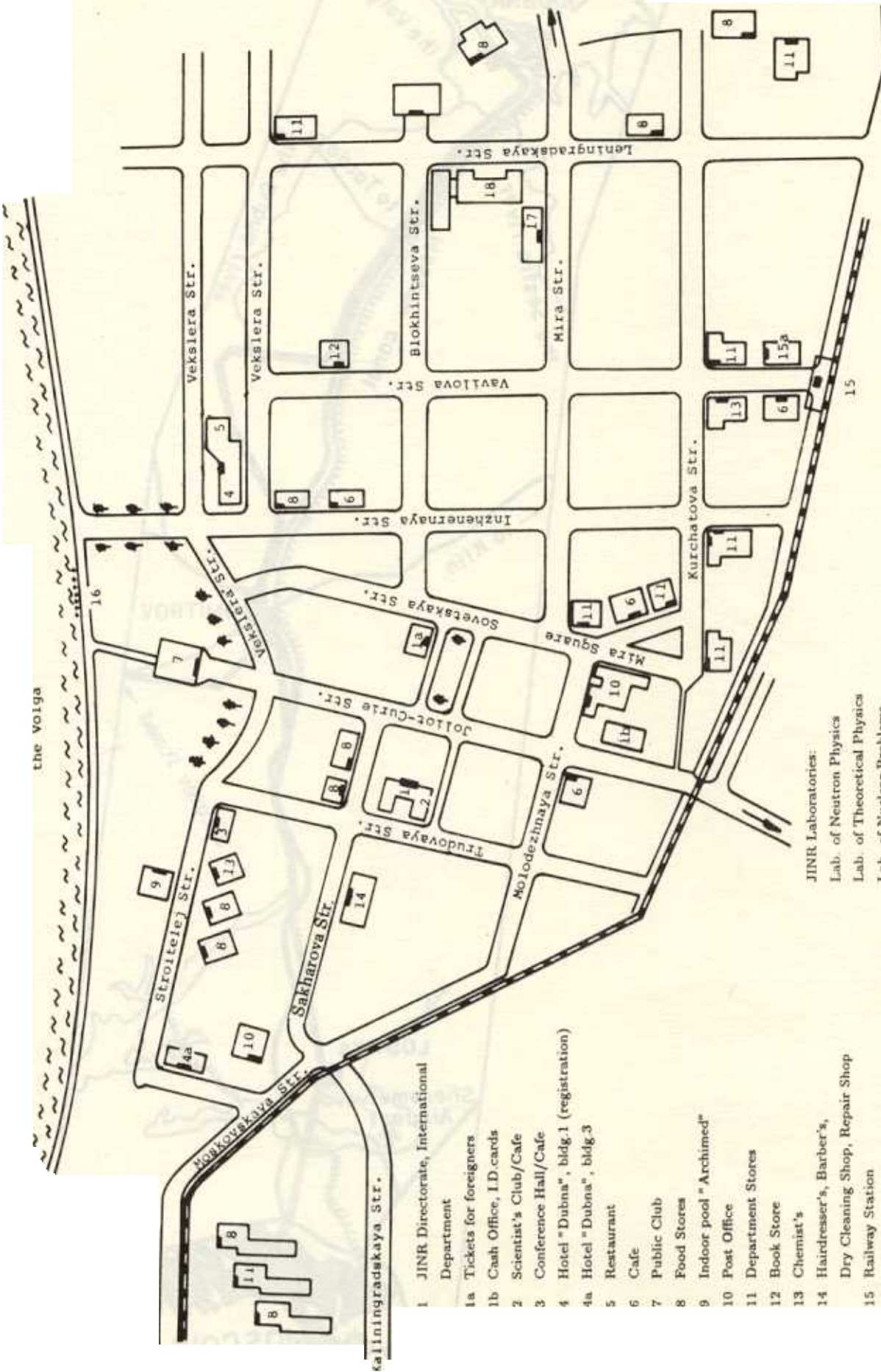
Foreign visitors should register their passports at the Administrator of the Hotel.

Requests for arranging confirmation of the return flights and for transportation to the airport should be addressed to the Scientific Secretary of the Laboratory or directly to JINR International Department (call 6-21-85).



Map of Dubna

JINR Laboratories  
Lab. of High Energy Phys



the Volga

1 JINR Directorate, International Department

1a Tickets for foreigners

1b Cash Office, I.D. cards

2 Scientist's Club/Cafe

3 Conference Hall/Cafe

4 Hotel "Dubna", bldg.1 (registration)

4a Hotel "Dubna", bldg.3

5 Restaurant

6 Cafe

7 Public Club

8 Food Stores

9 Indoor pool "Archimed"

10 Post Office

11 Department Stores

12 Book Store

13 Chemist's

14 Hairdresser's, Barber's, Dry Cleaning Shop, Repair Shop

15 Railway Station

15a Booking Office (over USSR)

16 Beach

17 Polyclinic

18 Hospital

JINR Laboratories:

Lab. of Neutron Physics

Lab. of Theoretical Physics

Lab. of Nuclear Problems

Lab. of Nuclear Reactions

Lab. of Computing Techniques and Automation

## ПАМЯТИ ЮРИЯ МЕЧИСЛАВОВИЧА ОСТАНЕВИЧА



В 1992 г. Лаборатория нейтронной физики понесла большую утрату. 1 августа умер Юрий Мечиславович Останевич (род. 25.07.1936 г.) – доктор физико-математических наук, начальник Научно-экспериментального отдела физики конденсированных сред. Ю.М.Останевич был признанным лидером коллектива физиков – экспериментаторов, работающих в области фундаментальной и прикладной физики конденсированных сред. Он являлся крупным, известным мировому нейтронному сообществу специалистом в области исследования твердого тела с помощью малоуглового рассеяния нейтронов. Имя Ю.М.Останевича, несомненно, останется в истории Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.



**Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка  
Объединенного института ядерных исследований**

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) является международным центром экспериментальных и теоретических исследований в области физики элементарных частиц, ядерной и нейтронной физики, физики конденсированных сред и некоторых связанных с ними областях технической физики.

Структура ОИЯИ определяется его специализацией и принципами управления международных организаций. Дирекция института руководит текущей научной и финансовой деятельностью лабораторий, общеинститутскими службами и рядом специализированных отделов. В общеинститутские службы входят библиотека, издательский отдел, медицинская служба и т. д.

Лаборатория нейтронной физики - одна из семи лабораторий ОИЯИ. Она была основана в 1956 г., вскоре после образования ОИЯИ. В 1960 г. в ЛНФ был создан принципиально новый источник нейтронов - импульсный быстрый реактор (ИБР) периодического действия, разработка которого была осуществлена под руководством проф. Д. И. Блохинцева (11.01.1908-24.01.1979). Рождение этого реактора положило начало новому направлению в развитии исследовательских нейтронных источников

Широкая научная программа была выполнена на этом новом источнике под руководством директора лаборатории, лауреата Нобелевской премии проф. И. М. Франка (23.10.1908-22.06.1990) и его заместителя проф. Ф. Л. Шапиро (06.04.1915-30.01.1973). В эти годы было разработано и создано целое семейство уникальных импульсных источников нейтронов для ядерной физики и физики конденсированных сред. Последний из них - высокопоточный импульсный реактор ИБР-2 - принят в эксплуатацию в феврале 1984 г. В настоящее время Лаборатория нейтронной физики носит имя И. М. Франка. В ОИЯИ установлена премия имени И. М. Франка за исследования по нейтронной физике.

Сейчас научная активность лаборатории проявляется в двух областях физики: субатомной физике и физике конденсированных сред. Первая включает исследования нейтрона как элементарной частицы и изучение ядерных компаунд-состояний в реакциях, индуцированных нейтронами. Во второй исследуются актуальные проблемы физики твердого тела, поверхности, жидкости и молекулярной биологии. Также проводятся прикладные исследования с использованием ядерно-физических методов.

## В В Е Д Е Н И Е

Вниманию читателя предлагается отчет Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка за 1992 год, а также за последний квартал 1991 года, поскольку предыдущий годовой отчет включал период с 1 октября 1990 года по 1 октября 1991 года

Структура отчета отражена в оглавлении. Соответствующие разделы были подготовлены начальниками отделов и затем приведены к единому виду ученым секретарем лаборатории Ю. В. Тараном.

В прошедшем году был получен целый ряд весомых результатов как в развитии установок, так и в физических исследованиях.

### Нейтронные источники

Реактор ИБР-2 по-прежнему остается самым светосильным нейтронным источником в мире. Его полезная светимость составляет  $10^{16}$  нейтр. см<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>, что в 2-5 раз выше, чем на лучших импульсных источниках нейтронов на базе протонных ускорителей. В прошедшей кампании 1991-92 гг. реактор работал достаточно устойчиво: потери времени на физический эксперимент составили менее 7%.

Главная задача годовой программы развития ИБР-2 - создание и физический пуск криогенного замедлителя на основе твердого метана - выполнена. Пуск замедлителя осуществлен в начале ноября на мощности реактора до 1 МВт включительно. Поток холодных нейтронов увеличился приблизительно в 5-10 раз по сравнению со штатным теплым замедлителем, что близко к расчетному значению. Ввод в эксплуатацию криогенного замедлителя в первой половине 1993 г. позволит существенно расширить возможности исследований на пучках № 4, 5, 6, особенно в области малоуглового рассеяния нейтронов. В 1993 году по программе развития реактора ИБР-2 главной задачей будет изготовление и испытания нового подвижного отражателя.

Бустер ИБР-30 устойчиво отработал прошедшую кампанию, главным образом, на ядерно-физические эксперименты.

Продолжалась разработка проекта нового нейтронного источника на базе мощного линейного ускорителя и активной зоны из плутония. Он должен заменить бустер ИБР-30. В предыдущем годовом отчете ЛНФ этот источник имел название НИВР. Более тщательная проработка проекта показала, что при сужении энергетического диапазона выхода нейтронов до представляющего наибольший интерес интервала резонансных нейтронов можно создать источник на мировом уровне в своем классе, при этом на порядок дешевле, чем западные аналоги. Эта установка получила новое наименование ИРЕН - источник резонансных нейтронов. Разработка ИРЕН в Институте ядерной физики Сибирского отделения РАН (Новосибирск) и НИКИЭТ (Москва) идет в соответствии с календарным планом.

### Физические установки

Несомненным успехом лаборатории и института в целом явилось создание фурье-дифрактометра высокого разрешения. Первые эксперименты были выполнены в июне 1992 года, в сентябре они уже получили высокую оценку на прошедшей в Дубне Международной конференции по структурным исследованиям на импульсных источниках нейтронов. В первой половине 1993 года дифрактометр будет сдан в эксплуатацию, но уже сейчас видно, что это будет прибор с лучшими в мире параметрами. Это очень важно, поскольку исследование любой задачи в физике твердого тела начинается с изучения кристаллической структуры.

Создание фурье-дифрактометра имеет также важное методическое значение при использовании реактора ИБР-2. Теперь для физических исследований мы имеем не только самый высокий в мире среди импульсных источников поток нейтронов, но и лучшее структурное разрешение. На очереди использование корреляционного фурье-анализа в задачах неупругого рассеяния, что может дать значительное улучшение энергетического разрешения.

Закончены конструкторские работы и начато изготовление уникальной установки для накопления ультрахолодных нейтронов на реакторе БИГР в Арзамасе-16 с расчетной плотностью  $10^5$  нейтронов/см<sup>3</sup>. Это на два порядка выше, чем на установке в Гренобле. Численное моделирование показывает, что возможно измерение времени жизни нейтрона с рекордной точностью.

## Исследовательская программа

Действующие на реакторе ИБР-2 установки имеют широкий круг возможностей для исследований современных проблем физики конденсированных сред. Комплекс из четырех дифрактометров и установки малоуглового рассеяния дает уникальные возможности для изучения структуры твердых тел и жидкостей, а также магнитных структур. С помощью трех спектрометров неупругого рассеяния проводятся исследования структурных и магнитных возбуждений конденсированных сред. На спектрометре поляризованных нейтронов имеются хорошие возможности исследования структуры и магнитных свойств поверхностей твердых тел и пленок, а также деполяризационных явлений в магнитных и сверхпроводящих материалах.

Из большого числа работ по изучению структурных и динамических свойств конденсированных сред, выполненных в 1992 году, выделяются исследования спектра элементарных возбуждений в  ${}^4\text{He}$  в сверхтекучей фазе с помощью неупругого рассеяния нейтронов. Хотя явление сверхтекучести имеет многолетнюю историю, оно содержит в себе фундаментальную проблему связи сверхтекучести и бозе-конденсации. Интерес к этой проблеме усиливается еще и тем, что прямое наблюдение бозе-конденсации остается одной из важнейших проблем современной физики. В ЛНФ проблемой динамики  ${}^4\text{He}$  занимается группа ЛНФ-ФЭИ (Обнинск) - ХФТИ (Харьков) под руководством А.В.Пучкова. Последние эксперименты с рекордным энергетическим разрешением показывают расщепление ветви возбуждений в максон-ротонной области при переданных импульсах от 0,48 до 1,6  $\text{\AA}^{-1}$ . Этот результат может быть интерпретирован как прямое наблюдение бозе-конденсации в  $\text{He-II}$ , хотя окончательные выводы можно будет сделать после повторных измерений.

Получены интересные результаты в изучении проблемы высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Поскольку ВТСП-материалы состоят из элементов с большой разницей атомных весов (кислород - иттрий), то нейтронография оказалась наиболее эффективным методом для определения их структуры. Однако до сих пор сохраняются неясности в определении структуры висмутовых сверхпроводников. Результаты экспериментов в группе А.И.Бескровного, выполненные с монокристаллом  $\text{Bi-2212}$  размером  $2 \times 2 \times 0,3$  мм с заменой кальция на иттрий, весьма убедительно показывают наличие

дополнительной сверхструктуры. Этот результат может служить основой для объяснения электронной структуры висмутовых ВТСП и механизма сверхпроводимости.

Завершен цикл работ, дающий весомый вклад в исследование весьма интересной проблемы сосуществования сверхпроводимости и магнетизма. Удобным объектом является сверхпроводник Y123 с частичной заменой меди на железо. Ранее это соединение использовалось для изучения вопроса о роли плоскостей и цепочек в иттриевых ВТСП. Благодаря нейтронным исследованиям (в значительной степени в Дубне в группе А.М. Балагурова) этот вопрос получил свое разрешение. Однако при этом оказалось, что замена меди на железо приводит к целому кругу более интересных физических явлений, связанных с магнитными свойствами. В настоящее время установлена фазовая диаграмма в зависимости от концентрации железа и кислорода, которая может служить основой для дальнейших исследований.

Следует отметить измерения с помощью поляризованных нейтронов глубины проникновения магнитного поля в классический сверхпроводник ниобий. В результате этих исследований группой Д.А. Корнеева наблюдается аномальное поведение диамагнитного профиля сверхпроводника, которое можно связать с подавлением параметра порядка на границе сверхпроводник-вакуум. Установлена роль шероховатостей поверхности пленки при отражении поляризованных нейтронов от магнитной среды, что позволило устранить неточности в измерениях других авторов и обосновать прямой микроскопический метод измерения такой фундаментальной характеристики сверхпроводников как глубины проникновения магнитного поля.

На спектрометрах бустера ИБР-30 продолжались исследования структуры возбужденных ядер и характеристик их распада по доступным каналам (фотонному, протонному, деления и т.д.). В развитии программы исследования свойств возбужденных состояний методом  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений, предложенным в ЛНФ, были обнаружены первичные  $\gamma$ -переходы между состояниями компаунд-ядер вблизи энергии связи нейтрона, интенсивность которых более чем на порядок превосходит расчетные значения, сделанные в рамках статистической модели  $\gamma$ -каскада. Этот эффект наблюдался для ядер  $^{156,158}\text{Gd}$ ,  $^{150}\text{Sm}$  и  $^{164}\text{Dy}$ . Он может быть связан с аномальной энергетической зависимостью плотности возбужденных уровней ядер. Новые неожиданные возможности развитого метода открылись в измерениях спектров  $^{170}\text{Yb}$ , образующегося после

$\beta$ -распада  $^{170}\text{Lu}$ . Схема уровней  $^{170}\text{Yb}$ , полученная в результате более чем десятилетних исследований методами традиционной ядерной спектроскопии, оказалась существенно ревизована - около четверти уровней не нашли своего подтверждения и примерно столько же было обнаружено новых. Этот эксперимент открывает новые возможности в исследовании структуры ядер, образующихся в цепочках радиоактивных превращений.

Важные результаты получены в исследовании деления  $^{239}\text{Pu}$ , вызванного резонансными нейтронами. Прямое измерение характеристических  $\gamma$ -квантов осколков деления для набора компаунд-состояний  $^{240}\text{Pu}$  подтвердило гипотезу о связи каналов и мод деления, предложенную ранее в ЛНФ на основе анализа данных по делению ядра  $^{236}\text{U}$ . А именно, как и предсказывалось, для случая одноканального деления  $^{240}\text{Pu}$  не наблюдается (в пределах экспериментальных погрешностей) флуктуации (от резонанса к резонансу) относительно выхода различных фрагментов деления.

Результаты исследований, выполненных в лаборатории, были представлены на многих международных и национальных конференциях.

На конкурсе работ ОИЯИ за 1992 г. цикл работ В. Ю. Беззаботнова, А. Б. Кунченко, Ю. М. Останевича, И. Плештила, Л. Чера, И. Н. Сердюка "Малоугловое рассеяние нейтронов как метод исследования надмолекулярной структуры вещества" получил первую премию по разделу научно-методических и научно-технических работ; цикл работ В. А. Весны, Ю. М. Гледенова, Н. С. Окуневой, С. С. Паржицкого, Е. В. Шульгиной, Ю. П. Попова "Исследование р-нечетных корреляций в реакциях на легких ядрах при захвате тепловых поляризованных нейтронов с вылетом заряженных частиц" - поощрительную премию по разделу научно-исследовательских экспериментальных работ.

### Прикладные исследования

Помимо исследования чисто физических свойств конденсированных сред, нейтронные пучки на реакторе ИБР-2 весьма эффективно используются для изучения процессов, важных для материаловедения. Обширный материал был получен с помощью текстурной нейтронографии в группе Й. Хайнитца, на дифрактометре ДН-2 в режиме реального времени (Г. М. Миронова),

с помощью малоуглового рассеяния в группе Ф.Хойсслера и Н.Горского, с помощью неупругого рассеяния в группах И.Натканца и А.В.Пучкова, а также в группе поляризованных нейтронов.

На ИБР-30 систематически реализуется программа прикладных исследований реакторных конструкционных материалов, а в последнее время проводятся и измерения ядерных констант, важных для проблемы трансмутации радиоактивных отходов. В частности, в широком интервале энергий нейтронов проведены прецизионные измерения сечений деления  $^{237}\text{Np}$ , стоящие в первоочередном перечне данных, необходимых для реализации программы трансмутации отходов.

В лаборатории накоплен достаточно большой потенциал технических идей и разработок, который может быть полезен для решения актуальных задач народного хозяйства стран-участниц ОИЯИ. С этой целью в июне 1991 года при ОИЯИ на базе Лаборатории нейтронной физики был создан Научно-производственный центр "АСПЕКТ" (атомная спектрометрия). В 1992 г. основной деятельностью НПЦ "АСПЕКТ" был выпуск мелких серий разработанной им аппаратуры для народного хозяйства: гамма-спектрометров, анализаторов на 1024 и 4096 каналов, датчиков и защит к ним.

Общий объем заключенных договоров по выпуску такой аппаратуры составил в 1992 г. свыше 46 млн.рублей. Главными потребителями изделий НПЦ "АСПЕКТ" являются Главчернобыль Минсельхоза России, В/О "Изотоп" и комбинаты Министерства атомной энергии, воинские части, государственные структуры санитарного надзора.

В 1992 г. разработан и изготовлен опытный образец гамма-радиометра, который будет удобен в отдельных отраслях народного хозяйства, где не требуется сложного анализа по составу вещества. Спектрометр "Гамма-01с" модифицирован с заменой компьютера на Lap-Top. Разработан и выпущен опытный образец малогабаритного сварочного аппарата, который в настоящее время проходит испытания в мастерских ОИЯИ и может стать достаточно прибыльным изделием среди товаров народного потребления

В выпуске этих изделий значительное участие принимали сотрудники ОИЯИ, работающие по хоздоговорам. За 1992 г. этим сотрудникам ОИЯИ выплачено свыше 2 млн.рублей заработной платы.

## Учебная работа

В 1991-92 учебном году на кафедре ядерной физики конденсированных сред Учебно-научного центра при ОИЯИ преподавали В. Л. Аксенов, А. В. Белушкин, Б. В. Васильев, Ю. М. Останевич, Н. М. Плакида, Е. П. Шабалин. В 1992-93 учебном году преподавательский состав изменился (В. Л. Аксенов, Б. В. Васильев, В. Б. Злоказов, В. Л. Ломидзе, Н. М. Плакида, Ю. В. Таран) при сохранении курсов лекций. В отличие от предыдущего учебного года студенты начали работать в научных группах с начала 8-го семестра.

В сентябре 1992 года состоялась преддипломная защита курсовых работ студентов. В результате направлены заявки на распределение 10 студентов по тематике лаборатории: трех по нейтронной ядерной физике и семерых по физике конденсированных сред. Половина из этих студентов станут сотрудниками ЛНФ, остальные будут работать в институтах стран-участниц из СНГ, с которыми ЛНФ имеет общие исследовательские программы. В частности, два студента направлены в ИЯИ РАН (Троицк), но они будут стажироваться в Дубне для подготовки к работе на новом источнике нейтронов на Московской мезонной фабрике.

## Организационная деятельность

В связи с кончиной начальника отдела физики конденсированных сред Ю. М. Останевича произведена реорганизация отдела. Образовано четыре сектора: дифракции (А. М. Балагуров), малоуглового рассеяния (И. Н. Сердюк), неупругого рассеяния (И. Натканец), нейтронной оптики (Д. А. Корнеев). С 1 января 1993 г. руководителем темы "Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов" и и.о. начальника отдела назначен А. М. Балагуров.

На основе сектора физики низких температур ЛНФ создан Институт физико-технических проблем Министерства атомной энергии РФ. Директором назначен Б. В. Васильев.

Численность сотрудников лаборатории в отчетном году уменьшилась до 522 против 580 в 1991 г. Около 70% сотрудников переведены на работу по контрактам, что позволило стабилизировать обстановку в коллективе в условиях ухудшающейся экономической ситуации в стране местонахождения ОИЯИ.



Финансирование в 1992 году сохранилось примерно на уровне прошлого года (с учетом инфляции). Из поступлений в бюджет ОИЯИ лаборатория получила только 17,5% против 21,7%, установленных решениями Ученого совета и Комитета Полномочных Представителей, что, несомненно, несколько замедлило развитие лаборатории.

В 1992 г. регулярно работали лабораторный и отдельные семинары, которые имеют тематический характер. Лабораторией было проведено 4 конференции в Дубне и совместно с Лабораторией Леона Бриллюэна французско-российское рабочее совещание в Сакле по проблеме сильнокоррелированных электронных систем. Уже стали традиционными ежегодные собрания в Дубне Комиссии по исследованиям конденсированных сред ядерными методами РАН. Лаборатория активно участвует в координации научных программ России по тематике Комиссии. Надо отметить успешную работу лаборатории в рамках российской программы по физике высокотемпературной сверхпроводимости. В 1992 г. по этой программе в Дубне имело финансовую поддержку восемь проектов

Успешно развивалось сотрудничество с институтами Германии. В рамках двустороннего соглашения ОИЯИ-ФМИН ФРГ проведены обсуждения программы исследований на заседании Научно-координационного совета по исследованиям конденсированных сред ядерными методами в Дубне в январе и на заседании Нейтронного комитета ФРГ в Бад-Шандау в апреле 1992 г. По результатам сотрудничества в 1992 году и планам на 1993 год опубликован отчет.

Директор  
Лаборатории нейтронной физики  
им. И. М. Франка



В. Л. Аксенов

# СТРУКТУРА ЛНФ

**Дирекция**  
Директор:  
В. Л. Аксенов  
Заместители:  
Ю. П. Попов  
И. Натканец  
Ученый секретарь:  
Ю. В. Таран

**Реакторные и  
технические отделы**  
Главный инженер  
В. Д. Ананьев

**Сектор ядерной  
безопасности**  
Начальник  
В. Л. Ломидзе

**Реактор ИБР-2**  
Главный инженер  
А. В. Виноградов

**Бустер ИБР-30+  
ЛУЭ-40**  
Начальник  
С. А. Квасников

**Механико-  
технологический  
отдел**  
Начальник  
А. А. Беляков

**Электро-  
технический  
отдел**  
Начальник  
В. П. Попов

**Конструкторское  
бюро**  
Начальник  
Б. И. Воронов

**Опытное  
производство**  
Начальник  
А. Н. Кузнецов

## Научные отделы и секторы

**Отдел физики ядра**  
Начальник В. И. Фурман  
■ физика нейтрона  
■ ядерные реакции  
■ ядерные данные  
■ поляризованные  
нейтроны и ядра

**Отдел физики  
конденсированных сред**  
Начальник Ю. М. Останевич  
■ дифракция нейтронов  
■ малоугловое рассеяние  
■ неупругое рассеяние  
■ поляризованные  
нейтроны  
■ физика низких  
температур

**Сектор активационного  
анализа и радиационных  
исследований**  
Начальник В. М. Назаров

**Отдел физико-  
технических исследований**  
Начальник В. И. Лущиков  
■ элементный анализ  
■ дифракция  
рентгеновских лучей  
■ ВТСП

**Отдел радиоэлектроники  
и вычислительной  
техники**  
Начальник В. Г. Тишин  
■ автоматизация  
и накопление данных  
■ компьютерные сети  
■ программирование

## Административные службы

Зам. директора  
С. В. Козенков  
■ секретариат  
■ финансы  
■ штат

## Группа ученого секретаря

■ перевод  
■ графики  
■ фотография