

# ДУБНА · 1989

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3497/90

СЗМ

0-292

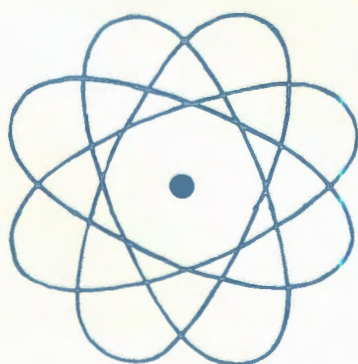


JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

# 1989 · DUBNA

Экз чит зала

**ОТЧЕТ  
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**



ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА



# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                       | 4   |
| РУКОВОДЯЩИЕ<br>И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ                                   |     |
| Деятельность руководящих<br>и консультативных органов                          | 8   |
| Премии                                                                         | 20  |
| НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ,<br>ВЫПОЛНЕННЫЕ ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ В 1989 ГОДУ |     |
| Лаборатория теоретической физики                                               | 24  |
| Лаборатория высоких энергий                                                    | 36  |
| Лаборатория ядерных проблем                                                    | 56  |
| Лаборатория ядерных реакций                                                    | 70  |
| Лаборатория нейтронной физики                                                  | 88  |
| Лаборатория вычислительной техники<br>и автоматизации                          | 101 |
| Общеинститутское научно-методическое<br>отделение                              | 109 |
| МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ<br>И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО                                | 116 |
| ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ                                                        |     |
| Отдел радиационной безопасности<br>и радиационных исследований                 | 140 |
| Опытное производство                                                           | 141 |
| НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ                                                             |     |
| Издательский отдел                                                             | 144 |
| Научно-техническая библиотека                                                  | 145 |
| Патентный отдел                                                                | 145 |
| АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ<br>ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ                                  | 148 |

## ВВЕДЕНИЕ

1989 год начался неординарно. Впервые за многие годы совещание Комитета Полномочных Представителей состоялось 17 — 18 января, а не в марте, как обычно. После решения ряда традиционных вопросов КПП в связи с истечением срока полномочий директора и вице-директоров ОИЯИ избрал новую дирекцию и назначил академика АН СССР Н.Н.Боголюбова почетным директором ОИЯИ сроком на 5 лет, выразив ему глубокую благодарность за многолетнюю и плодотворную работу на посту директора Института.

Другая характерная особенность этого года — мы приступили к подготовке проекта пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг. В основу проекта пятилетнего плана заложена научная программа, выполнение которой позволит Институту подняться на качественно новый уровень проведения фундаментальных исследований посредством концентрации усилий ученых на наиболее перспективных направлениях, что предполагает закрытие некоторых тем и базовых установок. Одновременно с вопросами закрытия ряда научных направлений обсуждается проблема строительства в Дубне нового ускорительного комплекса — электрон-позитронного накопителя. Сооружение такого комплекса откроет новые возможности в работах по физике элементарных частиц, атомного ядра, физике конденсированных сред и решения широкого спектра прикладных задач.

Еще одна особенность 1989 года — это ростки новой политики, проводимой в странах-участницах ОИЯИ, которые могут заметно повлиять на весь уклад жизни Института, на совершенствование его научно-технического потенциала и развитие его социальной сферы.

Что касается наиболее важных итогов выполнения программы научно-исследова-

тельской деятельности ОИЯИ за 1989 год, то можно отметить следующее.

Работы проводились по 39 научным направлениям, включающим 91 тему. По всем темам осуществлялось широкое сотрудничество с научными центрами стран-участниц Института, а по 23 темам — с международными и национальными научными организациями других стран. Главные приоритеты имели работы: "Разработка и исследование сверхпроводящих систем с магнитным полем, формируемым железом" (проект "Нуклотрон"), "Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2", "Развитие действующих ускорителей и создание циклотронного комплекса У-400 + У-400М", "Развитие средств вычислительной техники и математического обеспечения базовых вычислительных машин. Создание и развитие сети ЭВМ и терминалов".

С 1984 года в ОИЯИ активно шли работы по подготовке эксперимента ДЕЛФИ на электрон-позитронном коллайдере LEP ЦЕРНа. В августе на LEP был проведен пробный сеанс по набору статистики. Сейчас уже опубликованы первые физические данные о массе и ширине  $Z^0$ -бозона. Выполненные измерения позволили впервые определить (в рамках стандартной модели) число поколений легких нейтрино. Этот результат, полученный коллаборацией физиков ОИЯИ и ЦЕРНа, имеет фундаментальное значение для современной физики.

В Лаборатории высоких энергий смонтирован октант (1/8 часть) кольца нуклотрона (длиной более 30 м), который охлажден до температуры 4,7 К и испытан в режиме запитки элементов рабочим током.

В совместном эксперименте физиков Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ — ИФВЭ — НИИЯФ МГУ измерена относительная вероятность образования ультрарелятивистских атомов позитрония в распаде



$\pi^0 \rightarrow \gamma + A_{2e}$ . Работа проводилась на ускорителе ИФВЭ (Протвино) при взаимодействии протонов с энергией 70 ГэВ с внутренней мишенью из углерода.

Серия совместных экспериментов Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ и ГАНИЛ выполнена в Национальной лаборатории ГАНИЛ (Кан, Франция). В реакциях взаимодействия ионов кальция с ядрами никеля и тантала синтезированы новые нейтроноизбыточные нуклиды, определены радиусы радиоактивных ядер, установлены новые физические закономерности. В результате развития ядерных методов для производства трековых мембран с новыми структурными и химическими свойствами получены мембраны (ядерные фильтры) на основе пропилена.

На реакторе ИБР-2 методом упругого и неупругого рассеяния нейтронов исследовались структура, атомная и магнитная динамика высокотемпературных сверхпроводников различных композиционных составов. Методом нейтронной дифракции в реальном времени выполнены оригиналь-

ные исследования процесса формирования сверхпроводящих структур в висмутовых керамиках.

В ЦВК ОИЯИ введены в эксплуатацию ЭВМ VAX-8350 и  $\mu$ VAX-II — основа графического центра общего назначения, а также ЭВМ ЕС-1037 под управлением операционной системы виртуальных машин; она включена в локальную сеть JINET. Выполнены работы по объединению локальной вычислительной сети JINET Института с международной глобальной сетью: Дубна — организации стран-участниц ОИЯИ и ЦЕРНа.

Важным мероприятием, связанным с концентрацией финансирования научной программы ОИЯИ на перспективных направлениях, явилось внедрение новой системы планирования и финансирования НИР, что дало возможность определить приоритеты и заинтересованность стран-участниц в научных темах. Ряд тем, не получивших достаточной финансовой поддержки, в план 1990 года включены с сокращением финансирования. При этом были учтены также рекомендации Консультативной комиссии

Дирекция ОИЯИ, избранная на январской сессии Комитета Полномочных Представителей. Директор — академик Д.Киш (ВР), вице-директора — профессор А.Н.Сисакян (СССР), профессор Д.Эберт (ГДР)





экспертов по научной политике ОИЯИ, созданной по инициативе дирекции Института. Для работы в комиссии были приглашены видные ученые из различных научных центров, не имеющие прямой заинтересованности в совместных работах с ОИЯИ. Мнение комиссии и дирекции едино: не-

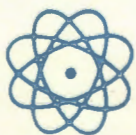
обходимо закрыть не только несколько неперспективных научных тем, но также направлений и базовых установок, чтобы сконцентрировать усилия ученых Института на наиболее актуальных проблемах современной физики с учетом интересов стран-участниц ОИЯИ.

*Vin Denis*

Д.Киш  
Директор Объединенного института  
ядерных исследований



**РУКОВОДЯЩИЕ  
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ  
ОРГАНЫ ОИЯИ**



## ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ОИЯИ

17 — 18 января 1989 г. в Дубне проходило совещание Комитета Полномочных Представителей правительств государств-членов Объединенного института ядерных исследований. Комитет Полномочных Представителей отметил успешное выполнение в 1988 г. намеченной программы научно-исследовательских работ с получением важных результатов как фундаментального, так и прикладного характера.

КПП утвердил план научных исследований и международного сотрудничества на 1989 г., планы проведения научных совещаний и командирования специалистов ОИЯИ на международные и национальные конференции, совещания, школы в 1989 г., признал необходимым выделять, начиная с 1990 г., на международное сотрудничество 5% средств от основной деятельности, наметил главные направления деятельности Объединенного института в 1989 г., в соответствии с научными задачами, поставленными 65 сессией Ученого совета ОИЯИ.

Дирекции ОИЯИ было поручено подготовить проект пятилетнего плана развития Института на 1991 — 1995 гг. и представить его на рассмотрение научно-координационных советов и 66 сессии Ученого совета ОИЯИ.

Комитет Полномочных Представителей одобрил работу Финансового комитета и Контрольной комиссии по рассмотрению и анализу финансово-хозяйственной деятельности Института и других финансовых вопросов. Был утвержден отчет ОИЯИ об исполнении бюджета за 1987 г., принято к сведению сообщение дирекции Института об исполнении бюджета ОИЯИ за 1988 г. Утверждены бюджет ОИЯИ на 1989 г., долевые взносы государств-членов Института, план капитального строительства. КПП согласился с предложением о дополнительном финан-

сировании первоочередных экспериментов на УНК путем целевых поставок странами-участницами материалов и оборудования, необходимых для создания конкретных экспериментальных установок, представляющих особый интерес для этих стран.

Комитет Полномочных Представителей принял постановление:

1. В связи с истечением срока полномочий директора Объединенного института ядерных исследований академика Н.Н.Боголюбова Комитет Полномочных Представителей избрал директором ОИЯИ академика Д.Киша сроком на три года в соответствии со статьей 20 Устава ОИЯИ.

Комитет Полномочных Представителей выразил академику Н.Н.Боголюбову глубокую благодарность за многолетнюю и плодотворную работу на посту директора Объединенного института ядерных исследований.

2. В связи с истечением срока полномочий вице-директоров Объединенного института ядерных исследований члена-корреспондента ЧСАН М.Гмитро и профессора Э.Энтральго Комитет Полномочных Представителей избрал вице-директорами Института профессора А.Н.Сисакяна и профессора Д.Эберта сроком на три года в соответствии со статьей 20 Устава ОИЯИ и протоколом КПП от 11 — 12 января 1972 г.

Комитет Полномочных Представителей выразил благодарность члену-корреспонденту ЧСАН М.Гмитро и профессору Э.Энтральго за успешную работу на постах вице-директоров Объединенного института ядерных исследований.

3. На основании Положения о персонале ОИЯИ (п. IX) Комитет Полномочных Представителей назначил академика Н.Н.Боголюбова почетным директором Объединенного института ядерных исследований сроком на 5 лет.



В октябре в Дубне состоялось заседание Консультативной комиссии по научной политике ОИЯИ, организованное по инициативе дирекции Института









19 — 22 июня в Смоленнице (ЧССР) состоялась 66 сессия Ученого совета ОИЯИ. Ученый совет заслушал информацию о работе научно-координационных советов по направлениям и поручил дирекции Института представить к осенней сессии НКС свои предложения по новому порядку планирования, учета, отчетности и финансирования новых тем и проектов, правам и обязанностям руководителей тем и проектов.

Научно-координационным советам по направлениям поручено подготовить с учетом проекта пятилетнего плана развития ОИЯИ в 1991 — 1995 гг. список проектов, реализация которых начинается в этой пятилетке, а также более последовательно проработать на очередных сессиях вопрос о финансировании тем плана на 1990 г. с учетом имеющихся конкретных предложений стран-участниц.

Вице-директора Института профессор А.Н.Сисакян и член-корреспондент ЧСАН М.Гмитро выступили с докладами о проекте проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 1990 год. Ученый совет поручил дирекции Института переработать структуру плана с учетом формирования ЛСВЭ. Проект плана решено представить на рассмотрение научно-координационным советам по направлениям, Финансовому комитету и 67 сессии Ученого совета. Ученый совет одобрил проекты планов совещаний ОИЯИ и командирования специалистов Института на международные и национальные конференции, совещания, школы в 1990 г.

Директор Института академик Д.Киш представил информацию о проекте пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг. Совет принял к сведению предложения в проект и поручил дирекции продолжить работу по уточнению первоначального варианта. Рекомендовано организовать работу по выявлению заинтересованности специалистов стран-участниц в программах и проектах подготавливаемого плана.

Ученый совет просил Полномочных Представителей стран-участниц установить бюджет ОИЯИ на пятилетку 1991 — 1995 гг., принимая во внимание инфляционные процессы, в объеме 300 млн руб. (в ценах 1989 г.). Дирекции Института предложено подготовить и включить в программу 67 сессии Ученого совета доклады о направлениях развития ускорительной базы ОИЯИ, намеченных в проекте пятилетнего плана: нейтронно-протонной фабрике, супернуклотроне с электронным кольцом, мезонном и нейтронном генераторах.

Ученый совет просил дирекцию Института изучить вопрос о возможности увеличения притока кадров молодых специалистов и внести свои предложения на следующей сессии Совета, а также поддержал идею создания учебно-научного центра при ОИЯИ.

На сессии состоялись выборы на должности директора и заместителей директоров лабораторий ОИЯИ. Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1988 г. Утверждено также новое "Положение о порядке присуждения ежегодных премий Объединенного института ядерных исследований".

В связи с представленными на сессии докладами Ученый совет принял следующие решения:

1. По докладу академика А.Н.Скринского — предложено изучить в странах-участницах и в ОИЯИ целесообразность создания накопителя позитронов и электронов и источника синхротронного излучения как одного из вариантов развития экспериментальной базы ОИЯИ.

2. По докладу профессора В.А.Матвеева — признано необходимым дальнейшее расширение научного сотрудничества ОИЯИ с ИЯИ АН СССР.

3. По докладу профессора И.А.Голутвина — отмечена перспективность методики полупроводниковых координатных детекторов, рекомендовано дирекции ОИЯИ оказать поддержку в создании базы ее развития в Институте.

4. По докладу члена-корреспондента АН СССР Д.В.Ширкова — одобрено предложение по созданию компьютерной сети для ОИЯИ и институтов стран-участниц на основе космических спутников связи.



## ВТОРАЯ СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫХ СОВЕТОВ

### СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ, 4 — 7 апреля

Рассмотрев отчет о выполнении решений предыдущей сессии, НКС просил дирекции лабораторий при планировании работ учитывать пожелания стран-участниц о распределении финансовых ресурсов по темам. НКС предложил обратиться к Комитету Полномочных Представителей с просьбой об увеличении штатной численности ОИЯИ с целью приема молодых специалистов для работы по самым актуальным направлениям, в особенности в области физики высоких энергий. НКС рекомендовал дирекции ускорить формирование ЛСВЭ.

На заседаниях НКС заслушаны отчеты о состоянии дел по выполнению текущего плана и предложения в новый пятилетний (1991 — 1995 гг.) план научно-исследовательских работ и создания базовых установок. Организованы стендовые отчеты, обзорные отчеты, заслушаны доклады по отдельным темам: "Позитроний", РИСК, ДЕЛФИ, "Модернизация синхрофазотрона и его работа на физический эксперимент", "Ход работ по сооружению нуклотрона".

НКС обсудил проекты "Исследования спинозависимых кварковых структурных функций протона и нейтрона в эксперименте на мюонном пучке ускорителя SPS (ЦЕРН)" и "Универсальный калориметрический детектор". Рассмотрен проблемно-тематический план на 1990 г., заслушана информация заместителя директора ИФВЭ профессора Н.Е.Тюрина по вопросу переговоров ГКАЭ СССР и ЦЕРНа о кооперации в сооружении ускорительных установок.

### СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ФИЗИКЕ НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ, 11 — 13 апреля

Сессия открылась обсуждением отчета о выполнении решений первой сессии НКС. Рассмотрено предложение рабочего органа НКС

о порядке экспертизы тем и проектов и принято решение провести по этой методике экспертизу всех предложений лабораторий в проект пятилетнего плана ОИЯИ на 1991 — 1995 гг.

В соответствии с решением первой сессии НКС проведено обсуждение состояния исследований и перспектив их углубления в области нейтронной физики, физики тяжелых ионов, а также на протонных пучках промежуточных энергий. Рассмотрен ход работ по совершенствованию фазотрона, а также предложения об изменениях проблемно-тематического плана ОИЯИ на 1990 г.

Основное внимание на второй сессии НКС было уделено обсуждению предложений ЛНФ, ЛЯР, ЛЯП и других подразделений Института о проведении научных исследований в области физики низких и промежуточных энергий в 1991 — 1995 гг., создании и совершенствовании экспериментальных и базовых установок. Было принято решение об организации совместных разработок и проведении единой политики в применении детекторной техники, электроники, вычислительной техники, а также о мероприятиях по повышению эффективности базовых установок этих трех лабораторий. В решении НКС отмечена необходимость при открытии новых тем и утверждении проектов на 1991 — 1995 гг. учитывать заинтересованность в них стран-участниц ОИЯИ, выраженную в финансовой поддержке темы или проекта.

Члены НКС внимательно ознакомились с поступившими предложениями о возможных направлениях развития ускорительной базы ОИЯИ и приняли решение информировать членов Ученого совета и Полномочных Представителей своих стран об этих предложениях.

### СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ, 18 — 19 апреля

НКС заслушал доклад профессора В.Г.Кадышевского о предложениях ЛТФ в пятилетний (1991 — 1995 гг.) план развития ОИЯИ и одобрил основные направления ра-



боты теоретиков Института. Отмечено, что при планировании теоретических исследований необходимо уделять особое внимание экспериментальным программам ОИЯИ.

В пятилетний план развития ОИЯИ предложено внести проект сети персональных компьютеров для теоретических работ (СПЕКТР). Отмечено, что реализация подобного проекта заметно повысит эффективность работы теоретиков, выведет ее на качественно новый уровень.

На сессии одобрены основные идеи создания локальных сетей, компьютерной связи и электронной почты. Рекомендовано предусмотреть финансирование этих работ и продолжить работу по подключению ОИЯИ к Европейской компьютерной сети с использованием станции космической связи. НКС обратился также к специалистам заинтересованных лабораторий ОИЯИ с просьбой принять меры по подготовке уже в 1989 г. проекта КОКОС по созданию компьютерной сети стран-участниц ОИЯИ. НКС рекомендовал установить приоритеты финансирования объектов общепланетарного назначения, поставив на первое место систему электронной почты, а на второе — информационно-библиотечный центр.

НКС заслушал информацию о подготовке к Школе ЦЕРН — ОИЯИ в Голландии. Признано целесообразным провести в 1990 г. силами специалистов ЛТФ и ЛСВЭ традиционную для ОИЯИ Школу молодых ученых по физике высоких энергий.

В рамках сессии НКС состоялось обсуждение сенсационных результатов по холодному ядерному синтезу.

#### СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД ЯДЕРНЫМИ МЕТОДАМИ, 18 — 19 апреля

На заседаниях Научно-координационного совета были рассмотрены отчеты о выполнении решений первой сессии НКС и заслушаны предложения лабораторий по проведению научных исследований, а также по созданию и совершенствованию экспериментальных и базовых установок в 1991 — 1995 гг., рассмотрены вопросы

международного научно-технического сотрудничества.

Отмечены большая заинтересованность стран-участниц ОИЯИ в исследованиях конденсированных сред ядерными методами и растущий интерес к совместным радиобиологическим исследованиям. В связи с этим НКС обратил внимание на необходимость увеличения числа сотрудников ОИЯИ, направляемых на международные конференции по тематике НКС, на обеспечение лабораторий Института современными средствами связи и передачи информации.

НКС поддержал инициативу руководства филиала МГУ и дирекции ОИЯИ по организации при ОИЯИ учебно-научного центра и обратился ко всем членам НКС с просьбой предоставить информацию от своих стран о возможном количественном составе студентов и аспирантов по тематике НКС.

НКС обратился в дирекцию ОИЯИ с просьбой ускорить решение вопроса о приобретении в рамках контракта на поставку ЭВМ VAX-8350 быстрой межлабораторной сети ETHERNET, которая позволит создать единую систему сбора, обработки и анализа результатов исследований в области физики низких и промежуточных энергий, физики конденсированных сред, а также при проведении теоретических исследований. НКС обратился с предложением к Ученому совету об увеличении финансовой доли исследований по тематике НКС до 12% от общего бюджета ОИЯИ для обеспечения их проведения на мировом уровне.

Признано необходимым при открытии новых тем и утверждении проектов на 1991 — 1995 гг. учитывать заинтересованность в них стран-участниц ОИЯИ.

#### СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ЕДИНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ, 25 — 27 апреля

Научно-координационный совет, обсудив выполнение решений первой сессии НКС, принял к сведению отчет о состоянии Центрального вычислительного комплекса (ЦВК), признал необходимым проведение осенью 1989 г. в ОИЯИ совещания по новым стан-



ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Х.Христов (Народная Республика Болгария)  
И.Ланг (Венгерская Республика)  
Нгуен Ван Хъеу (Социалистическая Республика Вьетнам)  
Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)  
Хон Гун Пхе (Корейская Народно-Демократическая Республика)  
Х.Росалес (Республика Куба)

Н.Солном (Монгольская Народная Республика)  
М.Совински (Республика Польша)  
И.Брындуш (Румыния)  
А.Н.Проценко (Союз Советских Социалистических Республик)  
С.Кубик (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Финансовый комитет  
По одному представителю от  
каждой страны-участницы  
ОИЯИ

УЧЕБНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - Д.Ким (ВР)

М.Гмитро (ЧССР)

А.Н.Сисакян (СССР)

Д.Эберт (ГДР)

Главный ученый секретарь - Г.И.Колеров (СССР)

| Народная Республика Болгария | Венгерская Республика | Социалистическая Республика Вьетнам | Германская Демократическая Республика | Корейская Народно-Демократическая Республика | Республика Куба       | Монгольская Народная Республика | Республика Польша     | Румыния                                       | Союз Советских Социалистических Республик              | Чехословацкая Социалистическая Республика |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| В.Андрейчев<br>Х.Христов     | Д.Варга<br>Н.Кроо     | Нгуен Ван Хъеу<br>Нгуен Хонг Шон    | К.-Г.Каун<br>А.Майер<br>Г.Музиоль     | Ким Гван Бин<br>Ким Хи Ин<br>Пак Мун Сен     | Д.Колорнью<br>Р.Лопес | Б.Далхсурэн<br>Г.Шархуу         | Р.Сосновски<br>Е.Яник | И.Брындуш<br>(65 сессия<br>ученого<br>совета) | В.В.Макаров-<br>Землянский<br>Н.Е.Тюрин<br>С.И.Федотов | М.Семан<br>М.Сук<br>Й.Тучек               |

Научно-координационный совет ОИЯИ  
по физике высоких энергий

Председатель - А.Н.Сисакян  
Ученый секретарь - М.Г.Шафранова

Научно-координационный совет ОИЯИ  
по физике низких и промежуточных энергий

Председатель - М.Гмитро  
Д.Эберт  
Ученый секретарь - Н.К.Скобелев

Научно-координационный совет ОИЯИ  
по теоретической физике

Председатель - В.Г.Кадышевский  
Ученый секретарь - М.А.Смондзарев

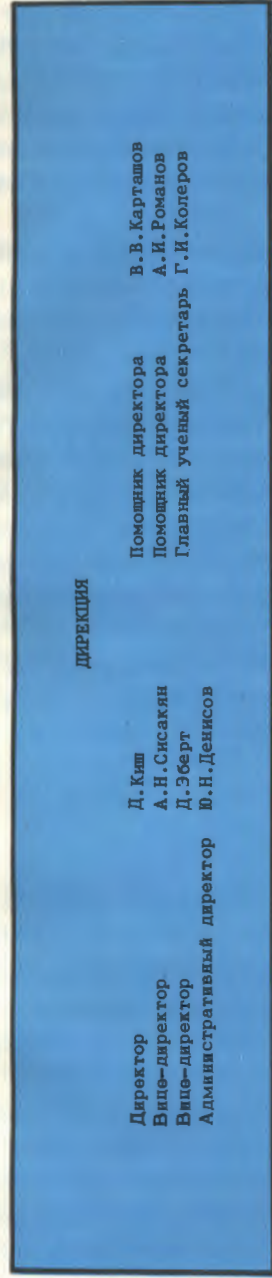
Научно-координационный совет ОИЯИ  
по исследованию конденсированных  
сред ядерными методами

Председатель - М.Гмитро  
Д.Эберт  
Ученый секретарь - А.В.Белугин

Научно-координационный совет ОИЯИ  
по единой технической политике

Председатель - А.Н.Сисакян  
Ученый секретарь - Б.А.Шестаков





**Лаборатория теоретической физики**  
 Директор  
 В. Г. Кадышевский

**Исследования:**  
 - свойства симметрии элементарных частиц;  
 - структуры теорий поля;  
 - взаимодействия элементарных частиц;  
 - теории атомного ядра;  
 - теории ядерных реакций;  
 - теории конденсированных состояний.

**Лаборатория высоких энергий**  
 Директор  
 А. М. Балдин

**Исследования:**  
 - структуры нуклонов;  
 - сильных взаимодействий частиц;  
 - резонансных явлений во взаимодействиях частиц;  
 - электромагнитных взаимодействий;  
 - в области релятивистской ядерной физики;  
 - методов ускорения частиц.

**Лаборатория ядерных проблем**  
 Директор  
 П. Выхов

**Исследования:**  
 - сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц;  
 - структуры частиц;  
 - поиск новых частиц;  
 - структуры ядер;  
 - ядерно-спектроскопические;  
 - мезоатомных и мезомолекулярных процессов;  
 - методов ускорения частиц;  
 - радиобиологические.

**Лаборатория ядерных реакций**  
 Директор  
 Ю. Ц. Оганесян

**Исследования:**  
 - свойства изотопов трансурановых элементов, синтез и поиск тяжелых и сверхтяжелых элементов;  
 - свойства ядер, удаленных от линии бета-стабильности;  
 - механизма взаимодействия ядер;  
 - моделирование сложных ядер;  
 - поиск новых видов распада ядер;  
 - радиационного воздействия тяжелых ионов на различные материалы.

**Лаборатория нейтронной физики**  
 Директор  
 В. Л. Аксенов

**Исследования:**  
 - ядер методами нейтронной спектроскопии;  
 - фундаментальных свойств нейтронов;  
 - атомной структуры и динамики твердых тел и жидкостей;  
 - высокотемпературной сверхпроводимости;  
 - реакций на легких ядрах.

**Лаборатория вычислительной техники и автоматизации**  
 Директор  
 Н. Н. Говорун

**Развитие и эксплуатация вычислительного комплекса;**  
 - создание автоматических систем обработки снимков с трековых камер;  
 - развитие методов использования ЭВМ на линии с физическими установками;  
 - развитие и применение математических методов решения физических задач.

**Общественно-научные дела и информ. службы**  
 - Общественно-научное отделение;  
 - отдел радиационной безопасности и радиационных исследований;  
 - серпуховской научно-экспериментальный отдел;  
 - научный отдел главного учебного секретаря;  
 - научно-технический отдел АСУ;  
 - издательский отдел;  
 - научно-техническая библиотека;  
 - патентный отдел.

**Административно-хозяйственные подразделения**  
 - Отдел междугородных связей;  
 - отдел кадров, бухгалтерия, планово-производственный отдел;  
 - отдел организации труда и зар. платы;  
 - отдел капит. строительства, отдел оборудования, отдел материально-технического снабжения;  
 - секретариат, отдел техники безопасности;  
 - отдел охраны, отдел жилищного обслуживания специализированных зданий, кот. отдел.

**Производственные подразделения**  
 - Отдел главного энергетика, слесарно-ремонтное производство, автотехническое производство, военно-технический отдел, ремонтно-строительный участок, отдел технической связи, отдел контрольно-измерительных приборов.



дартам электронной аппаратуры, рекомендовал дирекциям ОИЯИ и ЛВТА форсировать работы по созданию внутриинститутской электронной почты, компьютерной связи с зарубежными научными центрами, рассмотрев возможность использования для этих целей скоростных линий космической связи. Заслушав отчет о работе Ассоциации пользователей персональных ЭВМ, НКС одобрил ее деятельность.

Научно-координационный совет заслушал и обсудил предложения (по тематике НКС) в пятилетний план.

Рекомендовано дирекции ЛВТА подготовить согласованный с лабораториями и подразделениями проект развития ЦВК, измерительно-вычислительных комплексов, включая создание сети их связи. НКС поддержал координацию работ ЛЯП, ЛЯР и ЛНФ по разработке и изготовлению детекторов, аналоговой электроники и выбору стандартов при создании многодетекторных систем. Были приняты к сведению и рекомендованы к дальнейшей проработке предложения по ускорительной тематике, исследованиям в области дозиметрии излучений и физики защиты ядерно-физических установок Объединенного института ядерных исследований, а также по сооружению и развитию объектов общепланетного назначения.

### ТРЕТЬЯ СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫХ СОВЕТОВ

#### СЕССИЯ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ФИЗИКЕ НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ, 21 — 23 ноября

Обсудив отчет о выполнении решений предыдущей сессии, члены НКС одобрили отчет и повторно обратились к Ученому совету ОИЯИ с просьбой провести разделение валютного фонда между научно-координационными советами в соответствии с долевым финансированием.

Члены НКС поддержали в основном проект проблемно-тематического плана на 1990 г. Придавая большое значение проводимому эксперименту по новому подходу

НКС отметил успешное освоение стандартов FASTBUS и VME в системах экспериментов и разработку ряда модулей в этих стандартах в ЛВЭ, одобрил проведение работ по развитию и внедрению многопроцессорных вычислительных установок в стандарте MULTIBUS-II. НКС принял к сведению и рекомендовал провести дальнейшую подготовку предложений по применению транспьютеров в системах сбора и обработки данных, в высокопроизводительных мультипроцессорных графических рабочих станциях. Поддержано предложение рассмотреть возможность участия ОИЯИ в международной компьютерной сети с использованием спутниковой связи.

НКС предложил выяснить мнение стран-участниц и лабораторий Института о целесообразности создания в ОИЯИ центра синхротронного излучения.

НКС принял к сведению информацию о предложениях стран-участниц ОИЯИ по распределению финансовых ресурсов между темами 1990 г. и признал необходимым учитывать их заинтересованность, выраженную в финансовой поддержке, при открытии новых тем и утверждении проектов на 1991 — 1995 гг.

Были приняты предложения по изменению проблемно-тематического плана ОИЯИ на 1990 г.

к планированию, НКС обратился с просьбой к дирекции ОИЯИ принять меры по сокращению с 1991 г. финансирования тем с отрицательным балансом.

Наибольшее внимание на заседании НКС было уделено рассмотрению первого варианта проекта пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг. Его конструктивному обсуждению способствовали рекомендации трех комиссий НКС по вопросам эффективности базовых установок, выработки единой политики в применении детектирующей техники, электроники и вычислительной техники, а также по созданию мультidetекторной системы.

Члены НКС поддержали рекомендацию о прекращении работ по сооружению ЛИУ-30.



Было поручено дирекциям ЛЯР, ЛЯП, ЛНФ и ЛТФ рассмотреть перспективы исследований в области физики частиц, ядерной физики и физики конденсированных состояний на электронных и ионных накопителях, на С-тау-фабрике, а также на источнике синхротронного излучения. В связи с этими решениями было рекомендовано рассмотреть предложения о возможности перенесения исследований с фазотрона и установки ИБР-30 на другие базовые установки ОИЯИ и за пределы Института, в частности на Московскую мезонную фабрику.

В соответствии с решением 66 сессии Ученого совета ОИЯИ на заседаниях НКС был составлен список из 10 проектов, реализация которых должна начаться с 1991 г.: циклотронный комплекс тяжелых ионов У-400 + У-400М (завершение и развитие), ЭЦР-источник, "Эврика", ФОБОС-2, ЛАКОМТИ (ЛЯР), ДРЕНИЗ — ДЕЛРЕНЕ, ПАРКС (ЛНФ), "Нейтрино-2", ЯСНАПП-3, ИКС (ЛЯП). Был одобрен проект РИФ в части, касающейся повышения надежности и эффективности использования установки "Ф". Выработаны рекомендации по проекту УГРА (ЛНФ), созданию многоцелевого мультidetекторного спектрометра, предложениям проектов "Накопитель" (ЛЯР) и "Нейтронный источник высокого разрешения" (ЛНФ).

**СЕССИЯ  
НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА  
ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ,  
28 ноября — 1 декабря**

Основной вопрос повестки сессии — рассмотрение проектов и предложений в пятилетний план ОИЯИ на 1991 — 1995 гг. В результате анализа рекомендаций НТС лабораторий и обсуждений на заседаниях НКС были выработаны предложения по приоритетам. Проектами с наибольшим приоритетом от ЛВЭ были признаны "Сфера", ГИБС, ИНЕСС — АЛЬФА.

НКС принял к сведению, что запуск нуклотрона может быть начат через год после завершения финансирования в объеме 1,5 млн руб. НКС рекомендовал после запуска нуклотрона и формирования его пучков закрыть синхрофазотрон.

По проектам ЛСВЭ был установлен следующий порядок приоритетности экспериментов на У-70: СВД, РИСК, СИГМА — АЯКС, МДС, ЭКСЧАРМ, ХИГГС. Среди проектов на УНК и в ЦЕРНе первоочередными были признаны СМК, "Нептун", "Глюон", МАРС — МСЧ. Предложено финансировать проекты "Нейтринный детектор" и "Меченые нейтрино" в рамках программы на У-70 и обеспечить выполнение работ по макетированию и моделированию по программе УНК. Одобрено предложение об участии в модернизации установки ДЕЛФИ. НКС рекомендовал продолжить подготовку вновь поступивших предложений. Одобрены в целом методические проекты ППД, БАЗА-4, "Дрейфовые камеры" и проекты по ускорительной тематике (ППК, "Криофизика", ВЧ-станция, "Магниты УНК", "Источник СВЧ").

**СЕССИЯ  
НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА  
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ,  
4 — 5 декабря**

Сессия заслушала доклады А.Н.Сисакяна "О первоначальном варианте пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг." и Г.И.Колерова "О проекте проблемно-тематического плана на 1990 г. и ходе эксперимента по новому подходу к планированию и финансированию". Одобрив в основном проекты, НКС сделал замечания по предложению о сооружении в ОИЯИ С-тау-фабрики. Подчеркнуто, что решающее значение имеют сроки сооружения установки.

НКС заслушал доклад В.Г.Кадышевского о проекте проблемно-тематического плана ЛТФ на 1990 — 1993 гг. Доклад от дирекции ЛТФ о международном сотрудничестве сделал С.Дубничка. Этой же теме было посвящено выступление В.И.Огиевского, познакомившего членов НКС с предложениями НТС ЛТФ. Основные положения обоих докладов одобрены НКС. В его решение вошли рекомендации по ускорению оформления выездов в командировки, совершенствованию их оплаты, улучшению связи ОИЯИ с зарубежными научными центрами и др.

НКС рекомендовал включить в пятилетний план развития ОИЯИ проект СПЕКТР.



Отмечено, что реализация проекта позволит поддержать высокий уровень обеспеченности теоретиков вычислительными средствами. НКС рекомендовал также ускорить создание в Дубне учебно-научного центра.

СЕССИЯ  
НАУЧНО-КОРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА  
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ  
КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД  
ЯДЕРНЫМИ МЕТОДАМИ,  
7 — 8 декабря

НКС заслушал и обсудил доклады дирекции ОИЯИ о первоначальном варианте плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг., о новом подходе к планированию и финансированию тем с учетом мнений стран-участниц. НКС рекомендовал дирекции ОИЯИ при утверждении тем и проектов, начиная с 1991 г., максимально учитывать предложения стран-участниц по фонду коллабораций и поддержал пожелания изменения и упрощения планирования, отчетности и финансирования тем и проектов.

НКС высказался в пользу предложения о создании в ОИЯИ электрон-позитронного комплекса и подчеркнул необходимость включения в проект разработки электронных накопительных колец, необходимых для проведения исследований конденсированных сред.

При обсуждении доклада о международном сотрудничестве НКС отметил необходимость увеличения числа сотрудников ОИЯИ, направляемых для совместных исследований по конденсированным средам в страны-участницы и на международные конференции по тематике НКС.

Было продолжено начатое на весенней сессии НКС рассмотрение проектов и предложений в пятилетний план на 1991—1995 гг., поступивших от лабораторий ОИЯИ. НКС отметил приоритетность развития реактора ИБР-2, одобрил создание новых спектрометров на реакторе ИБР-2, развитие исследований конденсированных сред в ЛЯП (проект МИТРА), в ЛЯР (проект СКИТ), исследования в ЛЯП по радиобиологии (проект "Мутант") и медицине (проект "Медпучки"); отмечена актуальность и одобрена программа исследований в рамках общеинститутской темы "Высокотемпературная сверхпроводим-

мость". В рамках этой темы рекомендовано реализовать проект "Солитон". НКС принял решение о реализации на основе самофинансирования проекта "Резонанс".

НКС отметил, что запрашиваемое финансирование принятых проектов оптимально для их успешной реализации, и обратился к Ученому совету с просьбой утвердить необходимое финансирование исследований по тематике совета в размере 12% от общего бюджета ОИЯИ.

Следующую сессию НКС решено провести в Дрездене (ГДР).

СЕССИЯ  
НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА  
ПО ЕДИНОЙ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ,  
11 — 13 декабря

Рассмотрев предложение дирекции ОИЯИ "О первоначальном варианте пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг.", НКС предложил учесть критические замечания, высказанные в ходе обсуждения.

Большой интерес вызвало предложение о создании в ОИЯИ  $e^+e^-$ -накопительного комплекса (С-тау-фабрики с расширением). НКС поддержал его и просил дирекцию ОИЯИ форсировать разработку проекта.

Одним из главных вопросов в повестке дня было рассмотрение предложенных проектов на 1991 — 1995 гг. Из 14 представленных проектов первоочередными признаны:

- КОКОС (этому проекту рекомендовано присвоить общеинститутский статус и форсировать начало работ);
- "Детекторы изображений" и первый этап проекта "Суперкомпьютер";
- проекты по ускорительной тематике ОНМО, связанные с взятыми уже обязательствами по созданию УНК.

Рассмотрев проекты развития ИВК лабораторий и электронного обеспечения физических экспериментов ИВК-2, АФИНА, ИВК ЛНФ, БАЗА-4, СПЕКТР, "Центр", "Электроника", НКС поручил рабочему органу провести техническую экспертизу этих проектов и дать рекомендации к следующим сессиям НКС по направлениям.



Было заслушано предложение о развитии ЦВК ОИЯИ. Отметив приоритетность предложения, НКС рекомендовал дирекции ЛВТА разделить его на отдельные проекты и представить эти проекты на следующую сессию НКС по единой технической политике.

НКС рекомендовал принять решение по объектам общеинститутского назначения после выяснения финансовых возможностей

ОИЯИ в следующей пятилетке и просил дирекцию ОИЯИ перед принятием решений по этому вопросу провести обсуждение в лабораториях Института.

На заседании НКС был принят к сведению план-график внедрения централизованной внутренней электронной почты ОИЯИ на технической базе ЭВМ ЦВК и сетей типа JINET и ETHERNET.

## ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

14 — 15 декабря в Дубне состоялось очередное заседание Финансового комитета ОИЯИ, на котором была одобрена работа Контрольной комиссии 6 — 8 июня, утверждены ее выводы и предложения. Финансовый комитет выразил обеспокоенность в связи с тем, что отдельные страны-участницы ОИЯИ не внесли свои долевые взносы.

Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей утвердить отчет об исполнении бюджета ОИЯИ за 1988 г. Рассмотрен доклад дирекции "Об ожидаемом исполнении бюджета ОИЯИ за 1989 г., о проекте бюджета на 1990 г., о проекте контрольных цифр на 1991 г.". Утверждены бюджет Института на 1990 г. с общей суммой расходов 50,5 млн руб.

и долевые взносы государств-членов Института, а также представленный дирекцией план капитального строительства.

Обсудив доклад дирекции "О проекте пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1991 — 1995 гг.", Комитет рекомендовал дирекции продолжить работу над проектом. Признано целесообразным обсудить и утвердить контрольные цифры на 1991 г. и пятилетку 1991 — 1995 гг. на совещании КПП с участием членов Финансового комитета в марте 1990 г.

Финансовый комитет обсудил информацию дирекции о внесении изменений и дополнений в Положение о персонале ОИЯИ и рекомендовал КПП рассмотреть предложенные изменения и дополнения.

ОИЯИ посетили секретарь ЦК КПСС О.Д.Бакланов и министр СССР Л.Д.Рябев. На снимке: о достижениях ЛЯР рассказывает директор лаборатории профессор Ю.Ц.Оганесян





## ПРЕМИИ

Премия Совета Министров СССР 1989 г. присуждена большому авторскому коллективу за разработку и внедрение мембранного метода микрофльтрации для подготовки особо чистой воды в произ-

водстве изделий микроэлектроники. В числе лауреатов премии ученые ОИЯИ: Г.Н.Флеров, Е.Д.Воробьев, А.Ю.Дидык, В.А.Щеголев, Р.Ц.Оганесян, С.П.Третьякова, П.Ю.Апель.

### ПРЕМИИ ОИЯИ

На соискание премий ОИЯИ за 1988 г. были выдвинуты лучшие научно-исследовательские, научно-методические и научно-технические работы, выполненные сотрудниками Института. Решением Ученого совета ОИЯИ от 19 июня 1989 г. присуждены следующие премии:

#### ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

##### *Первая премия*

"Структура резонансных зон в нелинейных системах, близких к интегрируемым".

Автор В.К.Мельников.

##### *Вторая премия*

"Ангармоническая модель высокотемпературных сверхпроводников".

Авторы: В.Л.Аксенов, Н.Н.Боголюбов, С.Л.Дрекслер, Н.М.Плакида, С.Флах.

#### ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РАБОТАМ

##### *Первая премия*

"Обнаружение и изучение с помощью реакций ( $n$ ,  $2\gamma$ ) усиленных  $\gamma$ -переходов при распаде компаунд-состояний ядер 4s-оболочки".

Авторы: А.А.Богдзель, С.Т.Бонева, В.А.Хитров, Э.В.Васильева, О.И.Елизаров, Л.А.Малов, Ю.П.Попов, А.М.Сухоной, Ю.С.Язвницкий.

##### *Две вторые премии*

"Нейтринорождение очарованных частиц в гибридном эксперименте Е-564".

Авторы: Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, О.М.Кузнецов, В.В.Люков, В.И.Третьяк.

"Особенности центральных столкновений ядер  $^{12}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Ne}$  и  $^{24}\text{Mg}$  с тяжелыми ядрами при импульсах 4,5 ГэВ/с".

Авторы: С.Вокал, С.А.Краснов, К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова, М.Шумбера, А.Ш.Гайтинов, Ф.Г.Лепехин, Л.Сэрдамба, М.И.Третьякова, Г.М.Чернов.

#### ПО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ

##### *Первая премия*

"Теоретические основы метода определения пространственно-временных характеристик процессов множественной генерации по корреляциям частиц с близкими импульсами" (за теоретическую разработку метода).

Авторы: В.Г.Гришин, Г.И.Копылов, Р.Ледницки, В.Л.Любошиц, М.И.Подгорецкий.

##### *Две вторые премии*

"Локальная вычислительная сеть



## SONET-2 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ".

Авторы: А.В.Алфименков, Ф.Вайдхазе, П.Е.Гизе, П.Х.Гизе, О.И.Елизаров, Г.П.Жуков, В.Е.Резаев, В.М.Северьянов, Г.А.Сухомлинов, Т.Д.Хрыкина.

"Методика исследования потока ядер с  $Z > 50$  галактических космических лучей".

Авторы: Г.И.Доливо-Добровольская, В.П.Перелыгин, С.Г.Стеценко, Г.Н.Флеров.

## ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИКЛАДНЫМ РАБОТАМ

### Три вторые премии

"Одновременное ускорение и вывод двух пучков в изохронных циклотронах".

Авторы: В.Бейшовец, А.Т.Василенко, А.А.Глазов, В.П.Дмитриевский, В.В.Кольга, М.Крживанек, Ле Киен Тхань, Э.Трейбал, Й.Тучек, Н.Чигак.

"Получение радиобиологического препарата йода-123 на пучке электронов с энергией 25 МэВ".

Авторы: Ю.Ц.Оганесян, Г.Я.Стародуб, А.Г.Белов, Г.В.Букланов, И.Звара, Ю.С.Короткин, Г.Н.Флеров.

"Исследование сверхпроводящих свойств композитного сверхпроводника (Nb-Ti)-Cu".

Авторы: Н.М.Владимилова, В.М.Дробин, Е.И.Дьячков, Ю.В.Куликов, В.Г.Луппов, В.А.Малюк, А.А.Смирнов, Э.Фишер, Ф.Хованец, И.С.Хухарева.

Ученый совет ОИЯИ на 67 сессии (9 — 11 января 1990 г.) присудил премии ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1989 г.:

## ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

### Первая премия

"Коллективные свойства быстровращающихся ядер".

Авторы: А.В.Игнатюк, Я.Квасил, И.Н.Михайлов, Р.Г.Назмитдинов, В.В.Пашкевич.

### Вторая премия

"Электронные аспекты теории поверхностных явлений".

Авторы: Г.М.Гавриленко, Р.Карденас, Е.Таранко, Р.Таранко, В.К.Федянин.

## ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РАБОТАМ

### Первая премия

"Экспериментальные исследования дифракционного  $\alpha$ -А-рассеяния, ( $^3\text{He}$ , t)-резарядки и фрагментации релятивистских ядер  $^4\text{He}$ ,  $^3\text{He}$ , d и поляризованных дейтронов".

Авторы: В.Г.Аблеев, С.А.Запорожец, А.П.Кобушкин, Л.Науманн, А.А.Номофилов, Н.М.Пискунов, И.М.Ситник, Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов, В.И.Шаров.

### Три вторые премии

"Измерение структурных функций нуклонов с высокой статистической точностью и проверка КХД в глубоконеупругом рассеянии мюонов".

Авторы: А.Г.Володько, В.И.Генчев, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин, С.Немечек, И.А.Голутвин, И.А.Савин, Н.Б.Скачков, Г.И.Смирнов, Р.Ледницки.

"Исследование взаимодействия антипротонов с ядрами при энергиях LEAR".

Авторы: Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, К.Гуаральдо, Ф.Никитиу, Г.Пираджино, Д.Б.Понтекорво, А.М.Рождественский, М.Г.Сапожников, В.И.Третьяк, И.В.Фаломкин.

"Реакция (n,p) — новый канал изучения компаунд-состояний ядер".

Авторы: А.Д.Антонов, Ю.М.Гledenov, Т.С.Зварова, М.П.Митриков, Ю.П.Попов, Х.Риголь, В.И.Салацкий, В.Г.Гришин, Фунг Ван Зуан.

## ПО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ

### Первая премия

"Мишень с "замороженной" поляризацией дейтронов объемом 60 см<sup>3</sup>".

Авторы: Н.С.Борисов, М.Ю.Либург, Э.И.Бунятова, В.Н.Матафонов, А.Б.Неганов, Ю.А.Усов.

### Две вторые премии

"Разработка и исследование системы аксиальной инжекции ионов в циклотрон У-200".

Авторы: Ю.Б.Виноградов, Б.Н.Гикал, Г.Г.Гульбекян, А.А.Ефремов, Д.И.Калчев, И.В.Колесов, В.Б.Кутнер, В.Н.Мельников, Р.Ц.Оганесян, В.А.Чугреев.



"Установка СИГМА — АЯКС для исследования взаимодействий адронов с ядрами при 40 ГэВ".

Авторы: А. В. Вишневский, И. А. Голутвин, В. Ю. Каржавин, П. А. Кулинич, Г. В. Мицельмахер, А. А. Ноздрин, А. Г. Ольшевский, Д. А. Смолин, Р. Толедо, В. С. Хабаров.

#### ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИКЛАДНЫМ РАБОТАМ

##### *Первая премия*

"Нетрадиционный метод измерения в криогенике".

Авторы: А. И. Алексеев, В. И. Батин, В. В. Данилов, И. С. Мамедов, С. Ю. Селюнин, Ю. П. Филиппов.

##### *Две вторые премии*

"Разработка ядерно-физических методов анализа (ИНАА, ИГАА и РФА) для изучения элементного состава твердых горючих ископаемых и программ накопления и об-

работки получаемой гамма-спектрометрической информации".

Авторы: Н. Содном, Ш. Гэрбиш, О. Д. Маслов, А. Г. Белов, В. Е. Жучко, К. А. Гаврилов, Х. Христов, А. Фидеркевич, Е. Л. Журавлева.

"Системы и модули в стандартах VME и FASTBUS".

Авторы: С. Н. Базылев, Л. Г. Ефимов, И. Ф. Колпаков, В. С. Королев, А. С. Никифоров, А. Н. Парфенов, А. В. Пиляр, В. М. Слепнев, В. А. Смирнов, Е. Хмелевски.

##### *Поощрительная премия*

"Методы численного моделирования, комплексы программ и расчеты на ЭВМ магнитных систем электрофизических установок".

Авторы: Е. П. Жидков, Э. А. Айрян, П. Г. Акишин, З. В. Борисовская, С. Б. Ворожцов, Б. Н. Хоромский, И. А. Шелаев, И. П. Юдин, О. И. Юлдашев.



**НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ  
РАБОТЫ,  
ВЫПОЛНЕННЫЕ  
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ  
В 1989 ГОДУ**





# ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

## КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ

Найден новый механизм спонтанного нарушения  $N = 2$  суперсимметрии<sup>/1/</sup>. Он возникает в неминимальном взаимодействии векторных мультиплетов и аналогичен механизму о'Райферти в  $N = 1$  суперсимметрии. Проанализированы общие взаимодействия векторных  $N = 2$  супермультиплетов. С помощью преобразований дуальности устанавливается так называемое  $S^*$ -отображение специальных кэлеровых в специальные гиперкэлеровы и кватернионные многообразия. Предложено суперполево описание  $N = 3$  и  $N = 4$  весс-зуминовских сигма-моделей<sup>/2/</sup>. Построены расширенные суперсимметричные конформные квантовые механики и

развит геометрический суперполево подход к ним<sup>/3/</sup>. Установлено, что в суперсимметричной модели Юкавы  $d = 4$  и модели  $\phi^4$  ( $d = 2$ ) существует при больших константах связи фазовый переход, связанный с нарушением симметрии основного состояния.

Получены и исследованы КХД-правила сумм для формфактора пиона в формализме нелокальных конденсатов<sup>/4/</sup>.

На основе формализма вильсоновских петель решена проблема судаковских эффектов для формфактора кварка в КХД.

Предложена общая калибровочная теория релятивистских бозонных и фермион-

Международный симпозиум по избранным проблемам статистической механики в Дубне





ных дискретных систем с киральной симметрией и рассмотрена проблема их квантования<sup>/5/</sup>.

В рамках локальной квантовой теории (свободных) полей дана полная классификация возможных статистик тождественных частиц. Показано, что таковыми могут быть лишь параферми- и парабозе-статистики конечного порядка и бесконечная статистика, которую можно интерпретировать как классическую бозе-статистику.

Продолжались исследования спиновой структуры нуклона. Было показано, что для получения правильных уравнений эволюции необходима перенормировка аксиальной аномалии, начиная с трехпетлевых диаграмм<sup>/6/</sup>, которая и была впоследствии обнаружена явно (Ансельмом и Иогансоном). Получено правило сумм для спиновой структурной функции фотона<sup>/6/</sup>, которое в будущем может быть проверено на встречных  $e^+e^-$ -пучках.

Новым шагом в понимании спиновой структуры явилось установление связи спиновой структуры с проблемой массы  $\eta'$ -мезона (так называемой  $U(1)$ -проблемой)<sup>/7/</sup>. Это привело к соотношению типа Гольдбергера — Треймана между кварковым содержанием спина и константами взаимодействия  $\eta'$ -мезона. Подстановка известных констант взаимодействия приводит к утверждению о доминирующей роли кваркового вклада и о сокращении глюонного и орбитального вкладов.

## ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

В модели, учитывающей свойства КХД на больших расстояниях, изучена возможность переворота спина в обмене с вакуумными квантовыми числами в  $t$ -канале<sup>/14/</sup>. Показано, что кварковые петли и вклады кварк-антикварковых пар моря приводят к амплитуде с переворотом спина, растущей как  $s$  при высоких энергиях и фиксированных передачах импульса<sup>/15/</sup>.

В модели мезонной "шубы" адрона показано, что нуклон и  $\Delta_{33}$ -изобара в  $s$ -канале дают определяющий вклад в амплитуды с переворотом спина высокоэнергетических нуклон-нуклонных и мезон-нуклонных эксклюзивных процессов на малые углы<sup>/16/</sup>.

Исследована квантовая динамика заряженных струн во внешнем электромагнитном поле и во внешнем неабелевом поле с неабелевыми зарядами. В электромагнитном поле найден энергетический спектр струны, исследованы условия стабильности (разрыв струны) и ограничения на внешнее поле. В неабелевом поле найдены уравнения движения и граничные условия, приведено их частное решение<sup>/8/</sup>.

На основе полевой теории струн в рамках метода функционального интегрирования получена динамическая основа для теории взаимодействующих струн Мандельштама. Выяснены физические причины радиального движения кварков, связанных струной<sup>/9/</sup>.

Изучена фазовая структура двумерной  $O(N)$ -симметричной модели  $g(\vec{\phi}^2)^2$  квантовой теории поля. Показано, что есть фазовый переход при некоторой  $g = g_c$ . При  $g > g_c$  имеет место спонтанное нарушение  $O(N)$ -симметрии, причем "голдстоуновские" частицы  $O(N-1)$ -симметрии обладают ненулевой массой<sup>/10/</sup>.

Решена проблема однозначного квантования двумерных аномальных калибровочных теорий<sup>/11/</sup>. Построено описание связанных состояний в КЭД и КХД как релятивистских биллокальных полей и получено обобщение киральных лагранжианов для тяжелых кваркониев<sup>/12/</sup>.

Установлена природа фазовых переходов в модели  $\phi^4$  теории поля<sup>/13/</sup>.

Получены соотношения между вероятностями переходов нейтрино (осцилляций), проверка которых на опыте позволяет подтвердить гипотезу иерархии масс нейтрино, основанную на моделях великого объединения<sup>/17/</sup>.

Проанализирована на основе гипотезы смешивания нейтрино возможность экспериментов по прямой регистрации нейтрино от Солнца. Показано, что эти опыты позволяют проверить гипотезу смешивания нейтрино, а также гипотезу существования стерильных нейтрино без каких бы то ни было предположений о модели Солнца<sup>/18/</sup>.

На основе феноменологических правил сумм, вытекающих из теории нарушенных



унитарных симметрий и кварковых моделей адронов, проанализированы магнитные моменты барионов и радиационные переходы между низшими барионными и мезонными резонансами. Исходные предположения для вывода правил сумм включают учет релятивистских эффектов и адронных поправок из-за обменных мезонных токов. Предложено новое правило сумм для магнитных моментов гиперонов

$$\begin{aligned} & [\mu(\Sigma^+) - \mu(\Sigma^-)] \times \\ & [\mu(\Sigma^+) + \mu(\Sigma^-) - 6\mu(\Lambda) + 2\mu(\Xi^0) + 2\mu(\Xi^-)] + \\ & [\mu(\Xi^0) - \mu(\Xi^-)] \times \\ & *[\mu(\Sigma^+) + \mu(\Sigma^-) + 6\mu(\Lambda) - 4\mu(\Xi^0) - 4\mu(\Xi^-)] = 0, \end{aligned}$$

которое, в отличие от всех других известных в литературе, согласуется с новыми наиболее точными экспериментальными данными ФНАЛ. Новым результатом, вытекающим из этого соотношения, является первое экспериментально обоснованное подтверждение электромагнитного  $\Lambda\Sigma^0$ -смешивания и определение соответствующего недиагонального матричного элемента массового оператора ( $m_{\Lambda\Sigma^0} = \langle \Lambda | m_{\Sigma, M} | \Sigma^0 \rangle$ ). Полученные из данных для барионов отношения магнитных моментов кварков  $\mu(u)/\mu(d) = -1,80 \pm 0,02$  и  $\mu(s)/\mu(d) = 0,67 \pm 0,02$  приводят к соответствию с экспериментом отношение ширины  $K^{*+} \rightarrow K^+ \gamma$  и  $K^{*0} \rightarrow K^0 \gamma$  распадов, что служит подтверждением гипотезы универсальности кварковых характеристик в барионах и мезонах. Численное значение отношения  $\mu(u)/\mu(d)$  согласуется с гибридной моделью, учитывающей пионные поправки через локальное взаимодействие пионного поля с конститuentными (массивными) кварками и использующей условие PCAC на кварковом уровне. Отмечено, что наиболее чувствительным тестом справедливости правила непрерывности кварковых линий (правила Окубо — Цвейга — Иизуки) и выявления эффектов, связанных с наличием странных кварков в нуклонах, является определение аналогов магнитных моментов нуклонов и, в особенности, изоскалярных ядер (дейтонов, например) для векторной части нейтрального слабого тока (т.е. определение характеристик нейтрального слабого "магнетизма" нуклонов и ядер)<sup>/19/</sup>.

Предложен метод аксиально-векторной доминантности слабых взаимодействий и с его помощью описаны распады  $\tau$ -лептона,  $K_{e4}$  и свойства  $a_1$ -мезона<sup>/20/</sup>.

Предложен новый механизм рождения тяжелых кварковых ароматов и вычислен спектр четырехкварковых мезонов<sup>/21/</sup>.

Получены характеристики объемного и поверхностного поляронов Фрелиха, развито  $1/N$ -разложение, изучена проблема фазового перехода полярона в локализованное состояние<sup>/22/</sup>.

Даны оценки сверху для энергий связи состояний аномальной четности всех мезомолекул. Впервые доказано существование слабосвязанных состояний в  $pd\mu$ - и  $pt\mu$ -системах<sup>/23/</sup>.

Дана формулировка прямой и обратной задачи рассеяния для уравнений Фаддеева в адиабатическом подходе. Получена адиабатическая формулировка уравнений Фаддеева с дальнодействующим потенциалом, а также инвариантная и полная амплитуды рассеяния в дипольном представлении<sup>/24/</sup>.

Впервые дан полный анализ матричной структуры уравнений Фаддеева в координатном пространстве и указан их адиабатический предел. Проведены расчеты систем  $e^+e^-H^-$ ,  $tt\mu$  с применением новых алгоритмов<sup>/25/</sup>.

В рамках новой постановки задачи атома гелия в координатах Радау созданы новые алгоритмы и программы для расчета спектров, волновых функций и дипольных переходов в гелиеподобных системах. Уточнены вариационные и адиабатические расчеты применительно к мезомолекулам с аномальной четностью<sup>/26/</sup>.

Разработана схема релятивистского расчета спектра радиальных (и орбитальных с  $s=0$ ) возбуждений легких мезонов. Показано хорошее согласие предсказаний с экспериментальными данными за исключением "лишнего"  $\rho/\omega(1600)$ -векторного мезонного резонанса, имеющего, возможно, гибридную кварк-глюонную природу.

Предложена аналитическая модель фактора пиона, находящаяся в хорошем согласии с экспериментом и теоретическими предсказаниями  $r$ -волны изоскалярной амплитуды пион-пионного рассеяния в нефизической области<sup>/27/</sup>.

Исследовались термодинамические свойства хромоплазмы в  $SU(2)$ - и  $SU(3)$ -калибро-



вочных теориях. В рамках решеточного подхода была вычислена температурная зависимость термодинамических функций (энергии, давления, теплоемкости), а также температурная зависимость их электрических и магнитных компонент. Показано, что в окрестности точки фазового перехода поведение магнитных и электрических компонент резко различается как для  $SU(2)$ -, так и для  $SU(3)$ -теории<sup>/28/</sup>.

Исследовалась структура вакуумных конфигураций в модели Джорджи — Глэшоу. Вычислялись распределения и корреляции магнитных потоков в различных фазах<sup>/29/</sup>.

В  $SU(2)$ -калибровочной теории исследовалось поведение энергии в зависимости от внешнего хромагнитного поля как в фазе конфайнмента, так и в фазе деконфайнмента<sup>/30/</sup>.

Для кумулятивного эффекта построена модель<sup>/31/</sup> формирования "горячего" источника кумулятивных частиц, определяемая параметрами КХД на больших расстояниях.

Установлено, что принцип "ядерного" скейлинга спектров кумулятивных адронов не является универсальным. Скейлинг для спектра протонов может испытывать сильное нарушение, что свидетельствует о вкладе новых физических объектов — тяжелых барионных кластеров<sup>/32/</sup>.

Развит способ вычисления вектор-потенциалов для стационарных тороидальных токовых систем (конфаймирующих магнитное поле). Указано на физическую реальность этих потенциалов и их дополнительность по отношению к максвелловским полям<sup>/33/</sup>. В рамках обобщенной гамильтоновой динамики Дирака доказана калибровочная инвариантность этой степени свободы вектор-потенциала. Именно эта часть вектор-потенциала ответственна за эффекты

Аронова — Бома и возбуждение тока в сверхпроводящем кольце, находящемся в поле (длинного) соленоида<sup>/34/</sup>.

Предложена одномерная модель квантовых взаимодействий спинов с дополнительными интегралами движения, содержащая известные интегрируемые системы Гейзенберга и Холдейна — Шастри как предельные случаи<sup>/35/</sup>.

Продолжены расчеты наблюдаемых величин с учетом электрослабых радиационных поправок для процессов, изучаемых на ускорителях HERA и LEP. Расчеты для LEP<sup>/36/</sup> велись по программе рабочего совещания "Physics at LEP", проходившего в ЦЕРНе с января по сентябрь 1989 г., и связаны в основном с проблемой прецизионной проверки электрослабой теории в области Z-резонанса. Расчеты для HERA<sup>/37/</sup> являются продолжением исследования радиационных поправок для процессов глубоко-неупругого eN-рассеяния.

На основе развитого метода КХД-анализа с помощью разложений по системе ортогональных полиномов выполнена полная теоретическая обработка данных коллаборации BCDMS (эксперимент NA-4), полученных на водородной мишени, которая включает учет как синглетного, так и несинглетных вкладов. Анализ выполнен с учетом вторых порядков теории возмущений КХД. Для этого случая получено  $\Lambda_{\overline{MS}} = (205 \pm 21)$  МэВ. Определена форма кварковых и глюонных распределений<sup>/38/</sup>.

Дана новая интерпретация результатов ЕМС по измерению поляризационной структурной функции протона как проявление поляризации инстантонного вакуума. В результате происходит сокращение вкладов поляризации вакуумных конденсатов и морских кварков, и фактически спин протона определяется спином валентных кварков<sup>/39/</sup>.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Продолжалась разработка теории квантовых волноводов<sup>/40/</sup>. Построена модель резонансного рассеяния на квантовых проволоках. Рассмотрены контактные взаимодействия с носителями на кривых и поверхностях и релятивистская модель эффекта Зельдовича. Получено обратное утверждение к теореме Като — Розенблума. Рассмотрены

эффекты конечного размера в димерной модели кристаллизации<sup>/41/</sup> и другие решеточные модели. Рассмотрены квантовое подавление хаоса в акселераторе Ферми и спектр оператора монодромии для атома водорода в высокочастотном поле, а также свойства бозе-конденсации, спин-бозонных гамильтонианов и нейронных сетей.





Развивается сотрудничество физиков-теоретиков ОИЯИ с коллегами из Института перспективных исследований в Дублине (Ирландия). На снимке: Дж.Пуле, Т.Торлас, В.В.Загребнов (ЛТФ), Дж.Льюис

Исследовано влияние дискретной симметрии (типа  $C_{3v}$ ,  $C_{4v}$ ) параметрического семейства гамильтонианов с неинтегрируемым классическим пределом на функцию распределений собственных значений. На примерах 3L-системы и квадрупольных колебаний ядер продемонстрирован правильный подход к статистике собственных значений<sup>/42/</sup> (в отличие от того, что де-

лалось, например, Заславским и Воробьевым).

Проблеме топологических фаз и их проявлений в квантовой механике и поляризационной оптике посвящены два обзора<sup>/43/</sup>, в которых впервые уточняется приоритет результатов С.М.Рытова (1938 г.) и В.В.Владимирского (1941 г.) в области поляризационной оптики.

Получена факторизация общего решения линейной эволюционной задачи и выделена часть, которая имеет топологический характер. Эта часть обобщает фазу Берри и сводится к ней в адиабатическом приближении<sup>/44/</sup>.

## ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА И ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Получены уравнения квазичастично-фонной модели с учетом частично-дырочного и частично-частичного взаимодействий<sup>/45/</sup>. Рассчитаны квадрупольные, октупольные и гексадекапольные вибрационные состояния в  $^{168}\text{Er}$ ,  $^{172}\text{Yb}$ ,  $^{178}\text{Hf}$  и других ядрах и получено согласие с экспериментальными данными. Исследовано распределение Ел-силы в деформированных ядрах и показано, что в ряде случаев оно отлично от стандартного, с концентрацией Ел-силы не на первом, а на высоколежащих состояниях. Исследовано

влияние мультипольных взаимодействий с  $\lambda \geq 5$  на смешивание двухнейтронных состояний, имеющих большие К, с двухпротонными в четно-четных деформированных ядрах. Показано, что в случаях близости энергий исследуемых состояний с одинаковыми значениями  $K^\pi$  их смешивание велико. Получено качественно правильное описание экспериментальных данных по смешиванию соответствующих конфигураций в  $^{176,178}\text{Hf}$ ,  $^{174}\text{Yb}$ ,  $^{168}\text{Er}$  и  $^{158}\text{Gd}$ .



Рассчитаны парциальные ширины  $\gamma$ -распада E2- и E4-гигантских резонансов на низколежащие состояния в  $^{90}\text{Zr}$  и  $^{208}\text{Pb}$ . Сделан общий вывод о важности учета сложных конфигураций для правильного описания распадных свойств высоковозбужденных состояний. Показано, что интенсивность распада изовекторных резонансов сильнее, чем изоскалярных. Разработан метод вычисления параметров гамильтониана модели взаимодействующих бозонов, основанной на динамической SU(6)-симметрии<sup>/46/</sup>.

Исследовано изотопическое отношение коллективных квадрупольных матричных элементов для ряда ядер на основе реалистического NN-взаимодействия с потенциалами типа Рейда и боннского. Получено хорошее согласие с новыми экспериментальными результатами неупругого протонного и пионного рассеяния<sup>/47/</sup>.

Показано, что нерегулярности в двухквантовых переходах, обнаруженных в (n,  $\gamma$ )-спектрах ряда деформированных ядер, связаны с особенностями структуры промежуточных состояний<sup>/48/</sup>. Исследована временная эволюция волнового пакета внутри подбарьерной области. Показано, что время на прохождение затрачивается в основном в конце барьера<sup>/49/</sup>.

Исследована применимость различных наборов параметров модели жидкой капли для описания барьеров деления нейтронодефицитных ядер в районе свинца. Рассмотрены массовые и энергетические распределения осколков деления нагретых ядер при различных предположениях о механизме вязкости. Указаны величины, чувствительные к типу механизма вязкости<sup>/50/</sup>.

Проведено исследование описания ядерной коллективной динамики методом моментов функции распределения Вигнера.

Проведен анализ равновесных характеристик быстровращающихся нагретых ядер в модели анизотропного вращающегося осциллятора<sup>/51/</sup>.

Исследовано влияние особенностей оболочечной структуры сталкивающихся ядер на положение максимума массового распределения продуктов реакций с тяжелыми ионами. Показано, что качественное различие в зависимости положения максимума от полной кинетической энергии продуктов реакций с ионами цинка и аргона, наблюдаемое в эксперименте, объясняется как прояв-

ление оболочечной структуры взаимодействующих ядер.

На основе обобщенного бозонного представления Холстейна — Примакова для бифермионных операторов получено микроскопическое обоснование модели взаимодействующих бозонов (МВБ). Показано, как можно обобщить гамильтониан МВБ. Найден способ включения в гамильтониан наряду с коллективными квадрупольными и других степеней свободы<sup>/52/</sup>.

Исследована роль дайсоновского бозонного представления для реализации коллективной фермионной алгебры на коллективном бозонном пространстве и предложено обобщение метода Кина — Винцента на случай холстейн-примаковского представления<sup>/53/</sup>.

На примере двухцентровой оболочечной модели изучены проявления квантового хаоса в свойствах тяжелых ядер<sup>/54/</sup>.

Проведено исследование зарядово-обменных реакций с легкими ионами на ядрах. Показано, что совместный анализ упругого рассеяния и зарядово-обменных реакций позволяет частично устранить неоднозначность в выборе параметров оптических потенциалов<sup>/55/</sup>.

Продолжено исследование поляризационных эффектов в зарядово-обменных реакциях при промежуточных энергиях. Показана принципиальная возможность выделения в спектрах возбуждения спин-дипольных резонансов.

На основе метода сепарабелизации взаимодействия развит подход к описанию колебательных возбуждений ядерной плотности в реакциях с тяжелыми ионами.

С помощью метода связи каналов и с учетом поляризационных эффектов в ядроядерном потенциале объяснено усиление подбарьерного слияния сложных ядер<sup>/56/</sup>.

Предложен новый метод расчета амплитуды  $(2\nu 2\beta)$ -распада<sup>/57/</sup>.

На основе унитарного подхода получено количественное описание пион-атомных данных и данных рассеяния при энергии ниже 50 МэВ для ядер  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$  с единым набором параметров поглощения<sup>/58/</sup>.

Найдены интегральные и спектральные представления операторов интегриродифференциальных трехчастичных уравнений<sup>/59/</sup>.

Построена модель с выделением движения по дискретной переменной, нумерующей



каналы или периоды, и дана новая интерпретация многоканальных и блоховских решений<sup>/60/</sup>.

Рассмотрена связь одночастичных степеней свободы с колебаниями плотности ядра, которая дает основной механизм затухания вблизи неустойчивости<sup>/61/</sup>.

Вычислена величина разности сдвигов уровней энергии квартетного и дублетного состояний  $pd\mu$ -молекулы ( $\sim 0,652$  эВ) за счет сильных взаимодействий. Предсказана температурная зависимость выхода гамма-квантов из реакции  $pd\mu \rightarrow {}^3\text{He} + \nu$  в области температур  $\sim 500$  К<sup>/62/</sup>.

Показано, что амплитуда фоторождения  $\pi^0$ -мезонов на нуклоне, которая согласуется с предсказаниями PCAC-гипотезы и низкоэнергетическими теоремами, дает хорошее описание данных по рождению на ядре, но не согласуется с последними данными по рождению на свободном нуклоне. И наоборот, амплитуда, описывающая данные для нуклона, не воспроизводит данных для ядра<sup>/63/</sup>. Причины такой противоречивости пока не ясны.

Продолжались исследования свойств необычных состояний ядерной материи, включая кварк-глюонную плазму, и их возможных проявлений в ядерных столкновениях. Построены основы теории смешанного кварк-адронного состояния и даны оценки вероятности возникновения 6-кварковых кластеров в зависимости от температуры и плотности ядерного вещества. В рамках одномерной релятивистской гидродинамики проанализированы различные формы уравнения состояния ядерной материи, включающие возможный фазовый переход деконфайнмента. В приложении к ядро-ядерным столкновениям обнаружена широкая область энергий, где удельная энтропия системы постоянна, что может рассматриваться как сигнал деконфайнмента<sup>/64/</sup>. На основе разработанной ранее динамической модели кварк-глюонных струн в ядрах на примере реакции  $O + Au$  (200 ГэВ/нуклон)

показано, что роль взаимодействия вторичных частиц от распада струн существенно меняет те оценки достигаемой плотности энергий, которые были получены ранее Бьеркеном на основе весьма простой модели<sup>/65/</sup>.

С целью изучения деформирования реальных частиц в ядерной среде смоделировано глубоконеупругое лептон-ядерное взаимодействие с учетом поглощения и перераспределения вторичных частиц в ядре, что, как оказалось, весьма существенно при описании экспериментов ФНАЛ. Выполнены предсказательные расчеты кумулятивных нуклонов, включая их корреляции с другими частицами, вылетающими из ядра<sup>/66/</sup>.

Развит самосогласованный метод учета мезонообменных токов в глубоконеупругом рассеянии на ядрах и установлено, что они почти наполовину восстанавливают энергетическое правило сумм для кварковых распределений в ядрах, нарушаемое из-за немассовости нуклонов<sup>/67/</sup>. Показано, что взаимодействие нуклонов в конечном состоянии весьма важно для извлечения достоверной информации о структуре ядер на малых расстояниях при анализе реакций электрорасщепления<sup>/68/</sup>.

Рассчитаны эффекты запаздывания в упругом  $eD$ -рассеянии, которые могут существенно, вплоть до полной компенсации вклада парных и  $\rho\pi\gamma$ -токов, влиять на поведение магнитного формфактора при  $q^2 \sim 1$  (ГэВ/с)<sup>2/69/</sup>.

В рамках модели барионов как топологических солитонов кирального поля предложен и исследован новый анзац решения, впервые приведший к массам, величины которых пропорциональны барионному числу  $B$ . Эти классически стабильные решения с  $B \leq 4$  имеют тороидальную структуру. В теории появляются также аномальные состояния, которые предлагается искать в реакциях с остановившимися антипротонами на легчайших ядрах<sup>/70/</sup>.

## МЕТОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Исследованы характеристики частицеподобных возбуждений, обусловленные нелинейностью в квазиодномерных моделях физики конденсированных сред (по-

лиены, АВ-полимеры, полиацетилен, ДНК)<sup>/71/</sup>.

Цикл работ по учету эффектов теплоэлектронных корреляций в хемисорбции





Теоретический семинар по развитию новых методов описания систем с фазовыми переходами

водородоподобных атомов на поверхности переходных металлов подытожен в работе<sup>/72/</sup>.

Исследованы эффекты, обусловленные наличием нелинейного оптического элемента в многослойных структурах различной геометрии (сферической, цилиндрической, тороидальной)<sup>/73/</sup>.

Цикл работ по динамике сильноскоррелированных электронных возбуждений в полупроводниках подытожен в работе<sup>/74/</sup>.

Большое внимание было уделено изучению механизмов высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Подробно проанализирована роль кинематического и обменного взаимодействия в системе электронов с сильной корреляцией, где на основе строгих правил сумм был доказан d-волновой характер спаривания, исключающий кинематическое притяжение<sup>/75/</sup>. Продолжено изучение ангармонической модели высокотемпературного сверхпроводника, где исследованы изотопический эффект, структурная неустойчивость на основе модели мягкой ротационной моды и возможность

сильной связи в электрон-фононной модели<sup>/76/</sup>. Результаты этих исследований были представлены в приглашенных обзорных докладах на 9-й Европейской конференции по конденсированным средам (Ницца, март 1989 г.), 2-й Международной конференции по материалам и механизмам ВТСП (Стэнфорд, июль 1989 г.). Проведено вычисление констант электрон-фононного взаимодействия в редкоземельных и благородных металлах<sup>/77/</sup>. Рассмотрены флуктуационные поправки для магнитной восприимчивости в ВТСП и предложен эксперимент для проверки теории.

Исследованы фазовые переходы в сверхионных проводниках с водородными связями, вычислен спектр колебаний решетки одномерных квазикристаллов. При исследовании электронного спектра неупорядоченных систем в<sup>/78/</sup> вычислена плотность состояний в металле в магнитном поле.

Ряд теоретических исследований был проведен в связи с экспериментами по рассеянию нейтронов на установке ИБР-2 в ЛНФ. В работе<sup>/79/</sup> предложена модель



для расчета малоуглового рассеяния в анизотропных системах.

Построена квантовая теория коллективной резонансной флуоресценции в резонаторе с потерями. Впервые описаны спектр и статистические свойства поля флуоресценции<sup>/80/</sup>.

Построена микроскопическая теория спиновых реориентационных переходов, учитывающая существование гетерофазных состояний<sup>/81/</sup>.

Разрабатывался вариант метода функционального интеграла в применении к моделям с взаимодействием типа Хаббарда<sup>/82/</sup>.

Исследованы решения кинетического уравнения для тонких двумерных и трехмерных металлических пленок с учетом диффузных граничных условий и рассеяния на примесях. Впервые получено решение для неоднородного случая<sup>/83/</sup>.

Исследован спектр возбуждений гейзенберговского антиферромагнетика<sup>/84/</sup>.

## РАЗВИТИЕ СЕТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В ЛТФ

В 1989 году работы по проекту КРАСТ проводились по следующим основным направлениям:

1. Заказ и подготовка оборудования для эксплуатации.
2. Создание и эксплуатация вычислительного центра (ВЦ) КРАСТ.
3. Создание локальной сети персональных компьютеров (ПК) в ЛТФ.
4. Заказ и подготовка математического обеспечения для ПК с целью проведения численно-аналитических вычислений и гра-

фического представления полученных результатов.

Основными достижениями здесь являются:

1. Распределенная вычислительная мощность на ПК в ЛТФ составила примерно 30 млн операций "ветстоунов" с двойной точностью в секунду (30 млн овдт/с). Для сравнения приведем здесь в этих же единицах вычислительную мощность ЕС-1061 (1,5 млн овдт/с), CDC-6500 (0,7 млн овдт/с).

Сеть персональных компьютеров для теоретических исследований





2. Суммарная производительность ВЦ КРАСТ, не имеющего аналогов в странах-участниках, составила 13 млн овдт/с, при этом максимальная вычислительная мощность на одном ПК — 3 млн овдт/с.
3. Запущена в эксплуатацию вычислительная система на базе транспьютера T800 с производительностью 2 млн овдт/с.
4. Закуплены и внедрены новейшие программные продукты, такие как: NDP-Фортран, microsoft windows для 32-битовых ПК, редактор текстов ChiWriter и др. Эти продукты активно используются не только в лабораториях Института, но и в других институтах стран-участниц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Огуевецкий В.И. — ЯФ, 1989, т.49, с.569.
2. Isaev A.P., Ivanov E.A. — Mod.Phys.Lett., 1989, v.4, No.4, p.351.
3. Ivanov E.A., Krivonos S.O., Leviant V.M. — J.Phys.A (Math.Gen.), 1989, v.22, p.420.
4. Михайлов С.В., Радюшкин А.В. — ЯФ, 1989, т.49, с.794.
5. Filippov A.T., Isaev A.P. — Mod.Phys.Lett.A, 1989, v.4, No.22, p. 2167.
6. Efremov A.V., Soffer J., Teryaev O.V. — Marseille Preprint CPT-89/P.2316, France, 1989.
7. Efremov A.V., Soffer J., Tornqvist N. — Marseille Preprint CPT-89/P.2303, France, 1989.
8. Нестеренко В.В., Барбашов Б.М., Кошкароев А.Л. — ОИЯИ, P2-89-685, Дубна, 1989; Nesterenko V.V., Barbashov B.M., Koshkarov A.L. — JINR, E2-89-788, Dubna, 1989; Journ.Phys.A, 1989, v.22, p.1673; Int.Journ.of Mod.Phys.A, 1989, v.4, No.10, p.2627.
9. Nesterenko V.V. — JINR, E2-89-788, Dubna, 1989.
10. Efimov G.V. — Int.Journ.of Mod.Phys.A, 1989, v.4, p.4977.
11. Ilieva N. — Int.Journ.of Mod.Phys.A, 1989, v.4, p.4567.
12. Nguyen Suan Han, Pervushin V.N. — Fortsch.Physik, 1989, v.37, p.611; Калиновский Ю.Л. и др. — ЯФ, 1989, т.49, с.1709.
13. Efimov G.V., Gandbold G. — JINR, E2-89-729, Dubna, 1989. (Направлено в Int.Journ.of Mod.Phys.A).
14. Голоскоков С.В. — ЯФ, 1989, т.49, с.1427; Goloskokov S.V. — Preprint Bari TH-89/47, Bari, 1989.
15. Goloskokov S.V. — JINR, E2-89-731, E2-89-736, Dubna, 1989.
16. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В. — ЯФ, 1989, т.50, с.779.
17. Bilenky S.M. — In: Proc.of Intern.Workshop on the Standard Model at Present and Future Energies, Budapest, 1989.
18. Bilenky S.M. — In: Proc.of the XIII Intern.Symposium Ahrenshoop, 9-13 Oct.1989.
19. Gerasimov S.B. — JINR, E2-88-122, Dubna, 1988.
20. Волков М.К., Иванов Ю.П., Осипов А.А. — Препринт ОИЯИ P2-89-770, Дубна, 1989. (Направлено в ЯФ); Volkov M.K., Ivanov A.N., Nagy M., Troitskaya N.I. — Phys.Lett.B, 1989, v.227, p.275.
21. Dorokhov A.E., Kochelev N.I. — JINR Preprints E2-89-507, E2-89-407, E2-89-235, Dubna, 1989.
22. Smondyrev M.A., Selyugin O.V. — phys.stat.sol.(b), 1989, v.155, p.155.
23. Matveenko A.V. et al. — JINR E4-88-849, Dubna, 1988.
24. Виноцкий С.И., Кадомцев М.Б., Сузько А.А. — ОИЯИ, P4-89-268, Дубна, 1989. (Направлено в ЯФ).
25. Виноцкий С.И. и др. — ОИЯИ, P4-89-567, Дубна, 1989. (Направлено в ЯФ).
26. Абрашкевич А.Г. и др. — ОИЯИ, P11-89-427, Дубна, 1989; Korobov V.I., Vinitsky S.I. — Phys.Lett.B, 1989, v.228, No.1, p.21.
27. Быковский Б.В., Мещеряков В.А., Мещеряков Д.В. — ОИЯИ, P2-89-494, Дубна, 1989.
28. Mitryushkin V.K. — Pisa Univ.Preprint, July, 1989; Mitryushkin V.K., Zadorozhny A.M. — Pisa Univ. Preprint, June, 1989. (Направлено в Phys.Lett B).
29. Bornyakov V.G. — Z.f.Physik, 1989, v.42C, p.633.
30. Ambjorn J. et al. — Phys.Lett., 1989, v.225B, p.153.
31. Калинин Б.Н., Шмонин В.Л. — ОИЯИ, P2-89-358, Дубна, 1989.
32. Гагарин Ю.Ф., Калинин Б.Н. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1989, т.49, вып.8.
33. Дубовик В.М. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №3 (36)-89, Дубна, 1989, с.39.
34. Dubovik V.M., Shabanov S.V. — Phys.Lett., 1989, JINR, E2-89-417, Dubna, 1989.
35. Inozemtsev V.I. — JINR, E5-89-490, Dubna, 1989.
36. Berends F.A. et al. — Preprints CERN-TH.5468/89, CERN 89-08, 1989, v.1, p.89.



- Bohm M. et al. — Preprints CERN-TH.5536/89, 1989, CERN 89-08, 1989, v.1, p.203;  
 Kleiss R. et al. — Preprint CERN 89-08, 1989, v.3, p.1.
37. Bardin D.Yu. et al. — Zeits.Phys.C, 1989, B42, S.679, Zeits.Phys.C, 1989, B.44, S.149.
  38. Benvenuti A.C. et al. (BCDMS) — Phys.Lett., 1989, v.223B, p.490.
  39. Dorokhov A.E., Kochelev N.I. — JINR, E2-89-532, Dubna, 1989.
  40. Exner P., Šeba P., Štovicek P. — Czech.J.Phys., 1989, v.B39, p.1181.
  41. Brankov J., Priezzhev V.B. — Physica, 1989, A159, p.386.
  42. Болотин Ю.Л. и др. — ОИЯИ, P4-89-590, Дубна, 1989. (Направлено в ЯФ).
  43. Derbov V.L. et al. — In: Topological Phases in Quantum Theory (ed. Markovski B., Vinitsky S.I.) — World Scientific, Singapore, 1989, p.18; ОИЯИ, Д4-89-221, Дубна, 1989, с.74.
  44. Markovski B.L., Dubovik V.M., Vinitsky S.I. — In: Topological Phases in Quantum Theory (ed. Markovski B., Vinitsky S.I.) World Scientific, Singapore, 1989, p.93.
  45. Soloviev V.G., Shirikova N.Yu. — Z.Phys.A. — At. Nucl., 1989, v.334, p.149;  
 Soloviev V.G., Sushkov L.V. — JINR, E4-89-716, Dubna, 1989.
  46. Воронов В.В., Пирис М., Пономарев В.Ю. — ОИЯИ, P4-89-179, Дубна, 1989;  
 Воронов В.В., Караджов Д., Кырчев Г. — Изв. АН СССР, сер.физ., 1989, т.53, № 11, с.2174.
  47. Antalík R. — JINR, E4-89-165, Dubna, 1989; JINR, E4-89-719, Dubna, 1989.
  48. Бонева С.Т. и др. — ЯФ, 1989, т.49, в.4, с.944.
  49. Захарьев Б.Н., Ольховский В.С., Шилов В.М. — ОИЯИ, P4-89-289, Дубна, 1989.
  50. Pashkevich V.V. — Nucl.Phys., 1989, v.A502, p.405.
  51. Jacak L., Nawrocka W., Nazmitdinov R.G. — JINR, E4-89-630, Dubna, 1989.
  52. Ivanova S.P., Jolos R.V., Pedrosa R. — J. Phys.G, 1989, v.15, p.55.
  53. Kuchta R. — Phys.Rev., 1989, v.C40, No.6, p.2960.
  54. Milek N., Norenberg W., Rozmej P. — GSI Preprint 89-25, Darmstadt, 1989.
  55. Gareev F.A. et al. — Phys.Lett., 1989, v.B227, p.315.
  56. Пермяков В.П., Шилов В.М. — ЭЧАЯ, 1989, т.20, вып.6. с.1396.
  57. Simković Fh., Gmitro M. — JINR, E4-89-330, Dubna, 1989.
  58. Khankhasayev M.Kh. — Nucl.Phys., 1989, v.A505, p.1717.
  59. Пупышев В.В. — ТМФ, 1989, т.81, с.86.
  60. Zakhariev B.N., Zastavenko L.G. — Phys.Rev., 1989, v.A39, p.5528.
  61. Pfitzner A., Munchov I., Madler P. — Phys.Lett., 1989, v.B218, p.295.
  62. Belyaev V.B., Wrzecionko J. — Preprint Bonn, HE-89-03; Bonn, 1989. (Направлено в Phys. Rev.A).
  63. Kamalov S.S., Chumbalov A.A. — JINR, E4-89-559, Dubna, 1989.
  64. Bugaev K.A. et al. — Phys.Rev., 1989, v.D40, p.2903.
  65. Toneev V.D., Amelin N.S., Gudima K.K. — Report GSI-89-52, Darmstadt, 1989.
  66. Елисеев С.М., Камаль М. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ № 4(37)-89, Дубна, 1989, с.30.
  67. Каптарь Л.П., Титов А.И., Умников А.Ю. — ОИЯИ, P2-89-564, Дубна, 1989; ЯФ, 1990, т.51, вып.3, с.864.
  68. Гой А.А., Резник Б.Л., Титов А.И., Умников А.Ю. — ОИЯИ, P2-89-385, Дубна, 1989.
  69. Burov V.V., Dostovalov V.N., Sus'kov S.E. — JINR, E2-89-542, Dubna, 1989.
  70. Николаев В.А., Ткачев О.Г. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ № 1(39)-89, Дубна, 1989, с.28; № 4(37)-89, Дубна, 1989, с.18.
  71. Osipov V.A. et al. — phys. stat. sol. (b), 1989, v.153, p.207;  
 Osipov V.A., Vochnacka G., Fedyanin V.K. — phys. stat. sol. (b), 1989, v.155, p.K29.
  72. Taranko K. et al. — JINR, E17-89-570, Dubna, 1989. (Направлено в Surf. Sci.).
  73. Uvarova L.A., Fedyanin V.K. — JINR, E17-89-596, Dubna, 1989. (Направлено в журнал "Математическое моделирование").
  74. Heiner E. — phys. stat. sol. (b), 1989, v.151, p.645.
  75. Plakida N.M., Yushankhai V.Yu., Stasyuk I.V. — Physica C, 1989, v.160, p.80.
  76. Plakida N.M. — Phys. Scripta, 1989, v.T29, p.77.
  77. Skriver H. et al. — Phys.Rev.B, 1988, v.37, No.4, p.1706. Направлено в Phys.Rev.B, 1989.
  78. Hayn R., John W. — Zs. Phys.B., 1989, B.76, S.289.
  79. Кунченко А.Б., Светогорски Д.А., Сивриев И. — ОИЯИ, 14-89-608, Дубна, 1989.
  80. Shumovsky A.S., Tran Kuang — J. Phys. France, 1989, v.50, p.1301.
  81. Bakasov A.A., Yukalov V.I. — Physica A, 1989, v.157, p.1203.
  82. Schumann R. — Phys.Letters A, 1989, v.138, p.151.
  83. Czervonko J. — JINR, E17-89-650, Dubna, 1989. (Направлено в Zeits.Phys. B).
  84. Куземский А.Л., Марзаков Д. — ОИЯИ, P17-89-837, Дубна, 1989.



## АКАДЕМИКУ Н.Н.БОГОЛЮБОВУ — 80 ЛЕТ

21 августа исполнилось 80 лет крупнейшему советскому математику и физику-теоретику академику Николаю Николаевичу Боголюбову. Им созданы фундаментальные труды по нелинейной механике, статистической физике, квантовой теории поля.

Научная общественность широко отметила юбилей Н.Н.Боголюбова. В Дубне состоялся V Международный симпозиум по избранным проблемам статистической механики. В его работе приняли участие около 150 ученых из ведущих научных

центров стран-участниц ОИЯИ и других стран. Многие доклады, представленные на симпозиуме, явились развитием фундаментальных идей, предложенных и разработанных Н.Н.Боголюбовым. Они охватывали актуальные проблемы статистической механики, приложения ее методов в других областях физики, вопросы квантовой теории поля, теории тяготения, математики.

К юбилею Н.Н.Боголюбова было также приурочено Совещание по теории солитонов и приложениям, организованное ОИЯИ в Дубне.

Со словами приветствия Н.Н.Боголюбову на торжественном заседании выступает президент Академии наук Грузинской ССР академик А.Н.Тавхелидзе





# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Главными задачами Лаборатории высоких энергий в 1989 году, определенными 65 сессией Ученого совета ОИЯИ и Комитетом Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ, были проведение актуальных исследований кварковых систем в экспериментах на синхрофазотроне, ускорителях ИФВЭ и других научных центров, подготовка экспериментов на У-70 и УНК, работы по созданию систем нуклотрона, обеспечение эффективной работы синхрофазотрона на физический эксперимент, работы в области прикладных исследований. В 1989 г. в лаборатории получен ряд новых физических результатов в экспериментах на пучках уникальных релятивистских и поляризованных ядер синхрофазотрона, привлекая внимание научной общественности. Продолжалась обработка экспериментального материала, полученного на пучках У-70 ИФВЭ. Пройдены существенные этапы подготовки аппаратуры и создания новых установок для экспериментов на У-70 и УНК ИФВЭ, синхрофазотроне и нуклотроне ЛВЭ.

На установке ДЕЛФИ (LEP, ЦЕРН) с участием физиков ЛВЭ получены первые

результаты определения массы  $Z^0$ -бозона и числа поколений нейтрино.

В завершающую фазу вступили работы по созданию нуклотрона. Выполнены плановые работы по модернизации систем синхрофазотрона. Ряд интересных результатов, в том числе имеющих прикладное значение, получен при разработках новых образцов детекторов, электронной аппаратуры, криогенной техники.

Научно-исследовательская деятельность лаборатории велась с участием специалистов из более чем 100 научных организаций стран-участниц ОИЯИ, с представительством всех крупнейших республиканских и региональных центров СССР в области физики высоких энергий и атомного ядра. В ряде экспериментов работали физики стран-не-участниц.

Важным этапом за истекший год явились проработка и обсуждение программы исследований на 1991—1995 гг. Предложения были опубликованы отдельным сборником<sup>1/</sup> и прошли экспертизу как в ОИЯИ, так и в научных организациях стран-участниц.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

### МЕХАНИЗМ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА ЧАСТИЦ И РЕЗОНАНСОВ. ПОИСК НОВЫХ ЧАСТИЦ

1. Сотрудничеством БИС-2 получены новые, основанные на большей статистике, данные по поиску и изучению узких бариониев с отрицательной и положительной странностью<sup>2/</sup>. Эксперимент проводился на пучке нейтронов серпуховского ускорителя,

среднее значение импульса нейтронов составляло  $\sim 40$  ГэВ/с. Использовались жидководородная и ядерные (C, Al, Cu) мишени.

Результаты обработки  $\sim 2 \cdot 10^7$  и  $\sim 2,4 \cdot 10^7$  взаимодействий нейтронов с водородом и ядрами соответственно приведены в табл.1. Видно, что во всех спектрах эффективных масс различных состояний с отрицательной и положительной странностью наблюдаются узкие пики, которые не явля-



ются кинематическим отражением каких-либо резонансов в других системах. Этот факт может рассматриваться как сильное указание на существование бариониев с отрицательной и положительной странностью. Среднее значение их массы —  $(3053 \pm 3 \pm 20)$  МэВ/с<sup>2</sup>, а ширина меньше  $(35 \pm 5)$  МэВ/с<sup>2</sup>. Наличие узких сигналов в спектрах дважды заряженных конечных состояний ( $\Lambda \bar{p} \pi^-$  и  $\Lambda \bar{p} \pi^+$ ) свидетельствует, что изотопический спин бариония  $\geq 3/2$ .

При анализе указанных выше данных осуществлялся также поиск узкого бариония со скрытой странностью  $M_\phi$ . В спектрах  $\Lambda \bar{p} K^+ (+\pi^\pm)$ ,  $\Lambda \bar{p} K^- (+\pi^\pm)$  и  $K_s^0 p \bar{p} K^\pm$  при близких значениях массы наблюдались узкие выбросы, которые указывают на существование  $M_\phi$ . Среднее значение массы —  $M_\phi = (3255 \pm 3 \pm 20)$  МэВ/с<sup>2</sup>, ширина —  $\Gamma \leq (35 \pm 5)$  МэВ/с<sup>2</sup><sup>1/3</sup>. Сечения рождения событий, обуславливающих наблюдаемые выбросы в кинематической области их регистрации:  $X_F > 0,2$  и  $P_T \leq 1$  ГэВ/с, составляют  $0,3 \div 1,0$  мкб на нуклон при 90% уровне достоверности.

Таблица 1

| Конечное состояние                                             | Средняя масса, МэВ/с <sup>2</sup> | Ширина, МэВ/с <sup>2</sup> | Число комб., обуславл. выброс |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| $\Lambda \bar{p} \pi^+$                                        | $3059 \pm 7 \pm 20$               | $53 \pm 15$                | $92 \pm 33$                   |
| $\Lambda \bar{p} \pi^-$                                        | $3042 \pm 7 \pm 20$               | $38 \pm 15$                | $47 \pm 24$                   |
| $\Lambda \bar{p} \pi^+ \pi^-$<br>$\Lambda \bar{p} \pi^+ \pi^+$ | $3062 \pm 5 \pm 20$               | $28 \pm 8$                 | $43 \pm 17$                   |
| $\Lambda \bar{p} \pi^+ \pi^-$<br>$\Lambda \bar{p} \pi^- \pi^-$ | $3046 \pm 5 \pm 20$               | $29 \pm 12$                | $71 \pm 36$                   |
| $\Lambda \bar{p} \pi^-$                                        | $3069 \pm 9 \pm 20$               | $72 \pm 22$                | $65 \pm 25$                   |
| $\Lambda \bar{p} \pi^+$                                        | $3040 \pm 6 \pm 20$               | $34 \pm 11$                | $47 \pm 20$                   |

2. В результате анализа 8,9 млн первичных событий, зарегистрированных в нейтрон-протонных взаимодействиях, были выделены события, содержащие  $K^+ K^-$ -мезонные пары<sup>14</sup>. В спектре эффективных масс этих мезонов наблюден узкий пик при массе  $\phi$ -мезона (рис. 1), проведен анализ спектров по продольным и поперечным импульсам

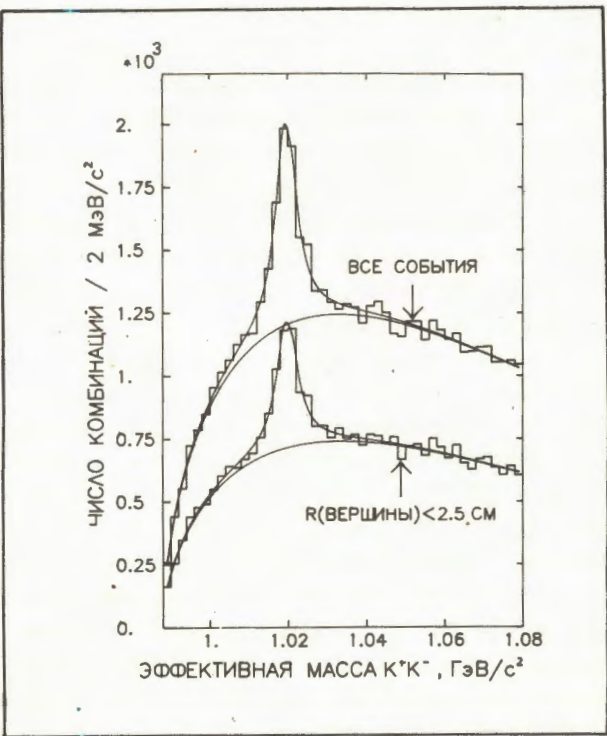


Рис. 1. Спектры эффективных масс  $K^+ K^-$ -мезонов, регистрируемые спектрометром БИС-2

$\phi$ -мезонов, которые аппроксимировались степенной и экспоненциальной зависимостями:  $(1 - X)^N$  и  $\exp(-B \cdot P_T^2)$ , соответственно. Найдены параметры  $N$  и  $B$  этих распределений:

$$N = 4,28 \pm 0,42 \text{ и } B = (-3,02 \pm 0,55) (\text{ГэВ/с})^{-2},$$

для наблюдаемой кинематической области переменных  $X_F \geq 0,1$  и  $P_T \leq 1$  ГэВ/с, а также инклюзивное поперечное сечение  $\phi$ -мезонов в сопровождении двух заряженных частиц, которое оказалось равным

$$\sigma(\phi + 2 \text{ адрона}) = (45 \pm 10) \text{ мкб на нуклон.}$$

Для сравнения полученных данных о сечении рождения  $\phi$ -мезонов с результатами других экспериментов была сделана экстраполяция в полную кинематическую область  $-1 \leq x \leq 1$ . Величина полного инклюзивного поперечного сечения рождения  $\phi$ -мезонов в нейтрон-водородных взаимодействиях при энергии нейтронов  $30 \div 70$  ГэВ оказывается равной

$$\sigma(\phi + X) = (220 \pm 85) \text{ мкб на нуклон}$$



(ошибка включает 35% систематическую погрешность). Сравнение этого результата с результатами других работ, выполненных в пучках протонов, показывает, что полные поперечные сечения рождения  $\phi$ -мезонов в пучке нейтронов и протонов одинаковы (в пределах ошибок). Параметр  $N$  спектра продольных импульсов  $\phi$ -мезона указывает на то, что  $\phi$ -мезоны рождаются в центральной области.

3. На материалах с однометровой водородной пузырьковой камеры выполнены две работы по поиску и исследованию узких дибарионных резонансов. Группой Ю.А.Трояна продолжалась обработка материалов по реакциям  $p \rightarrow p p \pi^-$ ,  $p \rightarrow p p \pi^- \pi^0$ , в которых при анализе спектра масс двух протонов наблюдался ряд узких особенностей при значениях масс 1886; 1937; 1965; 1980; 2017; 2050; 2083; 2107; 2237; 2277 МэВ/с<sup>2</sup>. Всего выделено  $\sim 2 \cdot 10^4$  событий указанных реакций при импульсах падающего нейтрона 1,43; 1,72; 2,23; 3,83 ГэВ/с. Превышение сигнала над фоном составляет от 3 до 5 стандартных отклонений. Вместе с тем анализ данных по реакции  $p \rightarrow p p \pi^-$ , с попыткой описать спектр эффективных масс двух протонов с помощью гладкой функции без привлечения узких резонансов, привел авторов работы<sup>15</sup> к выводу о весьма сильной зависимости результатов от различных моделей фоновых распределений. Обработано дополнительно также  $\sim 8 \cdot 10^3$  событий реакции  $p \rightarrow p p \pi^-$  при  $p = 1,25$  ГэВ/с, проводится их анализ.

Сотрудничеством Дубна — Кошице — Москва — Тбилиси проведен анализ реакций  $d p \rightarrow p p n$ , и  $d p \rightarrow p \pi^+ n n$ <sup>16</sup>. Импульс дейтрона составлял 3,33 ГэВ/с, статистика по обеим реакциям  $\sim 115$  тыс. событий. В результате обнаружены узкие ( $\Gamma \lesssim 50$  МэВ) структуры в области масс двух нуклонов (см. табл. 2).

Таким образом, показано, что узкие структуры с высокой статистической значимостью наблюдаются в области масс  $2010 \div 2020$  МэВ/с<sup>2</sup> и  $2140 \div 2150$  МэВ/с<sup>2</sup>, причем во всех зарядовых комбинациях. Аналогичные структуры были наблюдаемы ранее в  $^4$ Нер-взаимодействиях на однометровой жидководородной камере ЛВЭ, а также в других экспериментах. Указанные состояния согласуются с предсказаниями ротационной модели.

4. Группой Б.А.Шахбазяна в конце 1988 года при анализе взаимодействий протонов ( $P_p = 10$  ГэВ/с) с протоном обнаружено  $V_0$ -событие, которое по внешним признакам и измеренным параметрам было расценено как кандидат в стабильный Н-дибарион, претерпевший слабый распад. Применение методов многовершинного кинематического анализа с созданием специальных программ позволило показать, что из всех гипотез о реакциях и распадах, способных имитировать это событие, "выживает" единственная<sup>17</sup>:

$$N \rightarrow p + \Sigma^-, \Sigma^- \rightarrow n + \pi^-.$$

При этом  $M_N = (2218 \pm 12)$  МэВ/с<sup>2</sup> при стандартном отклонении 12,0 МэВ/с<sup>2</sup> и погрешности среднего  $\sigma = 2,8$  МэВ/с<sup>2</sup>. Время пролета частицы до распада оказалось  $1,37 \cdot 10^{-10}$  с. Масса ранее обнаруженного кандидата в Н-дибарион составляла  $(2175 \pm 15)$  МэВ/с<sup>2</sup>. Среднее по двум найденным событиям значение массы составляет  $(2197 \pm 9)$  МэВ/с<sup>2</sup>, а сечение образования Н в  $p + C_3H_8$  оценивается в 40 нб.

5. На материалах двухметровой жидководородной камеры "Людмила" продолжалось изучение механизма антинуклон-нуклонных взаимодействий. Проведено сравнение распределений по продольным и поперечным импульсам ( $X$ - и  $P_T^2$ -распреде-

Таблица 2

| Реакция                         | Z  | M,<br>МэВ/с <sup>2</sup> | $\Gamma$ ,<br>МэВ/с <sup>2</sup> | $\sigma$ | M,<br>МэВ/с <sup>2</sup> | $\Gamma$ ,<br>МэВ/с <sup>2</sup> | $\sigma$ |
|---------------------------------|----|--------------------------|----------------------------------|----------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| $d p \rightarrow (p p) n$       | ++ | $2009 \pm 15$            | $16 \pm 19$                      | 4,1      | $2153 \pm 15$            | $7 \pm 11$                       | 5,8      |
| $d p \rightarrow (p n) p$       | +  | $2007 \pm 10$            | $8 \pm 12$                       | 5,1      | $2128 \pm 10$            | $6 \pm 9$                        | 4,3      |
| $d p \rightarrow (n n) p \pi^+$ | 0  | $2027 \pm 20$            | $16 \pm 18$                      | 5,3      | $2137 \pm 20$            | $17 \pm 9$                       | 8,2      |



ния протонов и  $\pi^\pm$ -мезонов, образующихся в  $\bar{p}p$ - и  $pp$ -взаимодействиях при близких энергиях ( $22 \div 24$  ГэВ)<sup>/8/</sup>. Показано, что:

— X-распределения протонов в  $\bar{p}p$ -взаимодействиях более жесткие, при этом отличие от  $pp$ -взаимодействий увеличивается с ростом множественности заряженных частиц;

— в событиях с малой множественностью средний поперечный импульс протонов больше, чем в  $pp$ -взаимодействиях;

— для событий с идентифицированными протонами (с  $P_{\text{лаб.}} \lesssim 1,2$  ГэВ/с) X- и  $P_T^2$ -распределения  $\pi^\pm$ -мезонов имеют более жесткий характер в  $\bar{p}p$ -взаимодействиях. Перечисленные особенности неаннигиляционных  $\bar{p}p$ -процессов не описываются кварковой фрагментационной LUND-моделью.

Рассмотрены методические вопросы измерения и обработки антидейтрон-ядерных взаимодействий<sup>/9/</sup>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Предложенные и развиваемые в ЛВЭ методы анализа процессов множественного рождения частиц в адронных и ядерных столкновениях позволяют выразить свойства процессов физики высоких энергий через небольшое число релятивистски-инвариантных параметров, которые удается объяснить на основе квантовой хромодинамики. При этом безразмерные релятивистски-инвариантные положительные величины (относительные 4-скорости):

$$b_{ik} = -\left(\frac{p_i}{m_i} - \frac{p_k}{m_k}\right)^2 = -(u_i - u_k)^2 \quad (1)$$

(где  $p_i, p_k$  — 4-импульсы;  $m_i, m_k$  — массы частиц  $i$  и  $k$ , участвующих в реакции  $I + II \rightarrow 1 + 2 + 3 + \dots$ ), используются в качестве основных переменных, через которые выражаются распределения вероятностей (сечения) процессов:  $W(\dots b_{ik}, \dots)$ .

В пространстве параметров  $b_{ik}$  оказалось возможным сформулировать некоторые общие принципы и предсказать закономерности, характеризующие сильно возбужденную адронную и ядерную материю,

обнаружить ряд новых явлений, в частности, универсальность четырехмерных струй адронов и существование барионных кластеров, также обладающих весьма интересными свойствами. Основные физические результаты, а также процедура использования переменных  $b_{ik}$  суммированы в ряде обзоров (см., например: Балдин А.М., Диденко Л.А. ОИЯИ, Р1-87-912, Дубна, 1987) обсуждаются на крупнейших международных конференциях последнего времени. В текущем году опубликован ряд новых физических и методических результатов в рамках этого подхода. В работе<sup>/10/</sup> предложена и разработана методика выделения кластеров, образующихся в неупругих столкновениях с использованием пространства нормированных к одинаковой массе относительных 4-скоростей, позволяющая выделить кластеры, состоящие из частиц разной массы. По этой методике проанализирован экспериментальный материал по  $pC$ - и  $\pi^-C$ -взаимодействиям ( $P_p = 10$  ГэВ/с,  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с), а также данные по  $pC$ -,  $dC$ -,  $\alpha C$ - и  $CC$ -взаимодействиям при 4,2 ГэВ/с на нуклон, полученные с помощью двухметровой пропановой камеры. Оказалось, что в значительной доле событий ( $30 \div 60\%$ ) образование вторичных частиц (протонов и  $\pi$ -мезонов) происходит через кластеры, причем число таких взаимодействий растет с увеличением первичной энергии. Через кластеры образуется также  $\sim 40\%$  кумулятивных адронов. Кластеры обладают универсальными свойствами для различных типов взаимодействий и различных первичных энергий как по характеристикам их образования, так и по особенностям их распада.

Найдено новое подтверждение применимости принципа автомодельности второго рода для описания распределений протонных кластеров из  $pC$ - и  $\pi^-C$ -взаимодействий<sup>/11/</sup>. Экспериментальный материал получен при облучении двухметровой пропановой пузырьковой камеры нейтронами с импульсом 7 ГэВ/с и  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 4 ГэВ/с. Распределение протонных кластеров по переменной  $b_{aII}$ , представляющей 4-скорость центра кластера относительно ядра-мишени, описывается зависимостью

$$W_1(b_{aII})|_{b_{aII} \gg 0,01} \rightarrow A/b_{aII}^n$$



с параметром  $n = 4$ , причем значение этого параметра не зависит ни от типа взаимодействия, ни от 4-скоростей протонов в кластере  $b_k$  (для  $b_k < 0,05$ ).

Проведен анализ размеров области излучения струй адронов в  $\pi^-p$ - и  $\pi^-C$ -взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с и барионных кластеров в  $CC$ -взаимодействиях при  $P = 4,2$  ГэВ/с на нуклон<sup>/12/</sup>.

Струи адронов и кластеры выделялись релятивистски-инвариантным образом в пространстве  $b_{ik}$ , а размеры области генерации находились методом интерференционных корреляций. Показано, что размеры струй в области фрагментации пиона определяются величиной  $r_{(\pi^-p)} = (0,63 \pm 0,09)$  фм. Такой же размер имеет область генерации пионов и в  $e^+e^-$ -аннигиляции (рис. 2):  $r_{(e^+e^-)} = (0,65 \pm 0,04)$  фм. Интерференционные корреляции пионов в этой области не зависят также от массы ядра-мишени ( $p$  или  $C$ ). Для фрагментации мишени область эмиссии в  $pC$ -взаимодействиях заметно больше. Для центральной области получено значение  $r = (1,38 \pm 0,36)$  фм. Среднее значение быстроты для пионов из этой области близко к нулю в системе центра инерции  $\pi^-p$ . Быстротное распределение имеет симметричную форму с дисперсией около единицы.

Размеры области эмиссии протонов в барионных кластерах, выделенных в  $CC$ -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон, совпадают в системе покоя кластера с размерами ядра углерода  $r \approx (2,5 \pm 0,6)$  фм.

Обнаружение квазистационарных состояний сильновозбужденной ядерной материи является одной из центральных задач физики высоких энергий. Экспериментальные данные по  $CC$ -взаимодействиям, полученные на синхрофазотроне, показывают, что барионные кластеры в пространстве 4-скоростей могут быть результатом наложения многобарионных резонансов, т.е. наложения квазистационарных состояний с температурой  $T_k \approx 135$  МэВ.

2. Продолжалось исследование и развитие метода интерференционных корреляций. Проанализирован вопрос о связи углового распределения вектора разности импульсов пары тождественных пионов с формой области и длительностью процесса генерации и предложены новые процедуры, позволяющие провести анализ экспериментальных данных<sup>/13/</sup>. Рассмотрены также методические вопросы, возникающие при исследовании двухчастичных корреляций протонов с близкими импульсами, и предложен новый метод учета экспериментальных условий при определении размеров области испускания протонов<sup>/14/</sup>.

3. Изучение корреляционных явлений в кумулятивном рождении частиц является естественным развитием программы по исследованию предельной фрагментации ядер и имеет целью получение дополнительной информации о механизме кумулятивных процессов. В эксперименте, выполнен-

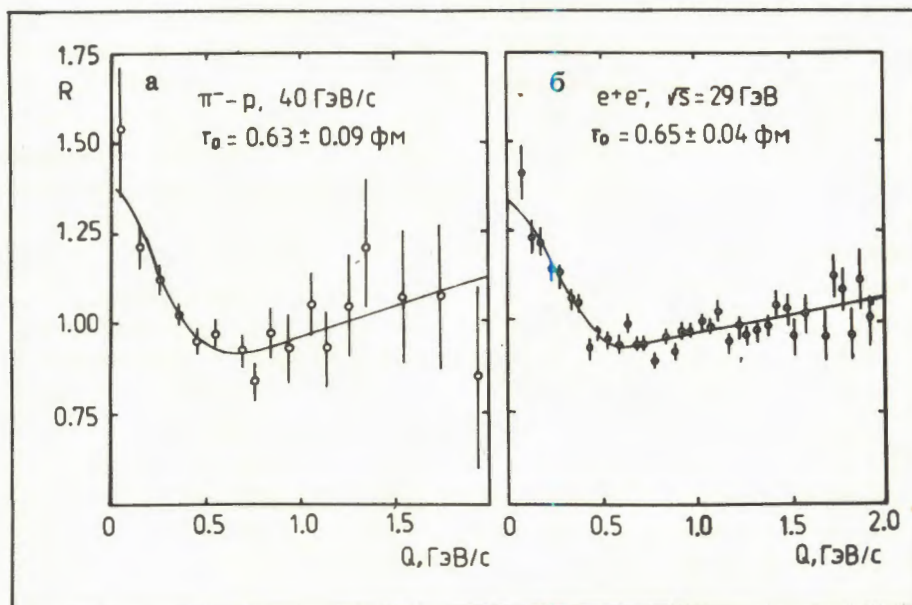


Рис. 2. Корреляционные распределения, полученные для пионов из области фрагментации пучка в  $\pi^-p$ -взаимодействиях (а) и для пионов из реакции  $e^+e^-$ -аннигиляции (б)



ном на двухплечевом магнитном спектрометре ДИСК-3, изучалась двухчастичная инклюзивная реакция

$$I + II \rightarrow 1 + 2 + \dots,$$

где I — первичные частицы (p, d — с импульсом 8,9 ГэВ/с,  $\alpha$ -частицы с импульсом 17,8 ГэВ/с); II — ядра-мишени ( $^6\text{Li}$ , Pb); 1, 2 — регистрируемые установкой вторичные частицы ( $\pi$ , p, d)<sup>15</sup>. Двухчастичная корреляционная функция  $R_2$ , определяемая как полное неупругое сечение  $\sigma_{in}$  взаимодействия частиц I и II, умноженное на отношение дважды инклюзивного сечения рождения частиц  $E_1 E_2 d^2\sigma/d\vec{p}_1 d\vec{p}_2$  в указанной реакции к произведению одночастичных инклюзивных сечений  $E_1 d\sigma/d\vec{p}_1$ ,  $E_2 d\sigma/d\vec{p}_2$  рождения частиц 1 и 2, измерена для  $p\pi^-$ -системы в области эффективных масс, соответствующей рождению кумулятивных  $\Delta$ -изобар ( $p = 500$  МэВ/с, угол вылета —  $90^\circ$ ). Величина  $R_2$  в этой области равна  $\sim 1,5$  для  $p\pi^+$ -комбинаций как в  $p\text{Pb}$ -, так и в  $\alpha\text{Pb}$ -взаимодействиях. В предположении, что сечение рождения  $\Delta$ -изобар, как и сечение рождения стабильных кумулятивных частиц, экспоненциально зависит от кумулятивного числа:

$$E \frac{d\sigma}{dp} (A_I A_{II} \rightarrow \Delta + \dots) \sim A_\Delta \cdot \exp(-x/0,14),$$

получено ограничение на сечение рождения кумулятивных изобар  $A_\Delta \lesssim 1,5 A_p$  ( $A_p$  — константа для рождения протонов).

4. Продолжалось исследование  $A$ -зависимости инклюзивного рождения  $\pi^0$ -мезонов на установке МАССЕР. Впервые измерено инвариантное инклюзивное сечение реакции  $\alpha C \rightarrow \pi^0 + \dots$  при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон в зависимости от кумулятивного числа  $X$  и квадрата поперечного импульса  $p_\perp^2$ <sup>16</sup>. Зависимость от  $p_\perp^2$  параметризуется функцией  $d\sigma/dp_\perp^2 \sim \exp(a \cdot p_\perp^2)$  с параметром  $a = (6,7 \pm 0,1) (\text{ГэВ/с})^{-2}$  в интервале  $0 \leq p_\perp^2 \leq 0,32$  и  $a = (10,4 \pm 0,1) (\text{ГэВ/с})^{-2}$  при  $0,32 \leq p_\perp^2 \leq 0,82$ . Зависимость от  $X$  параметризуется функцией  $E d\sigma/dp \sim \exp(-X/X_0)$  с параметром  $X_0 = 0,123 \pm 0,03$ , что существенно отличается от данных, полученных в Беркли (США) для

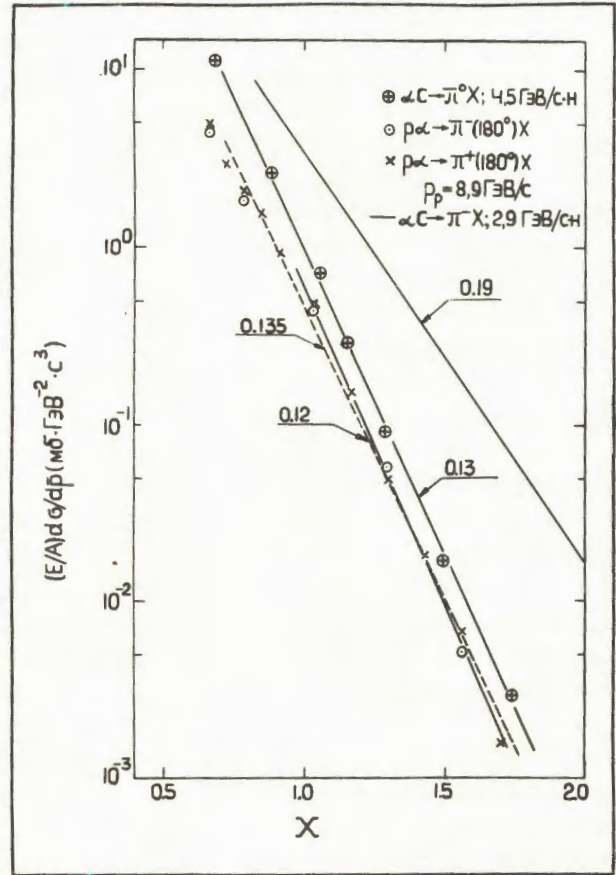


Рис. 3. Инвариантные инклюзивные сечения образования  $\pi^0$ -мезонов в зависимости от степени кумулятивности

реакции  $\alpha C \rightarrow \pi^0 + \dots$  при импульсе 2,9 ГэВ/с. С увеличением энергии наклон инвариантных сечений увеличивается и приближается к значению, полученному в экспериментах по кумулятивному рождению  $\pi^\pm$ -мезонов (рис. 3).

5. Исследована зависимость спектров  $\pi^-$ -мезонов от атомного веса ядра-снаряда в  $pC$ -,  $dC$ -,  $\alpha C$ - и  $CC$ -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон при фиксированных углах в интервале  $0^\circ \div 180^\circ$  (в лаб. системе)<sup>17</sup>. Работа выполнялась на материалах, полученных с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры. Показано, что спектры пионов с кинетической энергией  $T$  выше 0,1 ГэВ и углом вылета  $\theta_{\text{лаб.}} > 10^\circ$  экспоненциально спадают с ростом  $T$  и в указанных типах взаимодействий могут быть аппроксимированы функцией  $\sigma_{inv} = A \cdot e^{-T/T_0}$ . Значение параметра  $T_0$  в пределах  $10 \div 15\%$  ошибок не зависит от атомного веса ядра-снаряда в соответ-



ствующих угловых интервалах, начиная с  $\theta_{\text{лаб.}} \gtrsim 20^\circ$ . Различия в форме спектров  $\pi^-$ -мезонов в рС- и ядро-ядерных взаимодействиях наблюдается для  $\pi^-$ -мезонов с малыми углами испускания. Значения  $T_0$  убывают с увеличением  $\theta_{\text{лаб.}}$  и от  $20^\circ$  до  $130^\circ$  и остаются практически постоянными на уровне  $50 \div 60$  МэВ для  $\theta_{\text{лаб.}} > 130^\circ$ . Форма спектров  $\pi^-$ -мезонов оказалась мало чувствительной к степени центральности СС-взаимодействий.

Существенным образом от степени центральности СС-взаимодействий, как это показано в работе<sup>118</sup>, зависят распределения протонов. Эти экспериментальные факты не описываются каскадной моделью и свидетельствуют о проявлении в центральных СС-столкновениях эффектов, не сводящихся к совокупности нуклон-нуклонных взаимодействий с последующим перерасеянием в сталкивающихся ядрах.

6. Данные по центральным столкновениям более тяжелых, чем углерод, ядер при импульсе 4,1 ГэВ/с на нуклон получены методом фотоэмульсий<sup>119</sup>. Анализ столкновений ядер неона-22 с ядрами Ar, Br показал, что для центральных, доля которых составляет  $\sim 5,3\%$  от полного числа взаимодействий в фотоэмульсии, наблюдаются ряд особенностей (увеличение множественности вторичных частиц, флуктуации плотности релятивистских частиц по псевдобыстроте, наличие "особых" событий, в которых минимальный угол вылета релятивистских частиц  $\theta > 7^\circ$ ), которые указывают на проявление коллективных процессов в ядро-ядерных взаимодействиях. Получены результаты по исследованию неупругих взаимодействий ядер кремния с ядрами фотоэмульсий при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон<sup>120</sup>.

7. На спектрометре ГИБС для центральных столкновений  $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ ,  $^{19}\text{F} + ^{24}\text{Mg}$ ,  $^{24}\text{Mg} + ^{24}\text{Mg}$  при энергии 3,7 ГэВ на нуклон получены распределения по множественности  $\pi^-$ -мезонов и характеристики этих распределений<sup>121</sup>. Эти данные основаны на анализе 1583, 1557 и 2745 событий соответственно каждому из указанных типов взаимодействий. События отбирались триггером, логика которого соответствует запрету на вылет нуклонов-спектаторов ядра-

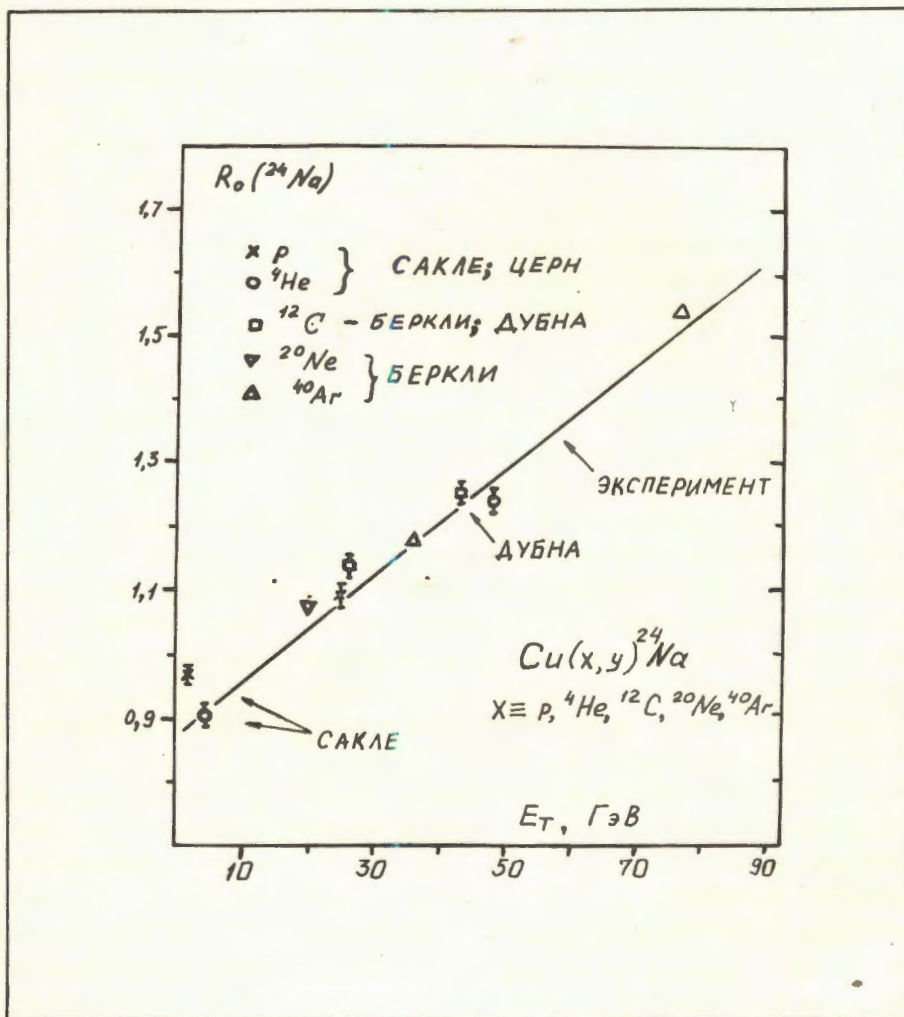
снаряда в пределах угла  $2,4^\circ$ . В случае MgMg-взаимодействий жесткость подавления неупругих столкновений при выборе центральных составила  $4 \times 10^{-4}$ .

8. На протяжении многих лет не ослабевает интерес к поведению волновой функции простейшего атомного ядра — дейтрона на малых расстояниях (меньше 1 фм). Большинство посвященных этому вопросу экспериментов выполнено на спектрометрах. Во всех экспериментах наблюдается превышение числа событий над расчетами, проведенными исходя из используемых обычно волновых функций дейтрона в области импульсов выше 200 МэВ/с в системе покоя ядра. В работе<sup>122</sup>, выполненной с помощью единой методики (однометровой жидководородной камеры), в условиях  $4\pi$ -геометрии исследованы реакции  $p \rightarrow p p \pi^-$  и  $d p \rightarrow p p p \pi^-$ . Выбор этих реакций (с  $\pi^-$ -мезоном в конечном состоянии) позволяет существенно снизить вклад внутриядерного поглощения пионов. Авторы работы пришли к выводу, что при корректной методике отбора нуклонов-спектаторов их импульсный спектр может быть описан вплоть до 400 МэВ/с с использованием известных волновых функций, и на долю экзотических эффектов в области больших импульсов остается  $\sim 1\%$  событий.

9. Получены данные по импульсным и угловым распределениям  $\pi^-$ -мезонов, образующихся в dC-взаимодействиях при энергии налетающего дейтрона 1 ГэВ/нуклон<sup>123</sup>. При просмотре  $\sim 10$  тыс. стереофотоснимков с двухметровой пузырьковой камеры обнаружено около 1800 событий с рождением  $\pi^-$ -мезона, из них 1524 взяты для последующего анализа. Вклад событий с образованием двух  $\pi^-$ -мезонов составляет  $\sim 2\%$ . Полное инклюзивное сечение рождения  $\pi^-$ -мезонов:  $\sigma_{\pi^-}(dC) = (68,9 \pm 4,4)$  мб. Средний импульс  $\langle p_{\pi^-} \rangle = (0,309 \pm 0,004)$  ГэВ/с, средний угол  $\langle \theta_{\pi^-} \rangle = (57 \pm 1)^\circ$  и средний косинус  $\langle \cos \theta_{\pi^-} \rangle = 0,473 \pm 0,013$ . Максимум импульсного распределения приходится на интервал  $0,1 \div 0,3$  ГэВ/с, в область импульсов  $p_{\pi^-} \gtrsim 700$  МэВ/с попадает  $\sim 2,6\%$  событий. Средние импульсы  $\pi^-$ -мезонов, образованных в dC- и dp-взаимодействиях, практически не отличаются.



Рис. 4. Выход изотопа  $^{24}\text{Na}$  в зависимости от полной энергии налетающего ядра



10. Продолжалась работа международной коллаборации Дубна — Лейпциг — Марбург — Страсбург по изучению аномального взаимодействия релятивистских фрагментов в ядро-ядерных соударениях на пучках ускорителей Сакле, Дубны, Беркли и ЦЕРНа.

С использованием активационной методики изучено поведение вторичных частиц и фрагментов ядер-снарядов, образующихся во взаимодействиях  $\alpha$ -частиц, ядер углерода-12, неона-20 и аргона-40 с мишенями из меди<sup>/24/</sup>.

На рис.4 приведены отношения активностей изотопа натрия-24 как функции полной энергии налетающих ядер.

Высокоэнергетичные частицы и фрагменты, вылетающие в интервале углов  $10 < \theta_{\text{лаб.}} < 45^\circ$ , по-видимому, приводят к более высокому образованию изотопа натрия-24, чем это ожидается по феноменологической модели.

Для объяснения эффекта увеличения экспериментальных отношений выходов изотопа  $^{24}\text{Na}$  необходимо предположить присутствие в спектре либо вторичных частиц с большими поперечными импульсами, либо вклада от распадов неизвестных резонансов, вносящих большие угловые моменты, либо рождение экзотических объектов с временами жизни  $\sim 10^{-10}$  с.

11. Выполнена серия работ по изучению фрагментации ядра методом  $\gamma$ -спектроскопии. Определены зарядовые и массовые распределения ядер-остатков при облучении мишеней из алюминия, майлара и тантала ядрами углерода с энергией  $3,65 \cdot A$  ГэВ и протонами<sup>/25/</sup>. Измерены сечения радионуклидов, образованных в реакциях  $^{12}\text{C} + ^{232}\text{Th}$  и  $^{12}\text{C} + ^{238}\text{U}$  при той же энергии<sup>/26/</sup>. Изучено образование  $^{11}\text{C}$  в углеродных мишенях, облученных протонами, дейтронами, ядрами гелия и углерода<sup>/27/</sup>,



а также получены данные по сечениям образования остаточных ядер при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами  $^{93}\text{Nd}$ ,  $^{108}\text{Ag}$ ,  $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{197}\text{Au}$  и  $^{207.2}\text{Pb}^{128}$ .

12. Выведен ряд следствий и сформулированы определенные предположения относительно особенностей взаимодействия релятивистских частиц, основанные на предложенной ранее концепции релятивистской длины. Показано, что эквипотенциальные поверхности релятивистского заряда имеют форму вытянутого в направлении движения эллипсоида вращения<sup>129</sup>. Высказано мнение<sup>130</sup>, что рост длины формирования позитрония обусловлен, в частности, релятивистским увеличением его продольного размера. Отмечается<sup>131</sup>, что пионное поле и поле векторных мезонов релятивистского нуклона ведут себя по-разному. С ростом энергии вклад векторного поля увеличивается, а при  $\gamma \gtrsim 1,6 \cdot 10^2$  ( $\gamma$ -лоренц-фактор) становится доминирующим. В результате меняется характер периферических и центральных соударений. Растут сечения рождения  $\omega$ - и  $\rho$ -мезонов, ожидается существенный вклад спиновых эффектов.

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. На уникальном пучке поляризованных дейтронов синхрофазотрона сотрудничеством "Альфа" продолжались исследования спиновой структуры дейтрона на малых расстояниях. Измерения тензорной анализирующей способности дейтрона  $T_{20}(k)$  в реакции фрагментации под нулевым углом выстроенных дейтронов с импульсом 9 ГэВ/с продвинуты до рекордных значений внутреннего импульса нуклонов в дейтроне  $k \approx 700$  МэВ/с<sup>132</sup>. На пучке векторно-поляризованных дейтронов проведены первые эксперименты по определению импульсной зависимости передачи поляризации от дейтрона к протону-фрагменту.

2. Исследованы спиновые эффекты в кумулятивном образовании протонов и дейтронов в протон-ядерных взаимодействиях при энергиях 16 ÷ 64 ГэВ<sup>133</sup>. Эксперимен-

тальные данные получены с помощью спектрометра кумулятивных адронов (СКА). В указанной работе приведены результаты обработки полной статистики с демонстрацией зависимостей поляризации рожденных протонов от их импульса ( $q$ ), угла вылета из мишени ( $\theta$ ), энергии протонов пучка ( $E$ ) и от атомного номера ядра-мишени ( $A$ ). В качестве мишеней использованы ядра Be, C, Mo. Интервал регистрации по  $q$ :  $505 < q < 1120$  МэВ/с — для протонов и  $605 < q < 1220$  МэВ/с — для дейтронов. Зависимость поляризации от  $E$  выражена слабо. Наблюдается рост поляризации от  $(3,3 \pm 2,1)\%$  до  $(12,0 \pm 1)\%$  с изменением угла  $\theta$  от  $158^\circ$  до  $95^\circ$ . А-зависимость проявляется в уменьшении поляризации с ростом атомного номера ядра-мишени.

## ЭКСПЕРИМЕНТ НА-4

Сотрудничеством Болонья — ЦЕРН — Дубна — Мюнхен — Сакле выполнен анализ структурной функции протона  $F_2(x, Q^2)$  с высокой статистической точностью в экспериментах по глубоконеупругому рассеянию мюонов на водородной мишени. Проведено сравнение нарушений скейлинга в структурной функции протона с предсказаниями пертурбативной модели КХД. Наблюдается превосходное согласие экспериментальных результатов с численными решениями эволюционных уравнений в лидирующем и в следующем за лидирующим порядках теории возмущений. Эти данные использованы для определения масштабного параметра  $\Lambda$  модели КХД как в подходе несинглетного по аромату приближения, так и при помощи суммы полного синглетного и несинглетного по аромату подходов. Выполнена оценка глюонного распределения в протоне<sup>134</sup>.

## ЭКСПЕРИМЕНТ ДЕЛФИ

В рамках совместного ОИЯИ — ЦЕРН эксперимента сотрудники лаборатории активно участвовали в проведении комплексных испытаний и запуске адронного калориметра установки ДЕЛФИ в подземном



зале LEP ЦЕРНа. Завершен первый физический сеанс, в котором зарегистрировано около 10 000  $Z^0$ -бозонов. Первые физические результаты опубликованы

ны в работе<sup>/35/</sup>. Определены масса и ширина  $Z^0$  и число поколений нейтрино из анализа конечных адронных состояний.

## СОЗДАНИЕ НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК, РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ

В 1989 г. продолжалась реализация проектов создания экспериментальных установок для работы на пучках синхрофазотрона и нуклотрона, У-70 и УНК ИФВЭ, а также LEP ЦЕРНа.

1. Большим методическим достижением является разработка и изготовление первых образцов микроstriповых детекторов со считывающей электроникой. Разработка этих детекторов велась в рамках создания вершинного детектора УКД для УНК. Исследования свойств детекторов показали их соответствие современному мировому уровню. Пространственное разрешение составляет 3 мкм. Изготовление образцов осуществлялось в сотрудничестве с советской промышленностью, освоившей передовую технологию создания самых современных координатных детекторов для физики высоких энергий.

2. По проекту "Парус — Нептун" выбран вариант струйной мишени непрерывного действия, разработана необходимая документация, изготовлена и испытана на пучках синхрофазотрона партия полупроводниковых детекторов, смонтирован спектрометрический тракт.

В результате изучения особенностей процесса накопления атомарного водорода и внесения ряда изменений в конструкцию элементов струйной мишени плотность стабилизированного атомарного поляризованного водорода повышена на два порядка и достигла  $\sim 10^{16}$  ат./см<sup>3</sup>. Это позволяет удовлетворить требованиям, предъявляемым к параметрам мишени в установке "Парус — Нептун". Проведены также работы по созданию "теплой" (температура — 40 К) струйной поляризованной мишени.

3. Собран и испытан на пучке  $\pi$ -мезонов с импульсом 37,5 ГэВ/с серпуховского ускорителя адронный калориметр комплекса "Меченые нейтрино"<sup>/36/</sup>. В измерениях использовалась матричная сборка из 16 модулей, каждый из которых представляет собой сборку сцинтиллятор — железо размером 15 x 15 x 142 см<sup>3</sup>. Исследованы зависимости энергетического и пространственного разрешения от точки попадания частицы в калориметр. Проведены испытания черенковского счетчика. Подготовлены программы моделирования распадов К-мезонов для детекторов станции мечения и нейтринного детектора.

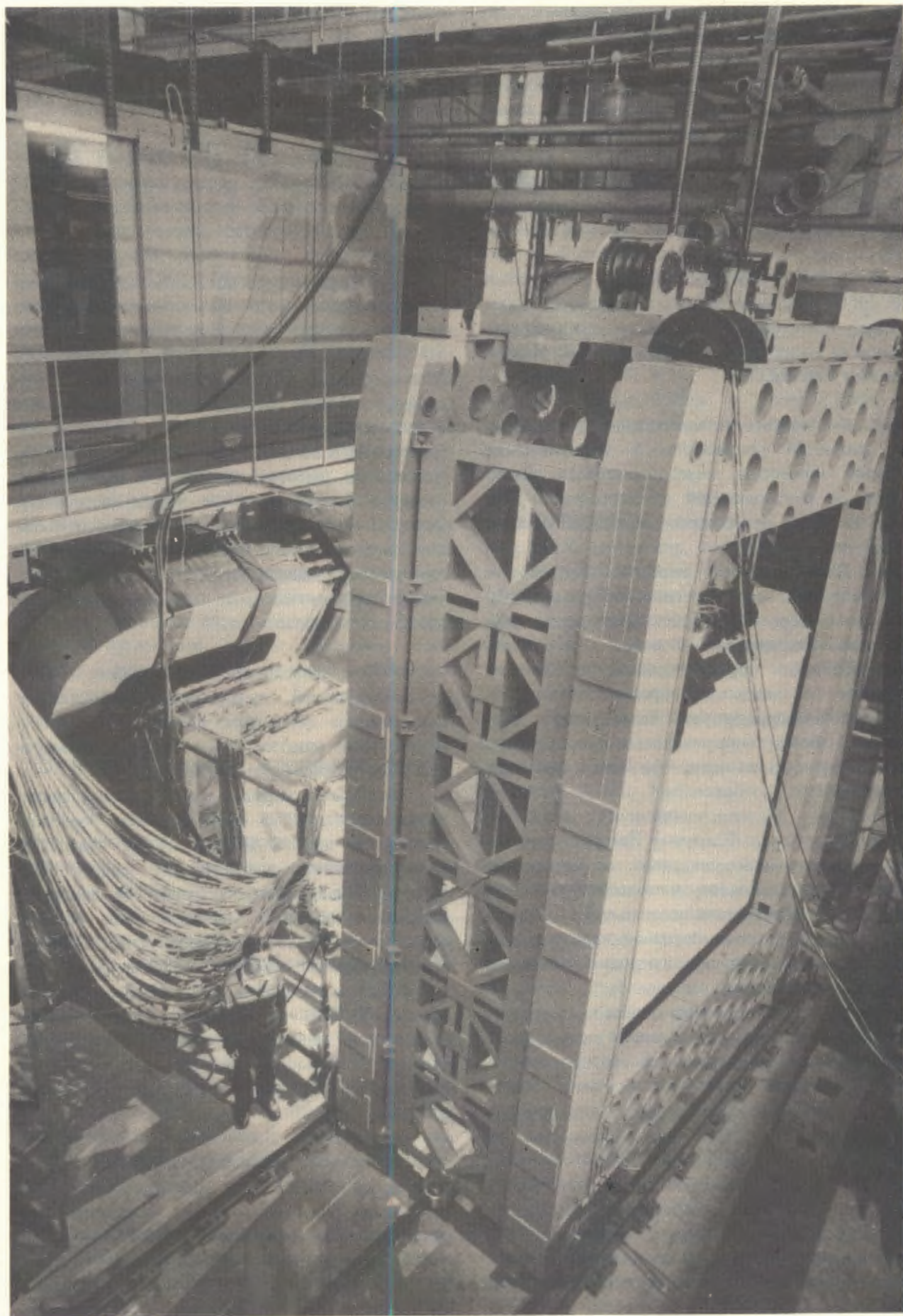
4. Получены первые фотографии с быстросцинтилирующей пузырьковой камеры — вершинного детектора спектрометра СВД. Проведены монтаж, включение и измерения топографии поля магнита МС-7А.

Предложен вариант триггера для выделения событий с очарованными частицами<sup>/37/</sup>. В основе метода лежит известное кинематическое соотношение между массой распадающейся частицы и конусом разлета продуктов распада (чем больше масса, тем больше средний угол вылета). Моделирование событий с очарованными частицами и реальных событий при энергии пучка 70 ГэВ, зарегистрированных в пузырьковой камере "Мирабель", показало, что относительная доля событий с чармом возрастает за счет триггера примерно в 20 раз.

5. Отлажен устойчивый режим работы установки СЛОН при формировании импульсного магнитного поля с напряженностью  $\sim 30$  Тл в объеме 3,0 x 2,5 x 7 см<sup>3</sup><sup>/38/</sup>.

Проведено три методических сеанса по облучению фотоэмюльсий в сильном магнитном поле установки СЛОН пучка-







Запуск экспериментальной установки ОИЯИ "Спектрометр с вершинным детектором" (СВД) на пучке протонов U-70 в ИФВЭ (Протвино)





ми протонов, ядер углерода и кислорода с импульсом до 4,5 ГэВ/с на нуклон. Размеры облученных стопок фотоэмульсии: 2,5 x 1,5 x 7 см.

Разработан, изготовлен и отлажен набор блоков для стабилизации зарядного напряжения накопителя энергии на уровне лучше 1%<sup>/39/</sup>.

6. В течение 1989 года в ЛВЭ смонтирована первая очередь переднего детектора установки "Сфера", включающая в себя 12 плоскостей сцинтилляционных годоскопов размерами 1 x 1 м с общим числом сцинтилляционных каналов 320, прослоенных мюонными железными поглотителями; комплекс электронной аппаратуры приема, обработки и представления данных в стандарте VME, FASTBUS и КАМАК, расположенный в экспериментальных домиках в корпусе № 250.

Этот комплекс аппаратуры предполагается использовать для получения оценок выхода кумулятивных мюонных пар, рожденных в тяжелой мишени релятивистскими дейтронами.

## ЭЛЕКТРОНИКА, СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Разрабатывались аппаратура и системы в стандартах VME, FASTBUS. Реализован вариант системы сбора данных с использованием крейта VME в качестве управляющего, ЭВМ "Электроника-60", обеспечивающей сбор данных с ветви КАМАК по каналу прямого доступа, и ПЭВМ, работающей в качестве пульта управления и графической станции для установки "Сфера".

Разработаны принципиальные схемы ряда модулей VME: интерфейса магистрали VME с шиной ЭВМ ИЗОТ-1055С, контроллера и драйвера вертикальной шины VME.

Совершенствовались методика проектирования с использованием компьютерных средств и технология изготовления модулей FASTBUS. Создан стенд для наладки модулей FASTBUS с управлением от ПЭВМ "Правец-16". Разработаны и налажены интерфейс IBM PC — FASTBUS, универсальный

В январе 1990 года планируется проведение калибровочного сеанса на протонном пучке, в котором будет набрана информация по определению выхода мюонов.

7. Разработана система телевизионного контроля с элементами электронного просмотра событий на установке ГИБС, проведены исследования по усовершенствованию триггерной системы установки.

8. Создана экспериментальная зона в корпусе 1Б для установки "Памир". Проведен сеанс по изучению выхода аномальных фрагментов.

9. Получены двумерные распределения средних ионизационных потерь в электромагнитных ливнях, вызываемых  $\gamma$ -квантами с энергией  $E_\gamma = 175, 1125, 2125, 3125$  и  $3375$  МэВ в жидком ксеноне<sup>/40/</sup>. При этом использованы экспериментальные данные с 180 м ксеноновой пузырьковой камеры.

интерфейс FASTBUS, модуль индикации состояния шины, а также необходимое программное обеспечение. На установке "Сфера" проведены стендовые испытания системы FASTBUS с применением разработанных модулей, в частности быстрого АЦП и быстрого ВЦП при управлении от ПЭВМ "Правец-16". Изготовлен крейт FASTBUS с вентиляционной панелью и начата разработка многослойной магистрали этого крейта.

Рассмотрены структурные схемы организации многопроцессорных систем и их применение в системах сбора, обработки и анализа данных в физике элементарных частиц<sup>/41/</sup>. Подготовлено предложение по триггеру высокого уровня универсального калориметрического детектора УНК на основе многопроцессорной системы параллельной обработки информации в стандартах FASTBUS и VME.





Измерительно-вычислительный центр ЛВЭ

2. Создан простой язык для записи, приема, накопления и представления данных с КАМАК-модулей 8-битовой микропроцессорной системы ЦЛАНП-270. Язык удовлетворяет минимальным требованиям для работы в реальном времени, имеет удобный интерфейс с потребителем: меню-редактор и отладчик; предусмотрена также возможность вызова потребительских подпрограмм на Ассемблере и Фортране<sup>/42/</sup>. Это решает задачу существенного сокращения времени, затрачиваемого на трансляцию и компоновку программ в системе автоматизации спектрометра "Альфа-3С".

3. Измерительно-вычислительный комплекс ЛВЭ обеспечил 5500 часов работы для пользователей, в том числе 1200 часов в режиме реального времени с установка-

ми. Значительным итогом года явилось введение в эксплуатацию новой ЭВМ ИЗОТ-1080. С этой целью выполнен большой объем работ по оснащению ее современными пакетами программ для обработки информации и моделирования физических процессов, а том числе CERN PROGRAM LIBRARY, команды VAX CERN, пакеты HBOOK, ZEBRA, GEANT, HIGS и др., графическая система GKS. На основе поставленного пакета программ PAW введена в эксплуатацию графическая рабочая станция физика-аналитика. Ряд программ поставлен и обновлен на ЭВМ EC-10055C. Создан и введен в работу пакет программ представления на графопостроителе DGF-1208 печатных плат, спроектированных на ПЭВМ с помощью системы SMART.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСКОРИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ. РАБОТА СИНХРОФАЗОТРОНА. СОЗДАНИЕ НУКЛОТРОНА

1. Одними из важных в области совершенствования ускорительного комплекса ЛВЭ, являются работы по развитию и оснащению второго направления медленного вывода пучка (МВ-2) и созданию каналов в корпусе 1Б. В 1988 г. на синхрофазотроне был завершен монтаж устройств, обеспечивающих фокусировку выведенного пучка на втором направлении<sup>/43/</sup>. В 1989 г. проведено исследование режимов вывода в диапазоне энергий  $0,5 \div 2,5$  ГэВ/нуклон. Характер распределения магнитного поля на участке фокусировки обеспечивает оптимальные условия выведенного пучка до значения индукции главного магнитного поля  $B = 0,55$  Тл. При больших значениях происходит увеличение размеров пучка на выходе ускорителя, однако его транспортировка осуществляется без потерь до значения индукции  $B_0 = 0,8$  Тл. Эффективность МВ-2 выросла в 300 раз. Создана автоматизированная система контроля параметров МВ-2 и быстрого вывода<sup>/44/</sup>.

Закончены монтаж и юстировка элементов магнитной оптики системы каналов на МВ-2 — проведена отладка каналов №№ 34, 37, 38, 40, 41 с пучками частиц. Ведется облучение экспериментальных установок. Осуществляется монтаж автоматизированной системы контроля радиационной безопасности. Разработаны проекты и закончен монтаж ловушек на каналах № 38 и № 40, обеспечивающих поглощение пучков частиц с интенсивностью до  $10^9$  частиц/с.

Разработан, создан, исследован в стендовых условиях и на канале МВ-2 экспериментальный вариант аппаратуры нового поколения для измерений пространственных характеристик выведенного пучка при низких уровнях интенсивности ( $10^0 \div 10^6$  частиц/с<sup>/45/</sup>). В качестве детектора используется многопроволочная (30 x 30 нитей) пропорциональная камера в цифровом режиме. Рядом с камерой размещены усилители и формирователи сигналов, обеспечивающие передачу данных на расстояние 100 м. Регистрация данных производится с помощью модуля шестидесяти 16-разрядных счетчиков (ширина модуля — 1М). Управление работой счетчиков и обработка информа-

ции осуществляются микроЭВМ МП-4 в конструктиве КАМАК, совместимой с ЭВМ типа "Электроника-60". МП-4 в качестве периферийной ЭВМ входит в состав локальной вычислительной сети ускорительного комплекса. Информация отображается на экранах телевизионных мониторов в месте регистрации данных и на центральном пульте управления ускорителем.

Для абсолютных измерений интенсивности пучков, выводимых из синхрофазотрона, разработана и введена в действие система, использующая в качестве детектора ионизационные камеры, наполненные аргоном<sup>/46/</sup>. Аппаратура позволяет проводить абсолютные измерения в диапазоне  $10^5 \div 10^{12}$  однозарядных частиц в цикле.

Продолжались работы по оснащению каналов пучков аппаратурой измерителей профилей и интенсивности.

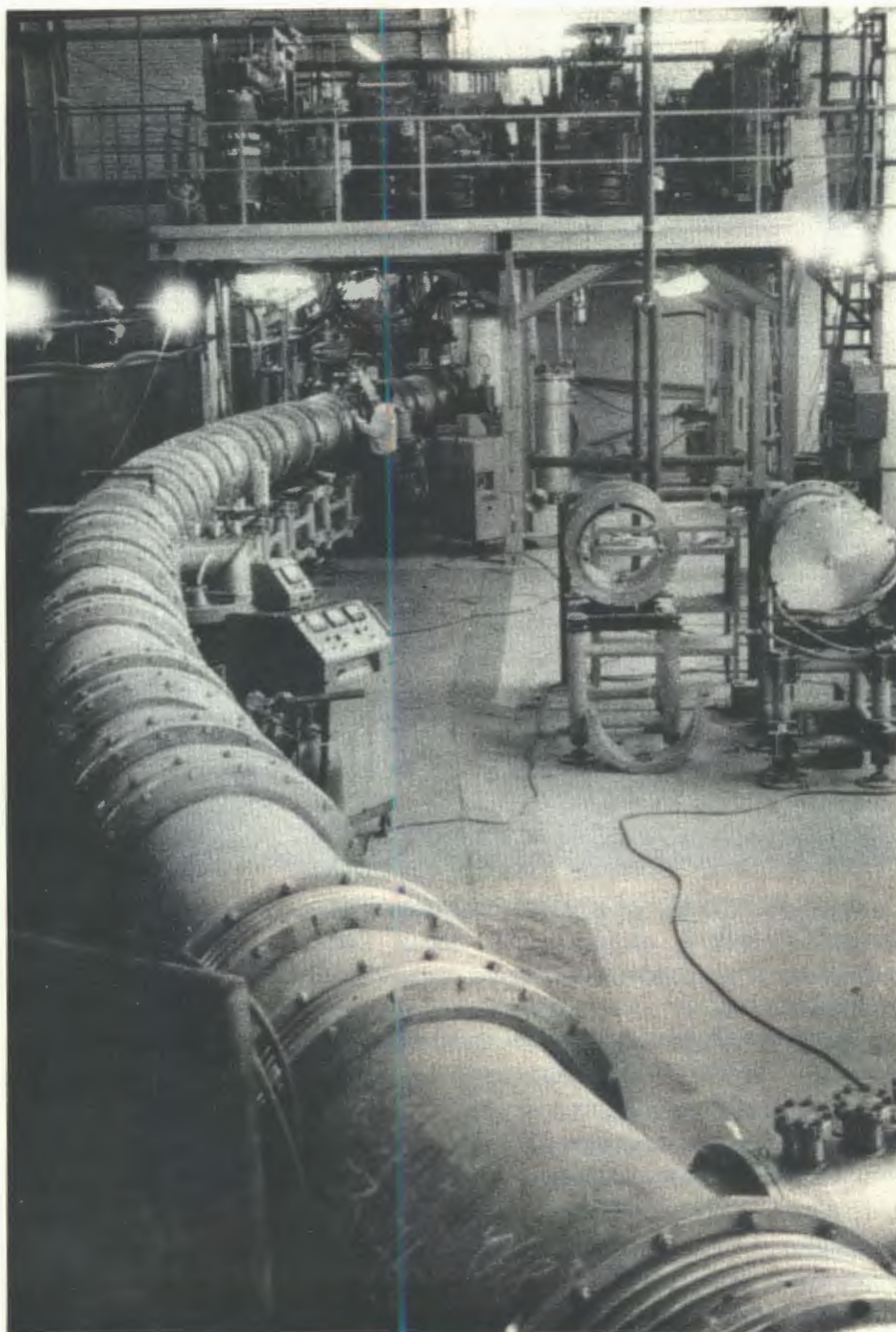
На пульте управления каналами в корпусе № 205 введена в эксплуатацию ЭВМ СМ-2420. Создана библиотека программ по обработке информации с ПИК, цифровых пропорциональных камер (ЦПК) и координатных устройств. Создан пульт управления каналами в корпусе 1Б на базе ЭВМ МЕРА-60.

Сравнительно новым направлением в диагностике пучков заряженных частиц на ускорителях является использование систем на базе ПЗС-структур. Опробование макетного варианта системы для контроля профиля выведенного пучка показало, что один из недостатков работы структур ПЗС (прибор с зарядовой связью) — наличие темновых токов, приводящих к недопустимо высокому уровню шума. С целью уменьшения темнового тока в ПЗС необходимо понижать рабочую температуру структуры. Выполненные экспериментальные исследования показали, что уменьшение температуры от 290 до 250 К снизило темновой ток в 100 раз при использовании ПЗС-матрицы типа МАВ-1256 производства фирмы "Тесла" (ЧССР)<sup>/47/</sup>.

В 1989 году синхрофазотрон отработал на физический эксперимент 3475 часов,



Октант (1/8 часть) магнитной системы нукло-трона на испытательном стенде

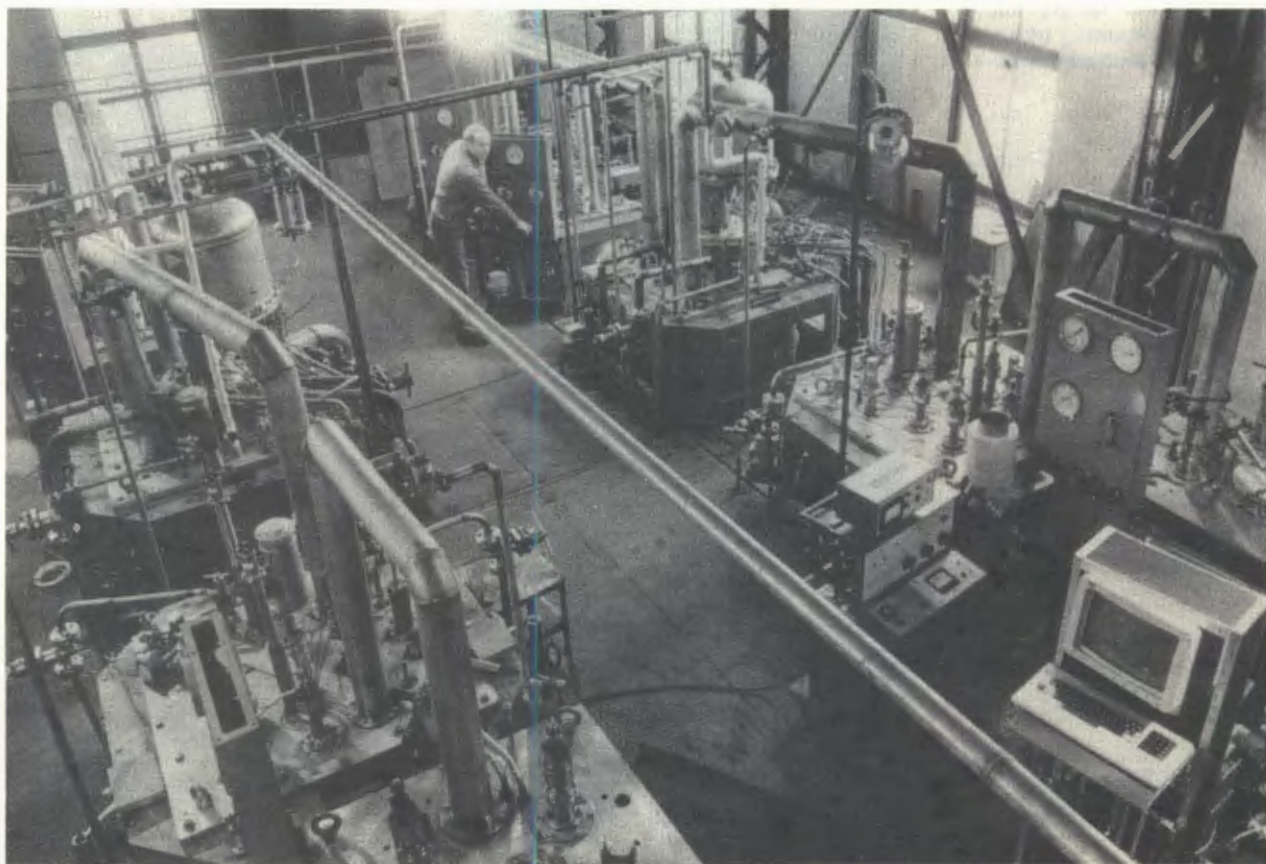


на совершенствование систем ускорителя затрачено 332 часа. Потребителями пучков были 20 групп физиков из ОИЯИ, стран-участниц Института и других стран, представляющих более сотни научных организаций в области физики элементарных частиц и атомного ядра.

2. Работы по созданию систем нукло-трона вступили в завершающую фазу. Наиболее ярким результатом 1989 г. явилось проведение испытаний октанта магнитной системы нуклотрона. На стенде

№ 9 была смонтирована одна восьмая часть полного кольца, включающая 12 дипольных магнитов, 4 квадрупольные линзы и 2 узла ввода жидкого гелия и тока. Система длиной более 30 м была охлаждена до температуры 4,7 К и испытана в режиме запитки магнитных элементов рабочим током ( $I \approx 6$  кА). Испытания прошли успешно, программа недельного сеанса выполнена полностью. На фотографии виден октант магнитной системы нуклотрона во время испытаний на стенде № 9 в корпусе № 205 ЛВЭ.





Криогенный комплекс, созданный для эксплуатации сверхпроводящих систем нуклотрона на основе установки КГУ-1600/4,5

Завершены комплексные стендовые испытания более 80% дипольных магнитов, подготовлены механические узлы квадрупольных линз и мультипольных корректоров. Оптимизирована форма обмотки квадрупольной линзы, выполнены исследования выбранного варианта, изготовлено более половины обмоток квадрупольных линз. Прошли штатные испытания 15 готовых линз. В процессе испытаний дипольных магнитов проведены дополнительные экспериментальные исследования процессов их охлаждения и отогрева<sup>/48/</sup>, получены данные по скорости распространения нормальной зоны в обмотке СП-магнита, необходимые для проверки достаточности схемы эвакуации энергии из магнитной системы нуклотрона<sup>/49/</sup>.

Созданы магнитометрическая аппаратура и комплект калибровочных устройств к ней для исследования стационарных или медленноменяющихся магнитных полей в диапазоне  $0,50 \div 10$  А/см с относительной погрешностью не более 1,5%<sup>/50/</sup> и проведены

исследования топографии остаточного магнитного поля в диполях нуклотрона в двух режимах: без тока размагничивания и при различных его значениях.

Осуществлены аналитические исследования бетатронного движения частиц в нуклотроне во втором приближении методом Крылова — Боголюбова. Разработана программа и проведено численное моделирование динамики пучка в реальных магнитных полях ускорителя<sup>/51/</sup>.

Совместно с ЛВТА выполнены численные расчеты магнитных полей инфлекторного септум-магнита, мультипольного корректора и септум-магнита Ламберсона.

Большой объем работ выполнен по системе криогенного обеспечения. Смонтированы и налажены турбодетандерные агрегаты двух крупных ожижителей гелия — установок КГУ-1600/4,5, внешние гелиевые коммуникации, соединяющие криогенную станцию и здание компрессорной. Осуществлены пробные пуски системы.



Испытан в полном динамическом режиме модуляции частоты комплекс оборудования ускоряющей станции.

Выполнен прогон длительностью 2000 ч усовершенствованных преобразователей тока для системы питания магнитов нуклотрона.

Разработаны и частично изготовлены элементы системы вывода пучка из нуклотрона: узел электростатического септума, секции магнитов Ламбертсона, секступольная линза.

Создана локальная вычислительная сеть (ЛВС), состоящая из одиннадцати компьютеров. ЛВС включает в себя центральную вычислительную машину СМ-2420 и ЭВМ типа МЕРА-685 и МЕРА-60. На ее базе развивается измерительно-вычислительный комплекс синхрофазотрона и создается АСУ нуклотрона. В рамках сети созданы и запущены пусковые минимумы подсистем инжектора и вывода пучка АСУ нуклотрона. В сеансах работы экспериментального стенда № 9 эксплуатируется опытный вариант аппаратуры для управления циклом магнитного поля структурных элементов нуклотрона. Разработана и находится в стадии изготовления подсистема управления мультипольными корректорами магнитного поля.

Выполнен ряд проработок и стендовых исследований элементов криогенного электростатического ионизатора КРИОН. Завершено создание стенда для отработки и испытаний системы электростатического ввода пучка в нуклотрон.

3. Рассмотрены пути дальнейшего развития ускорительного комплекса лаборатории<sup>11</sup>. При этом ближайшей задачей является развитие инжекционного комплекса нуклотрона с целью существенного повышения интенсивностей и обеспечения возможностей эффективного ускорения как имеющихся пучков, так и пучков более тяжелых ядер вплоть до урана.

В рамках подготовки технического задания на проектирование супернуклотрона проанализированы основные требования и ограничения на параметры систем установки и сооружений. Показано<sup>152</sup>, что в одном тоннеле с супернуклотроном хорошо совмещается линейный ускоритель-рециркулятор, способный обеспечить непрерывный пучок электронов с энергией более 4 ГэВ и током  $150 \div 200$  мкА. Ускорительный комплекс, располагающий пучками ядер вплоть до урана с энергией от 6 до 60 ГэВ на нуклон и пучками электронов с указанными выше параметрами с возможностью проведения экспериментов как с фиксированными мишенями, так и на встречных ядро-ядерных и электрон-ядерных пучках, аналогов в мире не имеет.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.  
РАБОТЫ ПО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

1. Разработан и исследован на пучке нейтронов реактора ИБР-2 макет детектора тепловых нейтронов ( $\lambda = 6 \text{ \AA}$ ). Детектор выполнен на основе многопроволочной пропорциональной камеры, содержащей смесь  $^3\text{H} + \text{C}_3\text{H}_8$  под давлением  $\sim 4$  атм. Чувствительная площадь детектора —  $256 \times 128 \text{ мм}^2$ , пространственное разрешение  $\sim 2 \text{ мм}$  (FWHM), эффективность регистрации  $\sim 80\%$ .

2. Разработки автоматизированных позиционно-чувствительных детекторов ионизирующих излучений — традиционное для ЛВЭ направление. Краткий обзор основных

новых систем дан в работе<sup>153</sup>. В частности, новой является конструкция детектора на основе ПЗС-матрицы. Такой детектор может быть применен для структурных исследований белков с помощью синхротронного излучения<sup>154</sup>.

3. Создан макет детектора для регистрации синхротронного излучения, предназначенного для исследований больших молекул белков и вирусов с помощью синхротронного излучения.

4. Измерены зависимости  $I_c(t)$ ,  $R(T)$  и  $T_c$  образцов керамики  $\text{Bi} - \text{Sr} - \text{Ca} - \text{Cu} - \text{O}$



Новый детектор мягкого рентгеновского излучения, разработанный в ЛВЭ, предназначен для исследования белков и вирусов

до и после облучения в воздухе при 300 К протонами с энергией 650 МэВ<sup>155</sup>. Других опубликованных данных о радиационной стойкости В-керамик пока нет. Один из образцов показал радиационную стойкость лучшую, чем свойственная иттриевой керамике.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Предложения по программе Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований в 1991 – 95 гг. Сборник аннотаций проектов. ОИЯИ, P1,2-89-631, Дубна, 1989.
2. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, Д1-89-398, Дубна, 1989.
3. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, Д1-89-642, Дубна, 1989.
4. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, Д1-89-345, Дубна, 1989.
5. Емельяненко В.Н. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 6(39)-89, Дубна, 1989, с.5.
6. Glagolev V.V. et al. – JINR, E1-89-246, Dubna, 1989.
7. Shahbazian B.A. et al. – In: JINR Rapid Commun., No. 5(38)-89, Dubna, 1989, p.5.
8. Батюня Б.В. и др. – ОИЯИ, P1-89-556, Дубна, 1989.
9. Батюня Б.В. и др. – ОИЯИ, P1-89-519, Дубна, 1989.
10. Ангелов Н. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 5(38)-89, Дубна, 1989, с.11.
11. Кечечян А.О., Шахбазян Б.А. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 2(35)-89, Дубна, 1989, с.5.
12. Гришин В.Г. и др. – ОИЯИ, P1-89-639, Дубна, 1989.
13. Ледницки Р., Подгорецкий М.И. – ОИЯИ, P2-89-737, Дубна, 1989.
14. Плюта Я. – ОИЯИ, P1-89-247, Дубна, 1989.
15. Аверичев Г.С. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 4(37)-89, Дубна, 1989, с.5.
16. Абрамян Х.У. и др. – ОИЯИ, P1-89-240, Дубна, 1989.
17. Агакишиев Г.Н. и др. – ОИЯИ, P1-89-793, Дубна, 1989.
18. Агакишиев Г.Н. и др. – ОИЯИ, P1-89-483, Дубна, 1989.
19. Андреева Н.П. и др. – ОИЯИ, P1-89-213, Дубна, 1989.
20. Амеева Б.У. и др. – ОИЯИ, P1-89-560, Дубна, 1989.
21. Аникина М.Х. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 1(34)-89, Дубна, 1989, с.12.
22. Глаголев В.В. и др. – ОИЯИ, P1-89-584, Дубна, 1989.
23. Вирясов Н.М. и др. – ОИЯИ, P1-89-511, Дубна, 1989.
24. Brandt R. et al. – JINR, E1-89-803, Dubna, 1989.
25. Kozma P. et al. – JINR, E1-89-252, Dubna, 1989.
26. Kozma P. et al. – JINR, E1-89-482, Dubna, 1989.
27. Kozma P. et al. – JINR, E1-89-145, Dubna, 1989.
28. Дамдинсурен и др. – ОИЯИ, P1-89-757, Дубна, 1989.
29. Стрельцов В.Н. – ОИЯИ, P2-89-695, Дубна, 1989.
30. Стрельцов В.Н. – ОИЯИ, P2-89-689, Дубна, 1989.
31. Беляков В.А., Стрельцов В.Н. – ОИЯИ, 1989.
32. Ableev V.G. et al. – In: Proc. Int. Conf. on Perspectives in Nuclear Physics at Intermediate Energies. World Scientific, Singapore, 1989, p.189.



33. Беляев И.М. и др. — ОИЯИ, P1-89-463, Дубна, 1989.
34. Benvenuti A.C. et al. — JINR, E1-89-541, Dubna, 1989.
35. Aarnio P. et al. — CERN-EP 89-134, Geneve, 1989.
36. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ, P1-89-434, Дубна, 1989.
37. Богуславский И.В., Тахтамышев Г.Г. — ОИЯИ, P1-89-219, Дубна, 1989.
38. Аверичев С.А. и др. — ОИЯИ, P1-89-649, Дубна, 1989.
39. Буриев Н.Т. и др. — ОИЯИ, P13-89-209, P13-89-458, P13-89-459, Дубна, 1989.
40. Slovinski B. — JINR, E1-89-658, E1-89-676, Dubna, 1989.
41. Колпаков И.Ф. — ОИЯИ, P11-89-691, Дубна, 1989.
42. Нагайцев А.П. и др. — ОИЯИ, P10-89-595, Дубна, 1989.
43. Иссинский И.Б. и др. — ОИЯИ, 9-89-158, Дубна, 1989.
44. Баландиков А.Н. и др. — ОИЯИ, P10-89-196, Дубна, 1989.
45. Баландиков А.Н. и др. — ОИЯИ, P10-89-365, Дубна, 1989.
46. Баландиков А.Н. и др. — ОИЯИ, P10-89-197, Дубна, 1989.
47. Цамбел В., Дацков В.И. — ОИЯИ, 8-89-657, Дубна, 1989.
48. Владимиров Н.М. и др. — ОИЯИ, 8-89-210, Дубна, 1989.
49. Дьячков Е.И. и др. — ОИЯИ, 9-89-467, Дубна, 1989.
50. Воеводин М.А. и др. — ОИЯИ, P9-89-846, Дубна, 1989.
51. Михайлов В.А., Щепунов В.А. — ОИЯИ, 9-89-487, Дубна, 1989.
52. Коваленко А.Д. — ОИЯИ, P9-89-26, Дубна, 1989.
53. Заневский Ю.В. и др. — 18-89-552, Дубна, 1989.
54. Васильев С.Е. и др. — ОИЯИ, P13-89-501, Дубна, 1989.
55. Дробин В.М. и др. — ОИЯИ, P14-89-111, Дубна, 1989.



## ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

В 1989 году коллектив Лаборатории ядерных проблем выполнил обширный объем научно-исследовательских и методических работ в области физики элементарных частиц на ускорителях ИФВЭ и других физических центров, физики низких и промежуточных энергий на фазотроне ОИЯИ, а также в области применения пучков заряженных частиц в биологических исследованиях и для лучевой терапии на медико-биологическом комплексе ЛЯП ОИЯИ.

На пучках ускорителя У-70 (ИФВЭ) проводились исследования по физике высоких энергий и получены новые результаты в экспериментах на установках "Гиперон", МИС-2, СИГМА — АЯКС, "Димезоматы", ПРОЗА — ПОЛЯРИМЕТР и "Нейтринный детектор".

Систематизированные ядерно-спектроскопические исследования свойств короткоживущих радиоактивных нуклидов начаты на экспериментальном комплексе ЯСНАПП. На пучках фазотрона продолжалось изучение

механизма пион-ядерных взаимодействий, реакций мюонного катализа, исследование с помощью  $\mu$ SR-метода образцов высокотемпературных сверхпроводников и др.

Заметным событием в жизни лаборатории стали в 1989 г. запуск установки ДЕЛФИ — результат многолетних усилий большого коллектива сотрудников Института, участвовавших в создании адронного калориметра для нее, начало экспериментов на встречных пучках ускорителя LEP в ЦЕРНе и получение первых фундаментальных результатов, существенно уточнивших параметры пика  $Z^0$ -бозона и давших ограничение на число поколений нейтрино.

Успешно выполнена задача по изготовлению в ОИЯИ элементов  $\gamma$ -детектора установки ОБЕЛИКС для совместного ОИЯИ — ИНФН эксперимента PS-201 по изучению взаимодействий медленных антипротонов. В настоящее время все элементы  $\gamma$ -детектора отправлены в ЦЕРН, и идет монтаж экспериментальной установки.

### НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 1989 Г.

#### ПРОВЕРКА ПРЕДСКАЗАНИЙ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОСЛАБОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КХД. ФИЗИКА ЛЕГКИХ КВАРКОВ

На электронно-позитронном коллайдере LEP в ЦЕРНе введена в эксплуатацию установка ДЕЛФИ, в состав которой входит адронный калориметр, созданный сотрудниками ОИЯИ, ИФВЭ и других институтов.

На установке проведен сеанс набора статистики событий с  $Z$ -бозонами в нескольких точках по энергии коллайдера около

$Z^0$ -пика. В результате обработки накопленной статистики событий с адронами в конечном состоянии получены значения для массы и ширины  $Z$ -бозона:  $M_Z = (91,06 \pm \pm 0,09_{\text{стат.}} \pm 0,045_{\text{сист.}})$  ГэВ и  $\Gamma_Z = (2,42 \pm \pm 0,21_{\text{стат.}})$  ГэВ соответственно. Результаты измерений и аппроксимации представлены на рис. 1. Выполненные измерения позволили в рамках стандартной модели впервые определить число поколений легких нейтрино  $n_f = 2,4 \pm 0,4_{\text{стат.}} \pm 0,5_{\text{сист.}}$  (или  $n_f < 4$  на уровне достоверности больше 98%). Полученный результат имеет фундаментальное значение для современной физики<sup>11/</sup>.



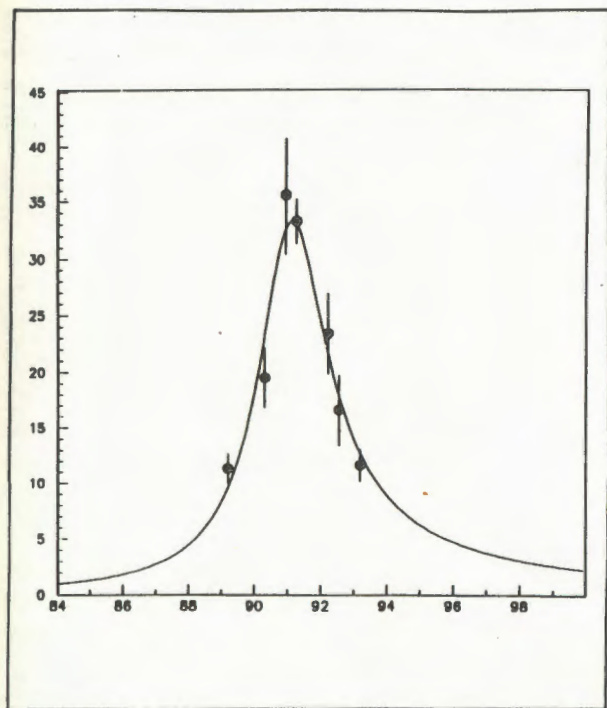


Рис.1. Результаты измерений и аппроксимации  $Z^0$ -пика, полученные в эксперименте ДЕЛФИ на  $e^+e^-$ -коллайдере LEP в ЦЕРНе

На канале релятивистских позитрониев ускорителя У-70 (ИФВЭ) в реакции  $p + C \rightarrow A_{2e} + \dots$  при энергии протонов 70 ГэВ под углом  $8,4^\circ$  в лабораторной системе измерено отношение ультрарелятивистских позитрониев ( $A_{2e}$ ) к числу  $\gamma$ -квантов в интервале импульсов  $800 \div 2000$  МэВ/с. Исходя из величины этого отношения определена относительная вероятность  $\rho_\pi = (1,84 \pm \pm 0,29) \cdot 10^{-9}$  самого редкого из наблюдавшихся распадов элементарных частиц:  $\pi^0 \rightarrow \gamma + A_{2e}$ . Значение относительной вероятности  $\rho_\pi$  определяется коэффициентом внутренней конверсии фотона в атом позитрония  $\rho_A$ , величина которого, впервые измеренная в этом эксперименте<sup>12</sup>, для всех радиационных процессов с энергией  $\gamma$ -квантов, много большей, чем масса  $A_{2e}$ , постоянна и равна  $\rho_A = (0,92 \pm 0,14) \cdot 10^{-9}$ .

При обработке данных, полученных на ускорителе У-70 (ИФВЭ) в совместном ОИЯИ — ЦЕРН эксперименте на установке МИС-1, проведен парциально-волновой анализ бозонных систем  $K^- \pi^- \pi^+$ , когерентно

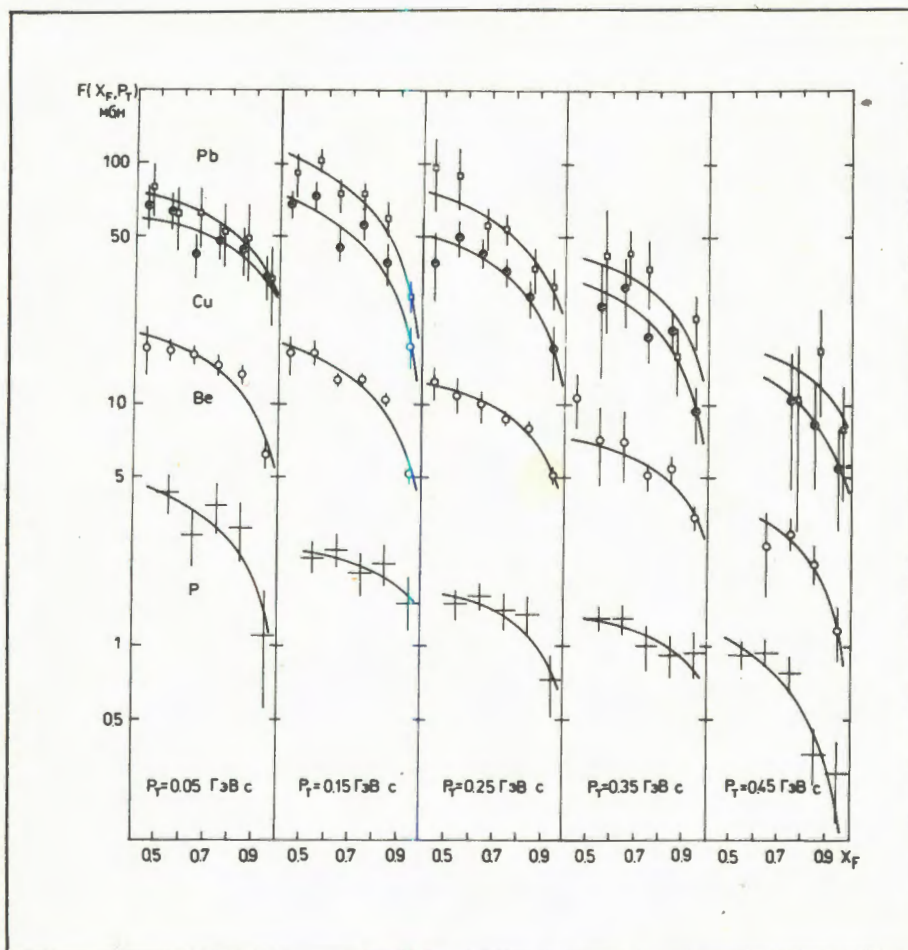


Рис. 2. Инвариантные дважды дифференциальные сечения  $F(x_F, P_T)$  процесса инклюзивного образования нейтральных каонов в  $K^+ A$ -взаимодействиях ( $A = \text{Be, Cu, Pb}$ ). Сплошные кривые — результат аппроксимации зависимостью  $(1 - x_F)^n$



образованных каонами при 40 ГэВ на ядрах. Получено указание на существование двух векторных резонансов с квантовыми числами  $J^P = 1^+$  при 1280 и 1400 МэВ/с<sup>2</sup>, а также псевдоскалярного резонанса  $J^P = 0^+$  с массой 1460 МэВ/с<sup>2</sup>, который интерпретируется как радиально возбужденное состояние каона<sup>13</sup>.

На установке СИГМА — АЯКС в ИФВЭ проведено исследование процесса радиационного рассеяния  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \gamma$  при начальной энергии 43 ГэВ в широкой области энергий  $\gamma$ -квантов  $\omega = 2 \div 40$  ГэВ и в диапазоне передач протону  $0,2 < |t_p| < 0,4$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>. При высоких энергиях данные об этой эксклюзивной реакции получены впервые. Измерение интегральных сечений

$$\sigma_1 = (12,0 \pm 1,1_{\text{стат.}} \pm 1,3_{\text{сист.}}) \text{ мкб}$$

для  $0,2 < |t_p| < 0,8$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> и  $\omega > 2$  ГэВ,

$$\sigma_2 = (0,31 \pm 0,07_{\text{стат.}} \pm 0,04_{\text{сист.}}) \text{ мкб}$$

для  $0,16 < |t_p| < 0,4$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> и  $32 < \omega < 40$  ГэВ

и дифференциальных по  $\omega$ ,  $t_p$  и инвариантной массе  $\pi\gamma$ -системы сечений позволило провести сравнение с расчетами, выполненными в рамках низкоэнергетической теоремы Лоу и ее обобщений. Показано, что теорема Лоу применима для описания процесса радиационного рассеяния при высоких начальных энергиях не только в предельном случае  $\omega \rightarrow 0$ , но и в более широкой области энергий  $\gamma$ -квантов<sup>14</sup>.

На установке "Гиперон" в ИФВЭ впервые исследовано инклюзивное образование  $K^0$ - и  $K^{*0}$  (892)-мезонов в  $K^+A$ -взаимодействиях ( $A = \text{Be, Cu, Pb}$ )<sup>15</sup>. На рис. 2 представлены инвариантные дважды дифференциальные сечения  $F(x_F, P_T)$  для процесса  $K^+A \rightarrow K^0 X$  при энергии 11 ГэВ и их аппроксимация зависимостью  $(1 - x_F)^n$ . Эти данные представляют существенный интерес для критической проверки различных теоретических схем взаимодействия адронов с ядрами. Экспериментальные данные для процесса  $K^+A \rightarrow K^0 X$  удовлетворительно воспроизводятся в рамках модели кварк-глюонных струн<sup>16</sup>.

Новые результаты получены при обработке данных эксперимента на установке РИСК, в котором с помощью 5-метровой

стримерной камеры с углеродными мишенями и конверторами из свинцового стекла изучалось рождение мюонных пар малой массы ( $M_{\mu\mu} < M_{J/\psi}$ ) с поперечными импульсами  $P_{\perp} < 1,5$  ГэВ/с в реакции  $\pi^- C \rightarrow \mu^+ \mu^- + X$  при 38 ГэВ/с. Прямое наблюдение распадов  $\eta \rightarrow \mu\mu$  и  $\eta' \rightarrow \mu\mu$  в спектре масс  $\mu\mu$ , а также распадов  $\rho \rightarrow \mu\mu$  и  $\eta \rightarrow \mu\mu$  в спектре масс  $\mu\mu$  позволяет заключить, что эти резонансы являются доминирующим источником  $(98 \pm 7 \pm 10)\%$  димюонов малой массы ( $0,2 < M_{\mu\mu} < 0,6$  МэВ/с<sup>2</sup>), рожденных в области  $X_F \geq 0,4$ <sup>17</sup>. Этот результат не согласуется с моделью мягкой кварк-антикварковой аннигиляции для рождения прямых димюонов, а также с данными предыдущих экспериментов, в которых только 30% рожденных димюонов связывалось с распадом резонансов, а 70% относилось к прямому образованию.

Исследование влияния времени формирования ультрарелятивистского атома позитрония  $A_{2e}$  на вероятность его генерации показало, что в реакции фоторождения  $A_{2e}$  эффективная толщина мишени, на которой генерируются атомы, зависит от энергии атома и при  $\gamma$ -факторах  $\sim 10^5$  превосходит длину поглощения стационарного атома в сотни раз<sup>18</sup>. Обнаруженный эффект позволяет получить с помощью реакции фоторождения интенсивные пучки  $A_{2e}$ .

Получены оценки параметров  $\nu_{\mu} + \nu_{\tau}$  осцилляций на основе выполненного анализа данных гибридного эксперимента Е-564:  $\Delta m^2 < 4,6 \text{ эВ}^2$ ,  $\sin^2 2e < 6,0 \cdot 10^{-2}$ . Возможность прямого наблюдения  $\tau$ -лептонов в эмульсионном вершинном детекторе позволила значительно повысить чувствительность к параметрам осцилляций. Рассмотрены также перспективы использования ядерной фотоэмульсии для  $\nu_{\mu} + \nu_{\tau}$  осцилляций<sup>19</sup>.

Результаты предварительной обработки данных beam-dump эксперимента по поиску "прямых" нейтрино от распада очарованных частиц, выполненного на ускорителе У-70 в ИФВЭ, показали, что полное сечение образования очарованных частиц при взаимодействии протонов с энергией 70 ГэВ с нуклонами ядра железа меньше 10 мкб/нуклон.

В ИФВЭ (Протвино) на У-70 идет набор статистики по изучению "прямых" нейтрино на экспериментальной установке "Нейтринный детектор"







# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЯДЕРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И ФИЗИКЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

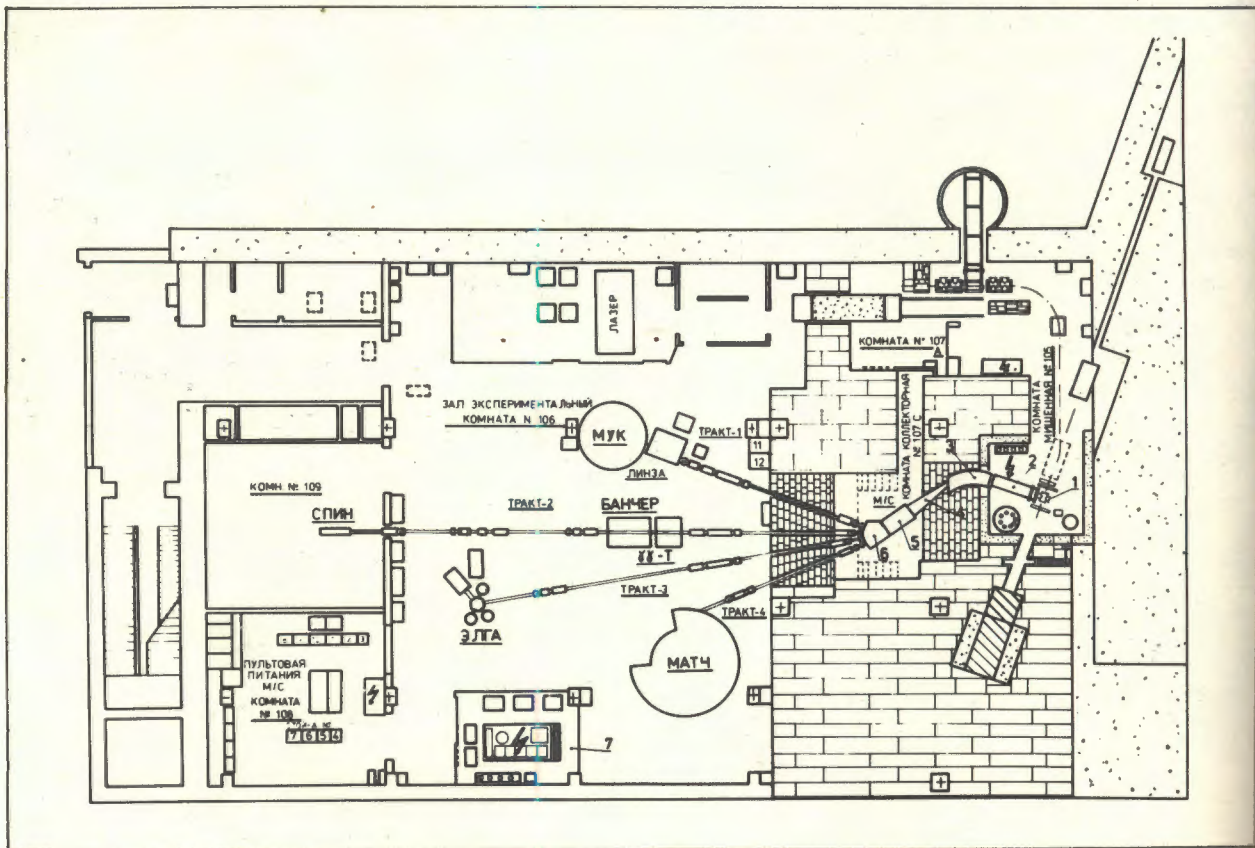
На экспериментальном комплексе ЯСНАПП-2 начаты систематические исследования радиоактивного распада короткоживущих нуклидов редкоземельной области. Короткоживущие нуклиды получают при облучении вольфрамовой трубчатой мишени на выведенном пучке протонов фазотрона ОИЯИ ( $E_p = 660$  МэВ,  $I_p$  до 2 мкА). Ядра-продукты реакции глубокого расщепления диффундируют из мишени в полость трубы и вытягиваются электрическим полем в электромагнитный масс-сепаратор. Сепарированные по массам ионы осаждаются на ленту лентопротяжного устройства и затем транспортируются к спектрометрическим установкам.

Для измерения спектров радиоактивного излучения используются различные спектрометрические установки, размещенные на

четырех ионопроводах электромагнитного масс-сепаратора (см. рис.3). Установка ЭЛГА на базе полупроводниковых детекторов предназначена для исследования спектров электронов, позитронов,  $\gamma$ -квантов и  $\alpha$ -частиц, а также быстрых и задержанных  $\gamma\gamma$ - и  $e\gamma$ -совпадений. Спектрометр  $e\gamma$ -совпадений МЛС на основе светосильного магнитно-линзового спектрометра с треугольной формой магнитного поля используется для измерений времен жизни ядерных уровней в наносекундном диапазоне. Многодетекторная корреляционная установка МУК позволяет изучать функции пространственной корреляции каскадных  $\gamma$ -лучей и, кроме того, одиночные  $\gamma$ -спектры, спектры  $\gamma\gamma$ -совпадений.

Измеренный <sup>10</sup> с помощью установки ЭЛГА  $\alpha$ -спектр изобары  $A = 155$  и дочерних изотопов представлен на рис.4. В спектре наблюдаются линии с энергиями 5191 кэВ <sup>155</sup>Yb ( $T_{1/2} = 1,7$  с), 4462 кэВ <sup>155</sup>Tm, 4012 кэВ <sup>155</sup>Er, 4606 и 4517 кэВ изомеров

Рис.3. Схема размещения установок на экспериментальном комплексе ЯСНАПП-2: 1 — совмещенная система мишени и ионного источника масс-сепаратора, 2 ÷ 6 — узлы масс-сепаратора, 7 — система питания узлов масс-сепаратора, тракт 1 ÷ 4 — ионопроводы и расположенные на них экспериментальные установки МУК, СПИН, ЭЛГА, МАТЧ





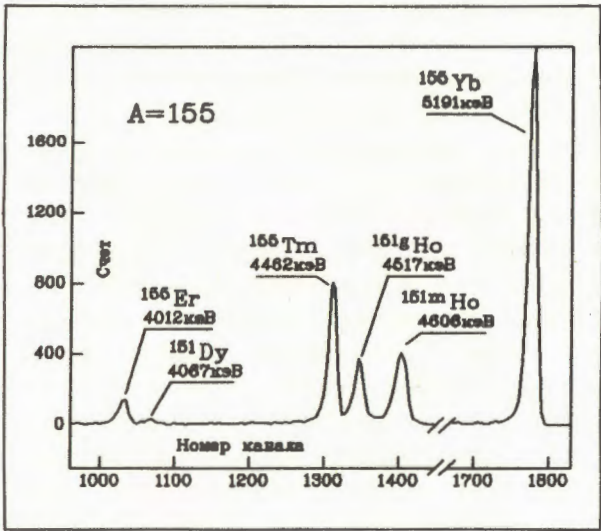


Рис. 4.  $\alpha$ -спектр изобары  $A = 155$  и дочерних изотопов, полученный в эксперименте на комплексе ЯСНАПП-2

$^{151}\text{Ho}$  и 4067 кэВ  $^{151}\text{Dy}$ . Показано, что оба изомера  $^{151}\text{Ho}$  возникают лишь в результате  $\alpha$ -распада изомеров  $^{155}\text{Tm}$  с периодами полураспада  $(23 \pm 3)$  с и  $(47 \pm 6)$  с. Определена доля  $\alpha$ -распада одного ( $11/2^-$ ) из изомеров  $^{155}\text{Tm}$  и уточнены доли  $\alpha$ -ветвей изомеров  $^{151}\text{Ho}$ . Предложенные схемы  $\alpha$ -распада изомеров  $^{155}\text{Tm}$  приведены на рис.5.

Продолжалось исследование на фазотроне ОИЯИ энергетической зависимости сечения рождения  $\pi^+$ -мезонов в соударениях протонов с ядрами (рис.6). Получены первые данные по угловой зависимости обнаруженной ранее аномалии в сечении рождения пионов на ядре меди при энергии протонов 350 МэВ<sup>[11]</sup>. Измерения были про-

Рис. 5. Схема распада изомеров  $^{155}\text{Tm}$

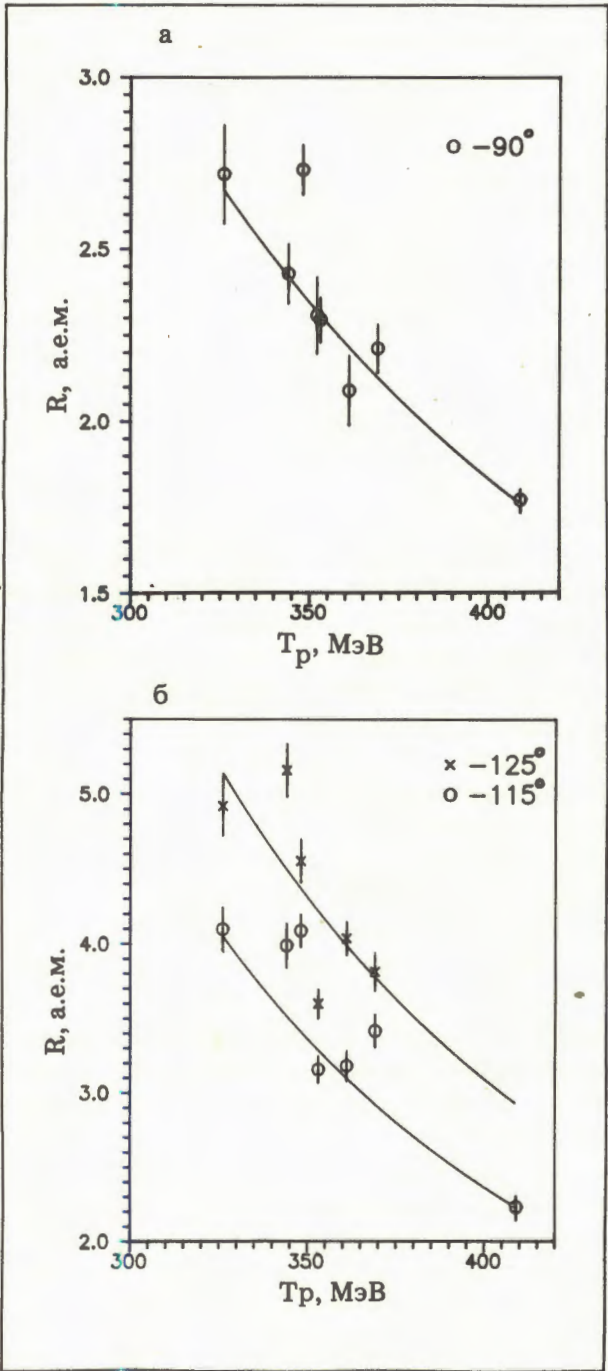
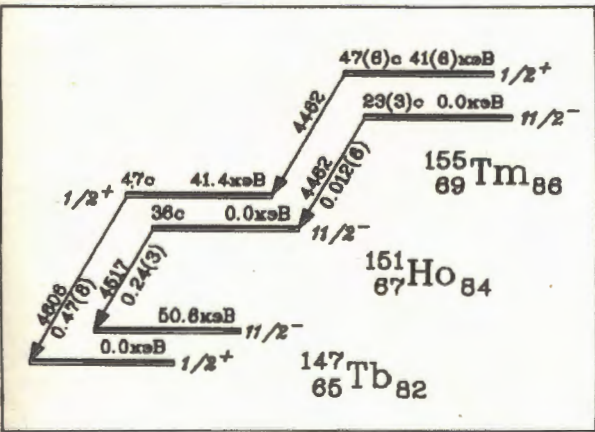


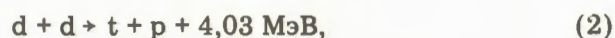
Рис. 6. Зависимость отношения выходов низкоэнергетических ( $20 \div 60$  МэВ) и высокоэнергетических ( $60 \div 100$  МэВ) пионов от энергии падающих протонов при взаимодействии с ядрами меди: а — для угла  $90^\circ$  в лабораторной системе координат, б — для углов  $115^\circ$  и  $125^\circ$ . Сплошная линия — результат аппроксимации экспериментальных значений степенной функцией (точки с  $T_p \sim 448$  МэВ из фита исключены)

ведены под тремя углами:  $90^\circ$ ,  $115^\circ$  и  $125^\circ$ . В качестве одного из возможных механизмов обнаруженного явления рассматривается образование резонанса со спином и чет-



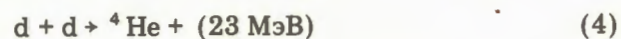
ностью  $2^+$  и шириной 7 МэВ и его распад с испусканием двух пионов<sup>/12/</sup>. Резонанс может быть обусловлен возбуждением  $\Delta\Delta$ -состояния в ядре.

Выполнены эксперименты<sup>/13/</sup> по проверке гипотезы о существовании холодного ядерного синтеза, будто бы обнаруженного в некоторых зарубежных лабораториях<sup>/14/</sup>. С этой целью в различных условиях проводился электролиз тяжелой воды  $D_2O$  и смеси  $D_2O + H_2O$  (1:1) с Pd- и Ti-катадами, а также насыщение этих материалов газообразным дейтерием, при этом плотность тока электролиза варьировалась от 1 до 125 мА/см<sup>2</sup>, температура газообразного дейтерия — от 77 до 300 К, а его давление — от 1 до 600 атмосфер. Идентификация процессов ядерного синтеза осуществлялась путем регистрации нейтронов, мягких и жестких  $\gamma$ -квантов и характеристического рентгеновского излучения палладия, обусловленных реакциями



для чего использовались боросодержащие нейтронные счетчики СНМ-14, а также Si(Li)- и Ge(Li)-детекторы высокого разрешения.

Кроме того, с помощью электролизеров специально разработанной конструкции осуществлялись поиски нетривиального канала реакции



с испусканием высокоэнергетических  $\alpha$ -частиц, для регистрации которых использовались поверхностно-барьерные Si-детекторы, а также трековые детекторы CR-39.

Ниже представлены полученные в этих экспериментах на 90% уровне достоверности оценки скорости реакций (1–4) в расчете на один дейтрон, находящийся в Pd и Ti при их насыщении (см. табл.).

Из приведенных результатов следует, что если и существует "холодный синтез", то скорость его явно недостаточна для практического применения в энергетике.

По программе совместного ЦЕРН — ОИЯИ эксперимента PS-179 продолжены исследования аномально большого выхода  $\Lambda$ -гиперонов а  $\bar{p}A$ -аннигиляции. Измерены импульсные и быстротные спектры  $\Lambda$ -гиперонов и  $K_s^0$ -частиц, образованных в  $\bar{p}^4\text{He}$ -аннигиляции при 600 МэВ/с, и определены сечения их рождения  $\sigma(\Lambda) = (3,67 \pm 0,56)$  мб,  $\sigma(K_s^0) = (3,90 \pm 0,53)$  мб. Показано, что вид этих спектров удовлетворительно описывается в предположении об образовании  $\Lambda$ -гиперонов в процессе перерасеяния каонов<sup>/15/</sup>.

Измерено отношение сечений аннигиляции антипротонов на нейтронах и протонах, связанных в ядре гелия-3, которое оказалось равным  $0,47 \pm 0,037$ . Такая величина этого отношения свидетельствует о сильной изоспиновой зависимости амплитуды антинуклон-нуклонного взаимодействия в высших парциальных волнах.

На экспериментальном комплексе МЮСПИН продолжались исследования высокотемпературных сверхпроводников  $\mu\text{SR}$ -методом.

Завершена обработка результатов по исследованию сверхпроводников

Таблица

| Реакция | Условия эксперимента                  | Регистрируемые частицы | Скорость реакции ( $\text{с}^{-1}$ ) |
|---------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| (1,2)   | Электролиз $D_2O$ на Pd-катоде        | n, КХ                  | $< 6 \cdot 10^{-25}$                 |
| (3)     | Электролиз $H_2O + D_2O$ на Pd-катоде | (5,5 МэВ)              | $< 1,2 \cdot 10^{-25}$               |
| (1)     | Pd (77 К) + газообразный $D_2$        | n                      | $< 3 \cdot 10^{-25}$                 |
| (1)     | Электролиз $D_2O$ на Ti-катоде        | n                      | $< 4 \cdot 10^{-25}$                 |
| (1)     | Ti (77 К) + газообразный $D_2$        | n                      | $< 7 \cdot 10^{-28}$                 |
| (4)     | Электролиз $D_2O$ на Pd-катоде        | (23 МэВ)               | $< 4 \cdot 10^{-27}$                 |



$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ <sup>16/</sup> ( $X = 0; 0,01; 0,05; 0,07; 0,10; 0,15; 0,25$ ). Подтверждено существование антиферромагнитного упорядочения в образцах с малым содержанием Sr ( $X = 0$  и  $0,01$ ) при температурах ниже  $250$  и  $170$  К соответственно. В образце с  $X = 0,05$  наблюдалось замедление флуктуаций локальных магнитных полей ниже  $7$  К, но перехода образца в антиферромагнитное состояние не обнаружено вплоть до температуры  $4,2$  К. Данные для образца с  $X = 0,07$  позволяют сделать предположение о существовании спин-стекольного состояния при температурах ниже  $13$  К. Образцы с более высоким содержанием Sr ( $X = 0,10; 0,15$  и  $0,25$ ) при температурах ниже  $\sim 37$  К находятся в сверхпроводящем состоянии. Для них измерены температурные зависимости глубин проникновения магнитного поля в сверхпроводник, а на основании измерения среднего магнитного поля на мюоне и его распределения исследованы необратимые процессы в образце при увеличении и уменьшении внешнего поля<sup>17-19/</sup>.

Выполнены исследования высоко-температурного сверхпроводника  $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ <sup>17/</sup> с целью дальнейшего изучения влияния редкоземельных элементов (в данном случае Er) на сверхпроводимость керамик типа 1-2-3. Обнаружено, что в области температур ниже  $20$  К скорость релаксации спина мюона для керамики  $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  очень низка по сравнению со скоростью релаксации для ранее исследованного образца  $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Этот факт может быть объяснен предположением, что в соединениях типа 1-2-3 частота флуктуаций магнитных моментов эрбия существенно превышает частоту флуктуаций магнитных моментов гольмия.

Исследована также новая керамика  $\text{Bi-Sr-Ca-Cu-O}$ <sup>17,19/</sup>, образец которой состоял из двух фаз: основная фаза 2212

имела температуру сверхпроводящего перехода  $T_c = 80$  К, и небольшая примесь фазы 2223 имела  $T_c = 110$  К. Для таких многофазных образцов показана чувствительность  $\mu\text{SR}$ -метода при определении малого содержания одной из фаз.

В высокотемпературных сверхпроводниках  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,  $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,  $\text{CdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  и  $\text{BiCa}_1\text{Sr}_2\text{Cu}_2\text{O}_{8-\delta}$  измерена<sup>20/</sup> относительная вероятность захвата отрицательных мюонов кислородом, величина которой составляет для всех образцов более  $20\%$ .

Разработана, изготовлена и испытана на пучке фазотрона установка для проведения исследований с отрицательными мюонами в газах, в том числе и в водороде, при относительно низких давлениях по  $\mu\text{SR}$ -методике<sup>21/</sup>. Центральной частью установки является газовая мишень с высокоэффективной системой регистрации остановок мюонов в газовом объеме с помощью двух полупроводниковых детекторов. Система очистки рабочего газа в мишени обеспечивает его чистоту на уровне  $0,01$  ppm ( $10^{-8}$ ) для Ne и  $10$  ppm ( $10^{-5}$ ) для водорода. Измерение ионизационных потерь в полупроводниковых детекторах позволяет фиксировать место остановки мюона, а задание нижнего и верхнего порогов — отделить остановки мюонов в задней стенке мишени и во втором детекторе от остановок в газе. При оптимальном выборе всех порогов влияние остановок в стенках удалось свести к нескольким процентам.

На созданной установке с газовой мишенью при давлении  $10$  атм впервые измерена остаточная поляризация отрицательных мюонов в дейтерии<sup>22/</sup>. Экспериментально полученное значение начальной поляризации  $d\mu$ -атома в  $1S$ -состоянии составляет  $P_\mu = (7,2 \pm 2,1)\%$ , что согласуется с теоретическими расчетами.

## СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

На установке СИГМА — АЯКС проведены испытания и калибровка годоскопического адронного калориметра типа "сэндвич" железо — сцинтиллятор в пучке адро-

нов, имеющих энергии  $5 \div 40$  ГэВ. Его апертура —  $2,5 \times 1,6$  м<sup>2</sup>, вес —  $30$  тонн. Калориметр собран из автономных секций, содержащих четыре счетчика полного погло-



щения с размерами сечения 20x20 см. Энергетическое разрешение калориметра составляет  $\approx 10\%$ , а среднее пространственное разрешение  $\approx 2$  см при энергии адронов  $40 \text{ ГэВ}^{1/23}$ . Откалиброванный калориметр использовался при наборе статистики в новой конфигурации установки, оптимизированной для изучения адрон-ядерных процессов с образованием многокварковых систем.

Выполнен большой объем работ по реконструкции зоны размещения оборудования и аппаратуры установки "Типерон". В ходе модификации установки увеличен зазор между верхней и нижней катушками электромагнита МС-12 с 50 до 100 см, добавлены новые детекторы на 6 тыс. каналов, завершены реконструкция 14 пропорциональных камер размерами  $0,5 \times 0,5$  м и  $1,0 \times 1,0$  м, частичный ремонт 6 пропорциональных камер размерами  $0,8 \times 1,3$  м и выполнен монтаж новой электроники на них. После размещения камер на установке восемь из них были успешно опро-

Продолжается создание узлов установки "Нептун", которая будет работать на внутреннем пучке УНК. На снимке: блок адронного калориметра установки



бованы на пучке У-70. Проведены монтаж и калибровка на пучке позитронов ливневого  $\gamma$ -детектора на 260 каналов. Для экспериментов по поиску дибарионов с разделенным цветом изготовлен времяпролетный годоскоп с апертурой  $1,0 \times 1,2$  м.

Закончены разработка и испытание основных узлов быстродействующей системы сбора данных для многоканальных детекторов установки, создаваемой в рамках проекта "Глюон".

Определено разрешение по энергии сцинтилляционного калориметра типа жидкий сцинтиллятор плюс алюминий для адронов

$$-\frac{\Delta E_H}{E_H} = \frac{50\%}{\sqrt{E_H}} \text{ и электронов } -\frac{\Delta E_e}{E_e} = \frac{15\%}{\sqrt{E_e}}.$$

Полученное энергетическое разрешение калориметра, служащего одновременно мишенной частью нейтринного детектора, не уступает параметрам калориметрической части одной из лучших зарубежных установок — CHARM-I (ЦЕРН).

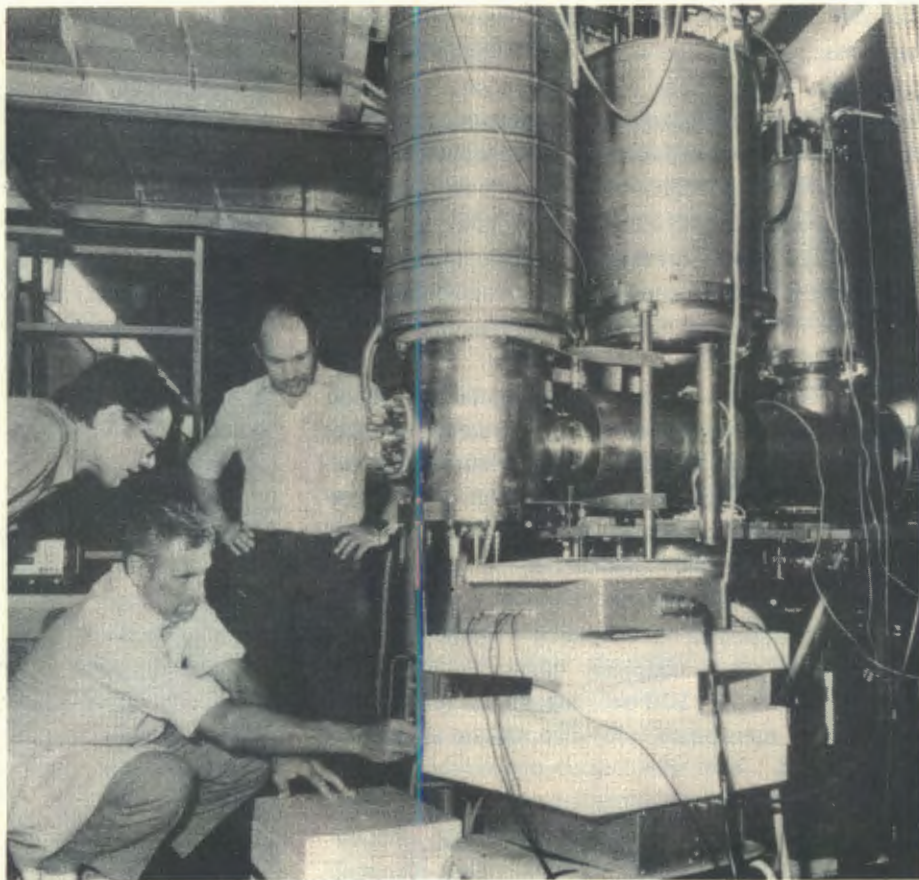
В ходе пуска аппаратуры вершинного детектора для исследования редких распадов К-мезонов на канале 4А ускорителя У-70 установлены 20 дрейфовых камер и 72-канальный черенковский спектрометр полного поглощения. Проведены предварительные измерения характеристик детекторов на пучке заряженных частиц.

Продолжается подготовка узлов магнитного спектрометра установки "Нептун": созданы 24 плоскости пропорциональных камер размерами  $1412 \times 980$  мм и приобретена накамерная электроника к ним (15 тыс. каналов). Завершается создание магнита М2 подвижного спектрометра-поляриметра и начаты работы по изготовлению широкоапертурного магнита М3. Исследована возможность использования полупроводникового микрострипового детектора с резистивным слоем в качестве первого координатного детектора спектрометра. Выполнены работы по моделированию условий выработки триггера выделения упругого рр-рассеяния в магнитном спектрометре в области энергий  $\sim 400 \text{ ГэВ}^{1/24}$ , разработаны электронная схема триггера третьего уровня и методики контроля приема данных от пропорциональных камер.

Завершена подготовка проекта кэтчера установки УКД. Выполнены методические



Специалисты ЛЯП приняли активное участие в создании и запуске установки с поляризованной мишенью на ускорителе Карлова университета в Праге



работы, подтверждающие возможность использования отечественных материалов при производстве пластиковых проволочных детекторов. Подготовлен проект развития участка ОП по производству и испытаниям пластиковых проволочных детекторов, а также совместно с ЦИФИ (Будапешт) разработано предложение контракта на изготовление в ЦИФИ и постав-

ку в ОИЯИ оборудования для такого участка.

В эксперименте на ускорителе Карлова университета в Праге произведен комплексный запуск установки с поляризованной протонной мишенью для измерения поляризации и коэффициента корреляции поляризаций в упругом пр-рассеянии при энергии 16 МэВ.

## СОЗДАНИЕ НОВЫХ ДЕТЕКТИРУЮЩИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Разработана модель слоистого электромагнитного калориметра с ксеноновым наполнением, предназначенного для использования в центральной части переднего калориметра спектрометра МАРС. Калориметр такого типа характеризуется высокой радиационной стойкостью, стабильностью характеристик и удовлетворительным энергетическим и координатным разрешением. Завершены испытания модели на пучке электронов У-70 с импульсами от 3 до 26 ГэВ/с.

Создан и исследован макет дрейфовой камеры на основе новой технологии. Предполагается, что эта технология позволит создавать крупные дрейфовые камеры (размером до 4 м) с высокой надежностью и координатной точностью ( $0,1 \div 0,2$  мм) в массовом производстве.

Проведены исследования возможности создания вершинного детектора на основе лавинных счетчиков и предложен вариант такого детектора<sup>125/</sup>. Показано, что принципиальных препятствий для создания прецизи-



онного координатного детектора на основе лавинных счетчиков нет, а его ожидаемые параметры полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к вершинным детекторам для исследования физики b-кварков на ускорителях с фиксированной мишенью.

На ускорителе ЛИЯФ АН СССР введена в эксплуатацию установка для измерения векторной анализирующей способности в реакции  $\pi^+ d \rightarrow 2p$  на поляризованной дейтронной мишени.

Проводились работы по созданию аппаратуры и программного обеспечения для автоматизации проведения анализа экспериментальных данных, получаемых в физических исследованиях. Разработано 13 новых электронных блоков в стандарте КАМАК<sup>/26/</sup>, в их числе:

— преобразователь время — код с интерполятором для опорной частоты 200 МГц, цена канала — 100 пс, максимальный измеряемый интервал — 5 мкс, число сигналов стоп — 15<sup>/27/</sup>;

— источник питания с напряжением до 2,5 кВ, током 2 мА, высокой стабильностью и уровнем пульсаций менее 100 мВ на градус Цельсия<sup>/28/</sup>;

— микропрограммный универсальный многоканальный анализатор и другие. Все разработанные блоки снабжены необходимым программным обеспечением.

Налажены и переданы для эксплуатации в научно-экспериментальные отделы 490 электронных блоков, изготовленных в Опытном производстве ОИЯИ по разработкам НИОАФЭ ЛЯП.

Введены в эксплуатацию две ЭВМ типа VAX-11/730 (ИЗОТ-1055 и СМ-1700). Освоено их базисное программное обеспечение. Изготовлено устройство связи этих ЭВМ с экспериментальной аппаратурой в стандарте КАМАК.

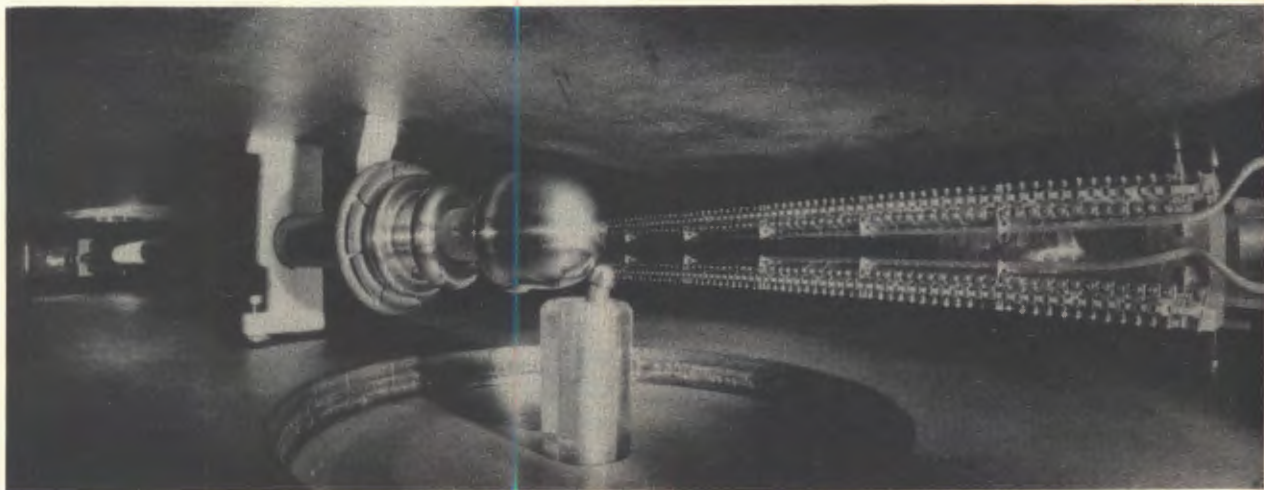
Составлено техническое задание и подготовлен проект локальной сети ЭВМ типа ETHERNET, которая будет охватывать все основные лабораторные помещения.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ФАЗОТРОНА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Завершено изготовление элементов системы электростатического вывода и проведены высоковольтные испытания головной части электростатического дефлектора. Изготовлен и испытан при работе на генера-

тор растяжки функциональный блок, обеспечивающий управление растяжкой от ПЭВМ, с пакетом программ для тестирования и управления фундаментальным генератором. Смонтированы датчики виброконтроля на

Электростатическая система вывода пучка фазотрона







Полномасштабный  $\Delta$ -генератор прототипа дейтронного циклотрона ДЦ-1

съем информации с ламельной ионизационной камеры (с выводом на ПЭВМ) для измерения пространственного распределения пучка в головной части протонного канала. В систему диагностики включены вторично-эмиссионные датчики пучка — профилометры на выведенном и внутреннем пучках<sup>/30/</sup>. С их помощью проведено исследование процесса ускорения и вывода пучка. Смонтирован и налажен диодный вариант системы электропитания токовой секции канала вывода пучка (11 кА, стабильность и величина пульсации меньше чем  $5 \cdot 10^{-4}$ ). Получены пучки положительных пионов из мезонного канала с импульсами 130, 200 и 300 МэВ/с.

В 1989 году фазотрон проработал на физический эксперимент 3967 часов при годовом плане 3370 часов.

В расчетно-теоретических работах по сильноточным циклотронам-инжекторам показана принципиальная возможность разработки дейтронного циклотрона-инжектора при средней интенсивности пучка до  $10 \text{ мА}^{/31/}$ .

Рассмотрены вопросы создания двух-лучевого нейтронного генератора (d, t), ( $\bar{d}$ , d) на основе двух ускоренных попутных пучков, показана принципиальная возможность получения направленных нейтронных пучков с интенсивностью  $10^{11} \div 10^{12} \text{ нейтр./с}^{/32/}$ .

Для циклотронных установок, на которых нарабатываются медицинские изотопы, предложен механизм отклонения пучка на внутреннюю мишень, позволяющий распределять интенсивность пучка по поверхности облучаемой мишени с целью повышения среднего тока<sup>/33/</sup>.

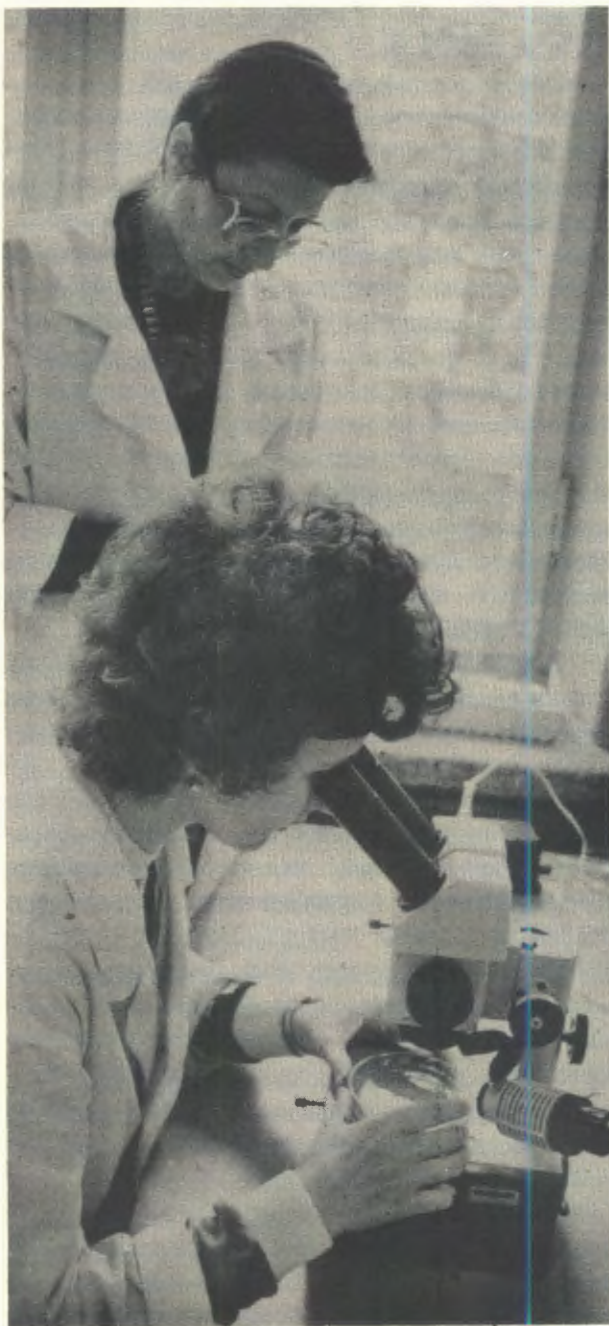
внутренних опорах вариатора (в дополнение к датчикам на внешних опорах). Обобщены наблюдения за вибрациями опор и износом подшипников вариатора и выработаны некоторые критерии для вибродиагностики состояния вариатора<sup>/29/</sup>. Автоматизирован

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На медико-биологическом комплексе ЛЯП ОИЯИ продолжались работы по определению физико-технических условий проведения клинических исследований по лечению онкологических больных на терапевтических пучках частиц фазотрона.

Разработана методика и подготовлена аппаратура для облучения на протонном пучке онкологических больных с опухолями пищевода. Выполнены топометрические измерения и фантомные испытания для проведения клинических исследований.





По программе РИТМ в ЛЯП проводятся исследования мутагенного и канцерогенного воздействия корпускулярных излучений на живые организмы

Для протонных пучков с большими полями облучения (диаметром до 20 см) проведены физико-дозиметрические измерения<sup>/34/</sup> и получены глубинные дозные распределения и изодозные карты в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Проведена серия радиобиологических экспериментов на пучках протонов с большими полями облучения, отрицательных пи-мезонов и нейтронов высоких энергий

для определения относительной биологической эффективности этих пучков. Выполнены детальные измерения состава интенсивных мезонных пучков, получаемых на выходе пи-мезонной линзы, в зависимости от импульса, знака заряда частиц и типа мишени. Получены и исследованы характеристики пучка "поверхностных"  $\mu^+$ -мезонов.

В исследованиях частоты образования прямых мутаций у клеток сальмонеллы (тест Эймса) при действии излучений широкого диапазона линейной передачи энергии (ЛПЭ) выявлены зависимости от дозы линейно-квадратичного типа. Характер этих зависимостей не меняется с увеличением ЛПЭ. Установлено, что зависимость относительной генетической эффективности излучений от ЛПЭ описывается кривой с локальным максимумом в области 20 кэВ/мкм. Анализ полученных результатов свидетельствует об индукции в генетическом аппарате повреждений, выход которых увеличивается с ростом ЛПЭ. Такие повреждения с большей вероятностью закрепляются в мутации<sup>/35/</sup>.

В экспериментах на клетках млекопитающих выявлены закономерности индукции aberrаций хромосом и модификации их выхода ингибиторами синтеза ДНК при действии излучений, различающихся по ЛПЭ ( $\gamma$ -кванты, ионы гелия, бериллия и углерода). Исходя из молекулярно-биологических представлений об образовании и репарации индуцированных радиацией двухнитевых разрывов ДНК дана интерпретация полученных результатов на качественном уровне. Применение этого подхода позволило дать корректную оценку значений относительной биологической эффективности плотной ионизирующих излучений при действии ингибиторов синтеза ДНК<sup>/35/</sup>.

Изучение корреляции гликолитической активности и рН-чувствительности клеток с эффективностью гипергликемии как терапевтического средства было проведено на ряде экспериментальных опухолей животных. На основании анализа полученных результатов предложено использовать рН-чувствительность клеток в качестве одного из параметров, позволяющих прогнозировать терапевтическое действие гипергликемии на злокачественные опухоли<sup>/36/</sup>.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Aarnio P. et al. — Preprint CERN-EP/89-134, 1989.
2. Афанасьев Л.Г. и др. — Препринт ОИЯИ P1-89-621, Дубна, 1989.
3. Эфендиев А. и др. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ № 3(36)-89, Дубна, 1989.
4. Антипов Ю.М. и др. — Препринт ОИЯИ P1-89-367, Дубна, 1989.
5. Акименко С.А. и др. — Препринт ИФВЭ, 90-10, Серпухов, 1990.
6. Амелин Н.С. и др. — Препринт ОИЯИ P7-89-346, Дубна, 1989.
7. Vannikov A.V. et al. — JINR Preprint E1-89-486, Dubna, 1989.
8. Неменов Л.Л. — Препринт ОИЯИ P1-89-14, Дубна, 1989.
9. Батусов Ю.А. и др. — Препринт ОИЯИ P1-89-875, Дубна, 1989.
10. Потемпа А.В. и др. — Препринт ОИЯИ P6-89-881, Дубна, 1989.
11. Akitov Yu.K. et al. — In: JINR Rapid Communications, No. 2(35)-89, Dubna, 1989.
12. Курепин А.Б., Оганесян К.О. — Письма в ЖЭТФ, 1989, 49, с.603.
13. Бруданин В.Б. и др. — Препринт ОИЯИ D15-89-314, Дубна, 1989;  
Бруданин В.Б. и др. — Препринт ОИЯИ D15-89-347, Дубна, 1989;  
Бруданин В.Б. и др. — Препринт ОИЯИ D15-89-594, Дубна, 1989.
14. Fleischmann M., Pons S. — J. Electroanal. Chem., 1989, v.261, p.301;  
Jones S.E. et al. — Preprint AZPH-TH/89-18-2. Univ. of Arizona, 1989.
15. Batusov Yu.A. et al. — JINR Preprint E1-89-222. Dubna, 1989.
16. Grebinnik V.G. et al. — In: International Seminar on High-Temperature Superconductivity. Abstracts. JINR, E11-89-270, Dubna, 1989, p.76.
17. Bezhitadze D.T. et al. — JINR Preprint D14-89-455, Dubna, 1989.
18. Grebinnik V.G. et al. — In: International Conference: Materials and Mechanisms of Superconductivity, High-Temperature Superconductors. Abstracts, Stanford University, Stanford, California, USA, 1989.
19. Grebinnik V.G. et al. — In: VIII International Conference on Hyperfine Interactions. Booklet of Abstracts, Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czechoslovakia, 1989, Abstract B3-(2-5).
20. Евсеев В.С. и др. — JINR, E11-89-270, Dubna, 1989, p.94.
21. Бинько Г.Ф. и др. — Препринт ОИЯИ P1-89-159, Дубна, 1989.
22. Бинько Г.Ф. и др. — Препринт ОИЯИ P1-89-156, Дубна, 1989.
23. Антипов Ю.М. и др. — Препринт ОИЯИ P13-89-830, Дубна, 1989.
24. Биленькая С.И. и др. — Препринт ОИЯИ P1-89-410, Дубна, 1989.
25. Хазинс Д. — Препринт ОИЯИ P13-89-361, Дубна, 1989.
26. Георгиев А. и др. Препринт ОИЯИ P10-89-878, Дубна, 1989.
27. Зинов В.Г., Селиков А.В. — Препринт ОИЯИ P10-89-764, Дубна, 1989.
28. Акимов Ю.К. и др. — Сообщение ОИЯИ 13-89-279, Дубна, 1989.
29. Богач В.А. и др. — Сообщение ОИЯИ 9-89-199, Дубна, 1989.
30. Kolga V.V. et al. — In: Twelfth International Conference on Cyclotrons and Their Applications, Abstracts. Berlin (West), 1989, p.100.
31. Vorozhtsov S.B. et al. — JINR Preprint E2-89-214, Dubna, 1989.
32. Васильев А.А. и др. — Препринт ОИЯИ P9-89-348, Дубна, 1989.
33. Борисов О.Н. и др. — Сообщение ОИЯИ 9-89-301, Дубна, 1989.
34. Воточкова И. и др. — Сообщение ОИЯИ 16-89-353, Дубна, 1989.
35. Козубек С. и др. — В сб.: Труды Рабочего совещания по генетическому действию корпускулярных излучений. ОИЯИ, D19-89-143, Дубна, 1989, с.28; Амиртаев К.Г. и др. — Там же, с.51.
36. Лобачевский П.Н. и др. — Сообщение ОИЯИ P19-89-456, Дубна, 1989.



# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В 1989 году основные усилия коллектива Лаборатории ядерных реакций были сосредоточены на работах по изучению свойств изотопов трансурановых элементов и механизма ядерных реакций, синтезу и исследованию свойств нейтроноизбыточных изотопов легких элементов. Активно велись работы по прикладной тематике. Совершенствовалась работа ускорителей: на У-400 получены интенсивные пучки

лития, аргона, циркония; демонтирован ускоритель У-300 и начат монтаж ускорителя У-400М. Развивалось международное сотрудничество с институтами стран-участниц ОИЯИ. Проведены эксперименты в Национальной лаборатории ГАНИЛ (Франция) и Институте Гана — Мейтнер (Западный Берлин) по синтезу и исследованию свойств новых нейтроноизбыточных изотопов легких элементов.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

### СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

1. Исследовалась с помощью установки ХИПТИ на циклотроне У-400 возможность непрерывного химического выделения  $^{261}\text{Ku}$  ( $T_{1/2} \sim 1$  мин) из продуктов облучения мишени  $^{248}\text{Cm}$  ионами  $^{18}\text{O}$ . Радионуклиды транспортировались от мишени до находящейся на расстоянии 10 м химической разделительной аппаратуры с помощью

аэрозольной струи ( $\text{KCl} + \text{Ar}$ ) за время около 5 с с эффективностью 85%. После перевода аэрозолей в жидкую фазу (0,2 М  $\text{HF}$ ) раствор последовательно пропускали через три колонки, заполненные ионообменными смолами. На первой, катионообменной колонке раствор очищали от трансплутониевых элементов, образующихся в ядерных реакциях, с факторами очистки  $10^5 - 10^6$ . Вторая, анионообменная колонка служила для извлечения  $^{261}\text{Ku}$ , а на третьей,

Синтез новых химических элементов — одно из главных научных направлений ЛЯР. На снимке: участники эксперимента по экспрессному анализу свойств трансактинидных элементов





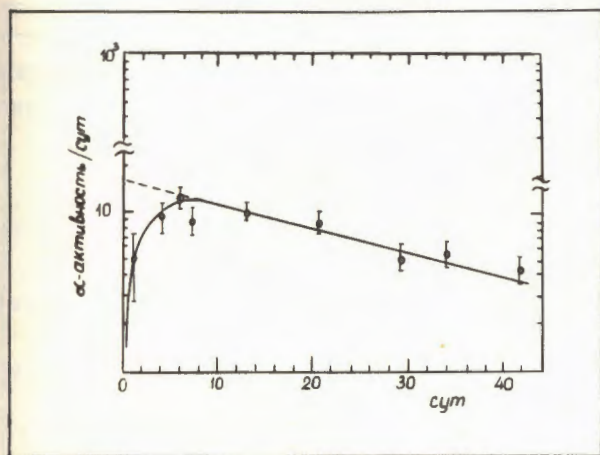


Рис. 1. Накопление — распад  $^{253}\text{Fm}$  как продукта распада  $^{261}\text{Ku}$ . Сплошной кривой показаны данные расчета

катионообменной, улавливали продукты его распада. Идентификацию  $^{261}\text{Ku}$  проводили путем регистрации  $\alpha$ -распада  $^{253}\text{Es}$  ( $T_{1/2} = 20$  сут), который смывали с третьей колонки вместе с  $^{253}\text{Fm}$  ( $T_{1/2} = 3$  сут). Результаты измерения продуктов смыва с третьей колонки представлены на рис.1. Первоначальное увеличение  $\alpha$ -активности с  $E_\alpha = 6,63$  МэВ связано с накоплением  $^{253}\text{Es}$  за счет  $\beta$ -распада  $^{253}\text{Fm}$ . Последующее уменьшение активности во времени соответствует периоду полураспада  $^{253}\text{Es}$ . В ре-

зультате впервые показано, что в растворах HF курчатовий образует устойчивые анионные комплексы, аналогичные фторидным комплексам Zr и Hf — элементам IV группы периодической системы. Метод открывает возможность получения количественных данных о свойствах курчатовия в растворах. В этом эксперименте зарегистрировано почти в 100 раз больше атомов Ku, чем в ранних исследованиях по химии растворов Ku<sup>11</sup>.

2. Изучен радиоактивный распад  $^{236}\text{Pu}$  с испусканием нуклонного кластера  $^{28}\text{Mg}$ . При исследовании  $^{236}\text{Pu}$  в течение 689 суток зарегистрировано 2 трека, образованных ядрами магния с энергией 70 МэВ. Вероятность такого распада по отношению к вероятности альфа-распада составляет  $2 \cdot 10^{-14}$ . Полученные данные хорошо укладываются в систематику периодов полураспада, показанную на рис.2. На нем представлена зависимость логарифмов парциальных периодов полураспада от логарифма проницаемости барьеров. Представленная систематика (аналогична систематике Гейгера — Нэттола) позволяет на основании уже имеющихся данных достаточно надежно оценивать парциальные периоды кластерного распада еще не изученных в этом отношении четно-четных ядер.

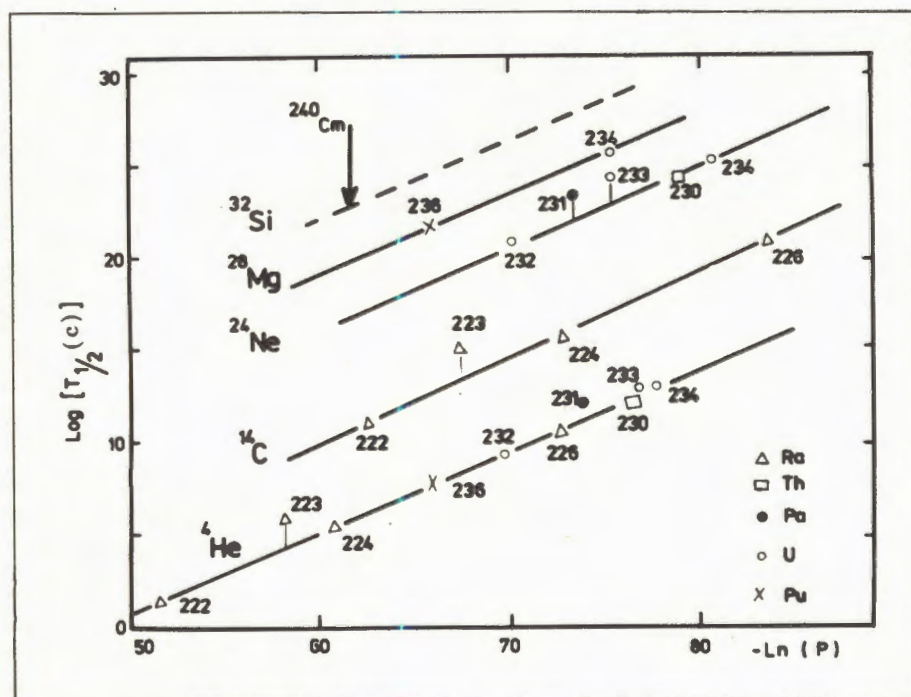


Рис. 2. Зависимость десятичного логарифма периода полураспада от натурального логарифма проницаемости кулоновского барьера для эмиссии  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{24}\text{Ne}$ ,  $^{28}\text{Mg}$  из тяжелых ядер. Представлены все нуклиды, в которых к настоящему времени разными исследователями экспериментально обнаружен кластерный распад<sup>121</sup>



3. Продолжались исследования треков галактических космических лучей (ГКЛ) в кристаллах оливина из метеоритов. Проведена контролируемая регрессия (отжиг) треков ядер  $^{238}\text{U}$  с энергией  $\sim 30$  и  $\sim 70$  МэВ/нуклон и треков ядер  $^{208}\text{Pb}$  с энергией 17,2 МэВ/нуклон в кристаллах оливина, облученных соответственно на Бэвалаче и Унилаке. Отжиг проводился при температуре  $450^\circ\text{C}$  в течение 32 ч. Сравнение распределений длин треков ядер ГКЛ в кристаллах и распределений длин треков ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{208}\text{Pb}$  (рис. 3а,б) подтверждает предположение, выдвинутое в работе<sup>[3]</sup>, об эффекте наблюдения ядер группы тория — урана в составе ГКЛ<sup>[4]</sup>.

4. На кинематическом сепараторе "Василиса" исследовалось поведение сечений (х, n)-реакций в области компаунд-ядер

Рис. 3. Распределение длин треков ядер ГКЛ (а) и треков ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{208}\text{Pb}$  (б) в кристаллах оливина из метеорита Марьялахти, отожженных при  $T = 450^\circ\text{C}$  в течение 32 ч

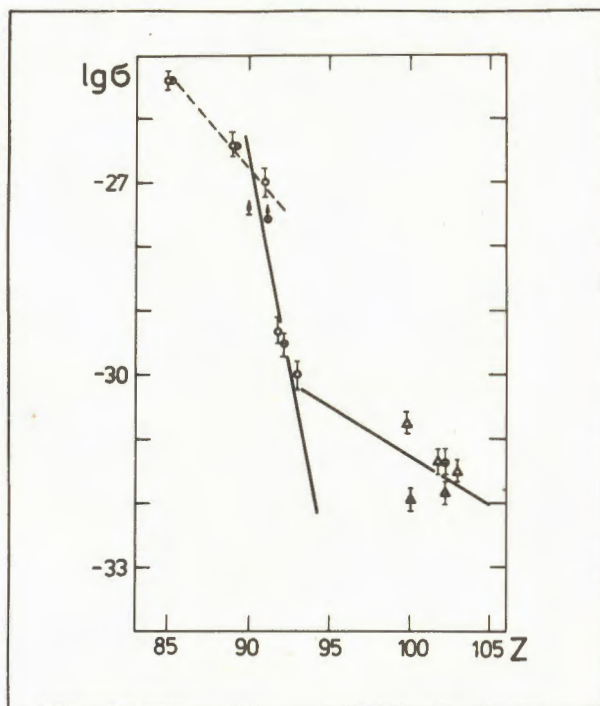
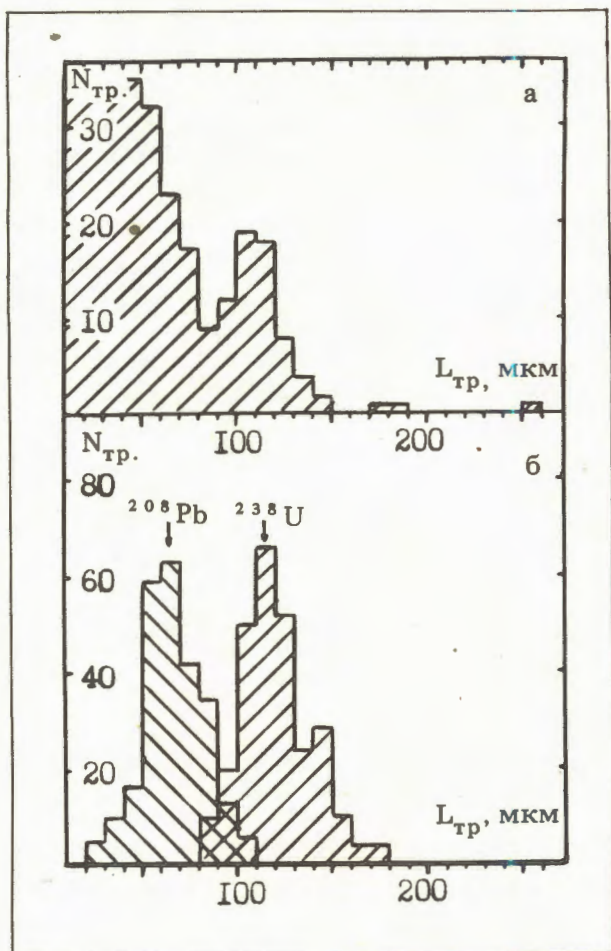


Рис. 4. Сечения образования нейтронодефицитных изотопов актиноидов и At в реакциях с ионами  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{22}\text{Ne}$  и  $^{16,18}\text{O}$

с  $85 \leq Z \leq 100$  в зависимости от атомного номера компаунд-ядра  $Z$  и масс-асимметрии комбинации налетающий ион — ядро мишени. Исследования проводились с ускоренными ионами  $^{16}\text{O}$ ,  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{26}\text{Mg}$ ,  $^{40}\text{Ar}$  и  $^{40}\text{Ca}$ .

Область компаунд-ядер с  $85 \leq Z < 100$  является переходной по отношению к такому важному фактору, как делимость ядра. В этой области нейтронодефицитных ядер происходит уменьшение жидкокапельного барьера деления от  $\sim 10$  МэВ для нейтронодефицитных изотопов Po—At до 2,5 МэВ для таких же изотопов Pu—Am, с чем связано резкое уменьшение сечений (х, n)-реакций: от десятков миллибарн для Po—At до долей микробарна для U—Pu. Еще одна особенность поведения сечений (х, n)-реакций в этой области — сильное уменьшение сечений (на два — три порядка) при переходе от компаунд-ядер с  $Z = 89-90$  к компаунд-ядрам с  $Z \approx 92$ . Резкое изменение поведения сечений (рис.4) при переходе от Th—Pa к U—Np дает возможность предположить существование различий в механизмах образования продуктов полного слияния в областях до и после Th—U.



Таблица 1

| Изученные ядра    | Данные, полученные на сепараторе "Василиса" |            | Табличные значения |             |                |
|-------------------|---------------------------------------------|------------|--------------------|-------------|----------------|
|                   | $E_\alpha$ , кэВ                            | $I_\alpha$ | $E_\alpha$ , кэВ   | $I_\alpha$  | $T_{1/2}$ , мс |
| $^{227}\text{Np}$ | $7680 \pm 15$                               | $\leq 75$  |                    |             |                |
| $^{230}\text{Pu}$ | $7055 \pm 20$                               | 100        |                    |             |                |
| $^{224}\text{Ra}$ | $7460 \pm 10$                               | $25 \pm 3$ | $7490 \pm 10$      | 100         | $950 \pm 150$  |
|                   | $7555 \pm 10$                               | $75 \pm 3$ |                    |             |                |
| $^{223}\text{Th}$ | $7290 \pm 10$                               | $41 \pm 5$ | $7285 \pm 10$      | $60 \pm 10$ | $660 \pm 10$   |
|                   | $7320 \pm 10$                               | $29 \pm 5$ |                    |             |                |
|                   | $7350 \pm 15$                               | $20 \pm 5$ |                    |             |                |
|                   | $7390 \pm 15$                               | $10 \pm 4$ |                    |             |                |
| $^{221}\text{Th}$ | $7730 \pm 10$                               | 6          | $7733 \pm 8$       | 6           | 1,68           |
|                   | $8150 \pm 10$                               | 53         |                    |             |                |
|                   | $8265 \pm 10$                               | 4          |                    |             |                |
|                   | $8375 \pm 10$                               | 11         |                    |             |                |
|                   | $8470 \pm 10$                               | 26         |                    |             |                |

Для компаунд-ядер с  $92 \leq Z \leq 100$  исследовался эффект зависимости сечения образования продуктов полного слияния от масс-асимметрии во входном канале. Сечения образования компаунд-ядер  $^{244,245}\text{Fm}$  в реакциях с ионами  $^{16}\text{O}$  оказались в 20–50 раз больше, чем при использовании ионов  $^{40}\text{Ar}$ , что находится в резком противоречии с положением модели, в которой отношение сечений определяется только геометрическими факторами и составляет величину  $\sim 3$ –4.

В реакциях  $^{209}\text{Bi} + ^{22}\text{Ne}$  и  $^{208}\text{Pb} + ^{26}\text{Mg}$  впервые были измерены характеристики распада изотопов  $^{227}\text{Np}$  и  $^{230}\text{Pu}$  соответственно. Для нескольких изотопов Ra и Th были уточнены характеристики  $\alpha$ -распада (см. табл.1).

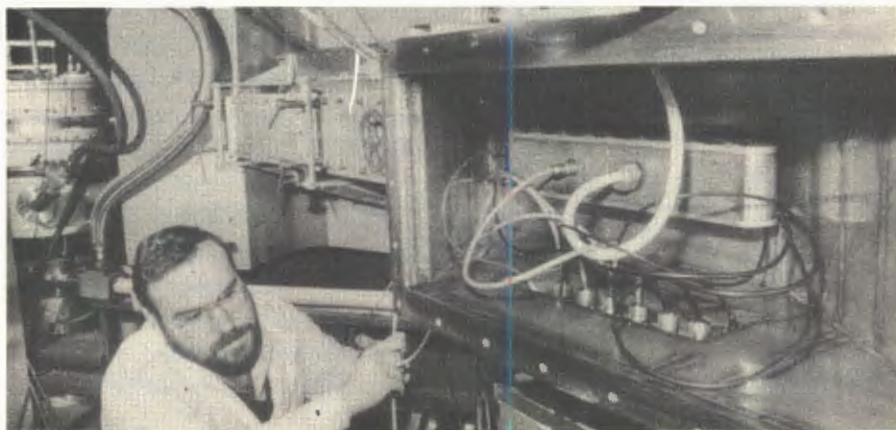
В реакции  $^{209}\text{Bi} + ^{22}\text{Ne}$  обнаружен узкий максимум в дифференциальном сечении образования нуклида  $^{211}\text{Bi}$  под углом  $0^\circ$  при энергии пучка, близкой к кулоновскому барьеру. Аналогичная структура присутствует также в дифференциальном сечении образования  $^{215}\text{At}$ . Наблюдаемый эффект, по-видимому, обусловлен реакциями передачи ядру мишени двух нейт-

ронов или кластера  $^6\text{He}$  ( $2n + \alpha$ ) при малых прицельных параметрах бомбардирующего иона и последующим вылетом ядра-продукта под углом  $0^\circ$  к направлению пучка.

## ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1. На циклотроне У-400 продолжались эксперименты по изучению ядер легких элементов на границе нуклонной стабильности. Исследовались основные и квазистационарные состояния в изотопах  $^{5,6,7,8,9}\text{He}$  <sup>15,6</sup>/. Изотопы  $^{5,6,7}\text{He}$  изучались в реакции  $^9\text{Be} + ^{11}\text{B}$  при энергиях  $^{11}\text{B}$   $11 \div 17$  МэВ/нуклон, а также в реакции  $^9\text{Be} + ^{18}\text{O}$  при энергии  $^{18}\text{O}$  16 МэВ/нуклон. Наблюдались основные и возбужденные состояния в ядрах  $^{6,8}\text{He}$ , а также квазистационарные состояния в ядрах  $^{5,7,9}\text{He}$ . В реакции  $^9\text{Be} + ^{18}\text{O}$  с чувствительностью  $\leq 10$  нб/ср исследована стабильность ядра  $^{10}\text{He}$ . Результатов, свидетельствующих о существовании выделенных состояний, не было получено.

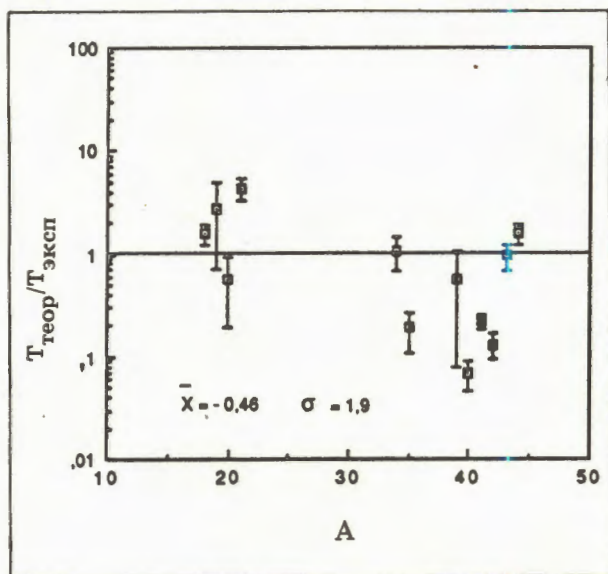




Магнитный спектрометр МПС-144 для идентификации продуктов ядерных реакций на пучке тяжелых ионов циклотрона У-400; идет подготовка к эксперименту

2. На ускорителе VICSИ (Западный Берлин) проведен совместный (ЛЯР — Институт Гана — Мейтнер) эксперимент по обнаружению резонансов в системах  $^3\text{H}$ ,  $^5\text{H}$  и исследованию возбужденных состояний  $^4\text{H}$ . Эксперимент проводился на пучке ионов  $^{13}\text{C}$  с энергиями 380 МэВ на тритиевой и дейтериевой мишенях, изготовленных в ЛЯР ОИЯИ. Для регистрации продуктов ядерных реакций использовалась установка на базе магнитного анализатора Q3D, которая позволяла измерять спектры под углом  $0^\circ$ . Уровень чувствительности данных экспериментов достиг величины  $\sim 10^{-32} \text{ см}^2$ . Полученные результаты позволили получить новую информацию о свойствах систем  $^3\text{H}$ ,  $^4\text{H}$ ,  $^5\text{H}$ .

Рис. 5. Отношение теоретических периодов полуразпада к экспериментальным значениям  $T_{\text{теор}}/T_{\text{эксп}}$  в зависимости от массового числа  $A$  изотопа



3. Продолжались совместные эксперименты ЛЯР — ГАНИЛ (Франция) по исследованию стабильности и свойств нейтроноизбыточных ядер, образующихся в реакциях фрагментации  $^{48}\text{Ca}$  при энергиях 44 и 55 МэВ/нуклон<sup>7,8</sup>. Сепарация и идентификация продуктов осуществлялась с помощью магнитного спектрометра LISE, детектирующая система которого дает возможность исследовать  $\beta$ -задержанную нейтронную эмиссию. Так, в реакции  $^{181}\text{Ta} + ^{48}\text{Ca}$  (55 МэВ/нуклон) впервые измерены периоды  $T_{1/2}$  и вероятности нейтронной эмиссии  $p_n$  для ядер  $^{20}\text{C}$ ,  $^{40,41,42}\text{P}$  и  $^{43,44}\text{S}$ . Проведено сравнение полученных результатов с теоретическими предсказаниями, рис. 5<sup>9</sup>.

Исследовано влияние отношения  $N/Z$  мишени на выход нейтроноизбыточных ядер. С этой целью проверялся выход изотопов от углерода до фтора для мишеней  $^9\text{Be}$ ,  $^{64}\text{Ni}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ . Эксперименты показали, что для получения нейтроноизбыточных ядер, образующихся в реакциях фрагментации, лучше использовать танталовую мишень. В реакции  $^{181}\text{Ta} + ^{48}\text{Ca}$  впервые синтезированы ядра  $^{32}\text{Ne}$ . С использованием изготовленной в ЛЯР мишени из нейтроноизбыточного изотопа  $^{64}\text{Ni}$  были также впервые синтезированы ядра  $^{42}\text{Si}$ ,  $^{45,46}\text{P}$ ,  $^{48,47}\text{S}$  и  $^{51}\text{Cl}$  (рис.6). На установке SPEG были впервые измерены массы нейтроноизбыточных ядер  $^{29,30}\text{Ne}$ ,  $^{31-33}\text{Na}$ ,  $^{34}\text{Mg}$ ,  $^{36-38}\text{Al}$ ,  $^{38-40}\text{Si}$ ,  $^{39-43}\text{P}$ . Точность в измерениях масс в этом эксперименте составляет величину  $\sim 100 \text{ кэВ}$ .

4. На циклотроне У-400 проводились исследования с вторичными пучками радио-



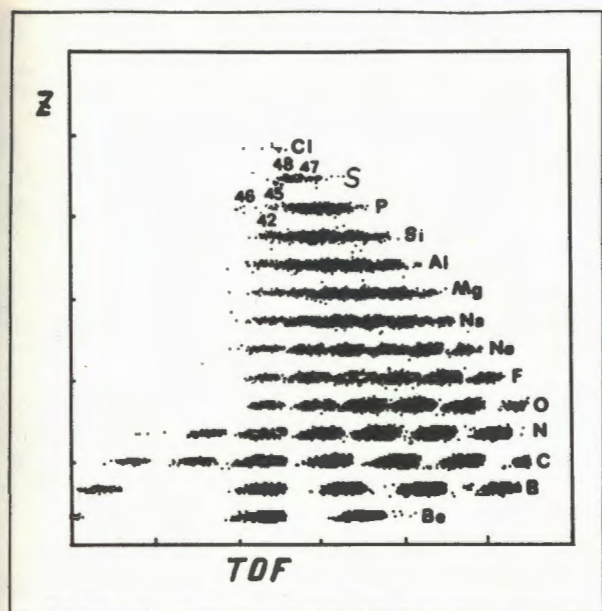
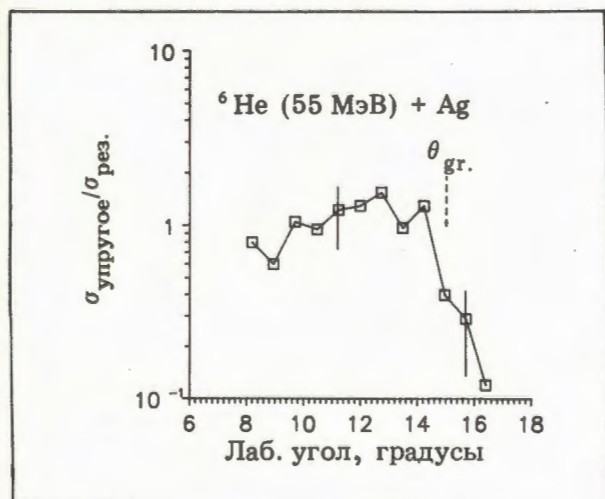


Рис. 6. Выход продуктов в реакции фрагментации  $^{48}\text{Ca}$  (44 МэВ/нуклон) +  $^{64}\text{Ni}$  в зависимости от  $Z$  и времени пролета. Цифрами обозначены впервые синтезированные нуклиды

активных ядер — изотопов гелия и лития. С этой целью был изучен выход легких радиоактивных ядер  $^6\text{He}$  —  $^9\text{Li}$  в различных реакциях с ионами  $^{11}\text{B}$  (20 МэВ/нуклон). Показано, что оптимальной реакцией для получения вторичных пучков ионов  $^6\text{He}$ ,  $^8\text{He}$ ,  $^8\text{Li}$  и  $^9\text{Li}$  являлась реакция с ионами  $^{11}\text{B}$  на толстой мишени из Та, полностью поглощающей ионы бора. Для сепарации этих частиц использовалась система ниже-

Рис. 7. Отношение сечений упругого рассеяния ядер  $^6\text{He}$  к резерфордовскому в зависимости от угла рассеяния на ядрах серебра

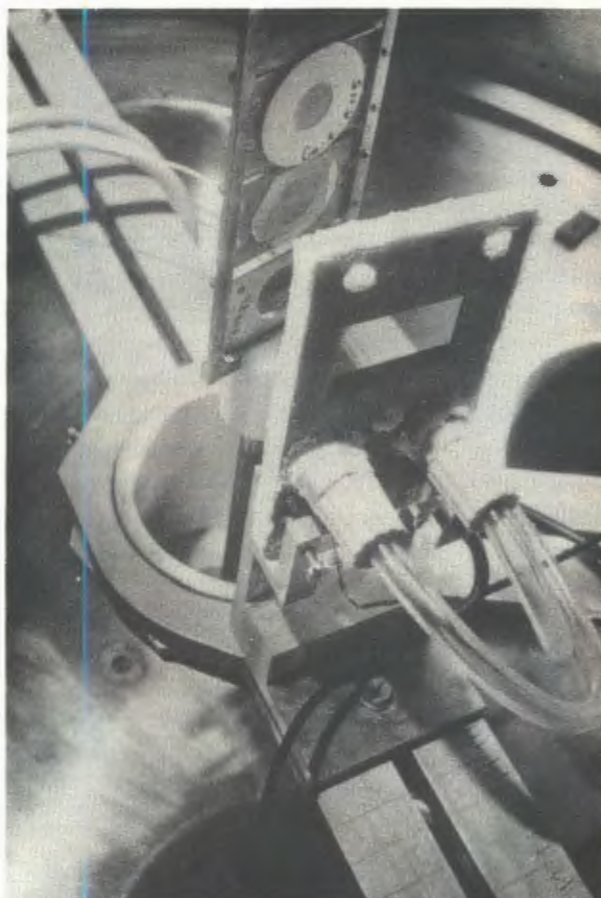


ния и транспортировки выведенного пучка тяжелых ионов из ускорителя У-400. С ее помощью были сформированы пучки  $^6\text{He}$ ,  $^8\text{He}$ ,  $^8\text{Li}$  и  $^9\text{Li}$  и проведены эксперименты по изучению упругого рассеяния ядер  $^6\text{He}$ ,  $^8\text{He}$  и  $^9\text{Li}$ . Регистрация ядер осуществлялась с помощью полимера CR-39. На рис.7 представлено отношение сечений упругого рассеяния ядер  $^6\text{He}$  к резерфордовскому в зависимости от угла рассеяния.

5. На двухплечевом времяпролетном спектрометре установки ДЭМАС проведены эксперименты по изучению массовых и энергетических распределений осколков деления возбужденных ядер для значений параметра делимости  $X = 0,7 \div 0,92$  в сильноасимметричных комбинациях ион — мишень  $A_t/A_i < 10$ .

Полученная систематика массовых и энергетических распределений хорошо согласуется с теоретическими расчетами по диффузионной модели (сплошная кривая на

Мишенный узел и стартовый детектор в камере рассеяния установки ДЭМАС





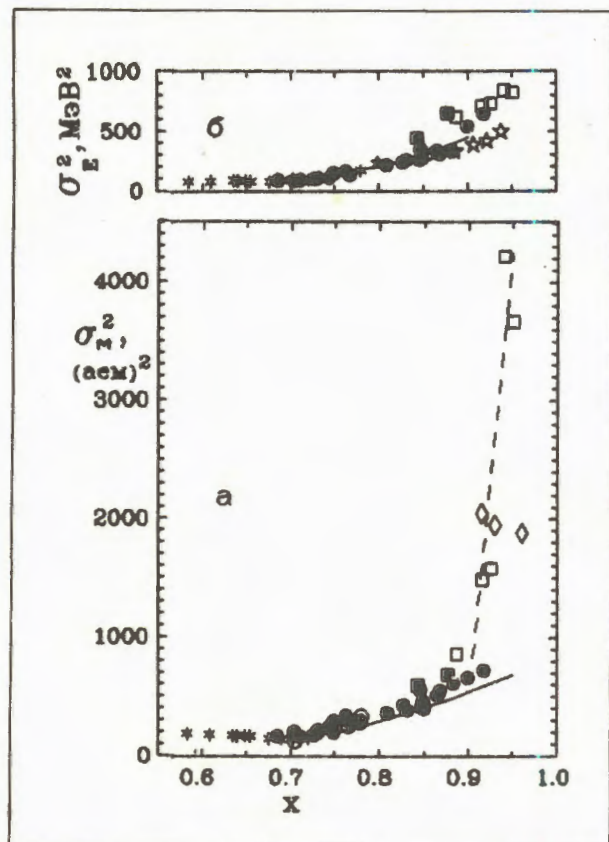


Рис. 8. Зависимость экспериментальных дисперсий массовых (а) и энергетических (б) распределений осколков ( $\sigma_M^2$ ,  $\sigma_E^2$ ) от параметра делимости  $X$ .  $\bullet$  — настоящая работа. Сплошная линия — результаты расчета по диффузионной модели, пунктирная линия проведена через точки, соответствующие квазиделению

рис.8а) и позволяет оценить величину вариации масс-асимметричной деформации, при делении ядер протекающей через стадию полного слияния.

Анализ полученной зависимости  $\sigma_M^2(X)$  позволил отделить реакции полного слияния (сплошная кривая) от квазиделения (пунктирная), которое в основном проявляется в области  $A_{CN} > 250$  при отношении  $A_t/A_i < 10$ , и оценить времена квазиделения и деления через составное ядро (рис. 8а,б).

На установке ДЭМАС проведены эксперименты по определению влияния углового момента на величину полной кинетической энергии в реакциях (HI, f) для диапазона  $A_t/A_i = 4 \div 20$  при различных энергиях налетающего иона.

6. Продолжались эксперименты по измерению спектров высокоэнергетических  $\gamma$ -

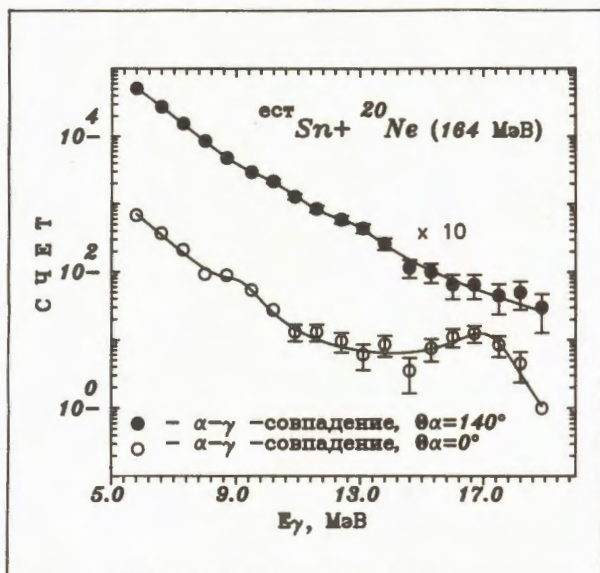


Рис. 9. Спектры  $\gamma$ -квантов, измеренных в совпадении с  $\alpha$ -частицами, зарегистрированными под углами  $0^\circ$  ( $\circ$ ) и  $140^\circ$  ( $\bullet$ ) в реакции  $\text{Sn} + {}^{20}\text{Ne}$  при энергии ионов 164 МэВ

квантов в различных каналах реакции  $\text{Sn} + {}^{20}\text{Ne}$  при энергии бомбардирующих ионов 164 и 196 МэВ. Обнаружена существенная разница в  $\gamma$ -спектрах, измеренных в совпадении с заряженными частицами под передними и задними углами, относительно направления пучка ионов, рис.9. Этот эффект может быть интерпретирован как зависимость расщепления гигантского резонанса от угла поворота ядерной молекулы, образуемой ядрами мишени и бомбардирующего иона<sup>[10]</sup>.

7. С целью выявления эффекта центробежной фрагментации были проведены эксперименты по изучению эмиссии ядер легких элементов в двух реакциях, характеристики которых представлены в табл.2<sup>[11]</sup>.

Были измерены энергетические спектры и угловые распределения легких элементов. В энергетических спектрах выделены части, обусловленные эмиссией из возбужденного состава ядра или распадом двойной ядерной системы, в угловых распределениях — симметричные в с.ц.м. компоненты. Сечения образования легких элементов с указанными свойствами, нормированные на

Сцинтилляционные детекторы установки ПЭГАС





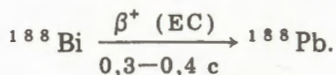


| № реакции | Реакция                            | Составное ядро         | $E_{\text{цм}}$ МэВ | $E_{\text{воз}}$ МэВ | $h$ макс | Вклад от центробежной фрагментации |
|-----------|------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|----------|------------------------------------|
| 1         | $^{232}\text{Th} + ^{12}\text{C}$  | $^{244}_{96}\text{Cm}$ | 167                 | 145                  | 65       | нет                                |
| 2         | $^{181}\text{Ta} + ^{52}\text{Cr}$ | $^{233}_{97}\text{Bk}$ | 291                 | 130                  | 65       | должен быть                        |

сечения образования составного ядра и приведенные к одинаковой энергии возбуждения, представлены на рис.10. Обращает на себя внимание большое различие сечений образования легких элементов в этих реакциях. Для серы, хлора, кремния различие достигает четырех порядков. Различия в сечениях трудно объяснить в рамках существующих моделей полного слияния ядер. Как известно, распад составного ядра не зависит от способа его образования. Составные ядра в этих реакциях имеют соседние атомные номера, но заметно различаются числом нейтронов. Для выяснения влияния этого фактора выход легких элементов был измерен в реакции  $^{197}\text{Au} + ^{40}\text{Ar}$ , в которой составное ядро  $^{237}\text{Bk}$  имеет на четыре нейтрона больше, чем в реакции  $^{181}\text{Ta} + ^{52}\text{Cr}$ . Соответствующие данные приведены также на рис.10. Из них следует,

что вариации нейтронов в реакциях с ионами  $^{12}\text{C}$  и  $^{52}\text{Cr}$  вряд ли могут так резко повлиять на выход ядер легких элементов. По-видимому, наблюдаемое различие обусловлено процессом центробежной фрагментации — распадом двойной ядерной системы на пути к составному ядру из промежуточных конфигураций. Центробежная фрагментация должна проявиться во второй реакции, но ее не может быть в первой, в которой была зарегистрирована эмиссия легких ядер из возбужденного составного ядра. Во второй реакции доминирующий вклад в их образование дает центробежная фрагментация, предшествующая формированию составного ядра.

8. Продолжались эксперименты по изучению  $\beta$ -запаздывающего деления ультранейтрондефицитных изотопов доактинидных ядер<sup>/12/</sup>. Значительный эффект запаздывающего деления был обнаружен в реакции  $^{147}\text{Sm} + ^{45}\text{Sc}$ , где при дозе облучения  $2,3 \cdot 10^{18}$  частиц  $^{45}\text{Sc}$  зарегистрировано около 140 событий деления с  $T_{1/2} \approx 0,4$  с. Активность запаздывающего деления с похожим периодом полураспада и в 2—3 раза меньшим выходом наблюдалась также в реакции  $^{144}\text{Sm} + ^{48}\text{Ti}$ . Совокупность полученных экспериментальных данных дает основания полагать, что в обеих реакциях проявляется одна и та же осколочная активность, обусловленная  $\beta$ -запаздывающим делением в цепочке



Таким образом, показано, что обнаруженное ранее<sup>/13/</sup> запаздывающее деление в цепочке

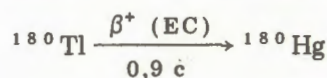
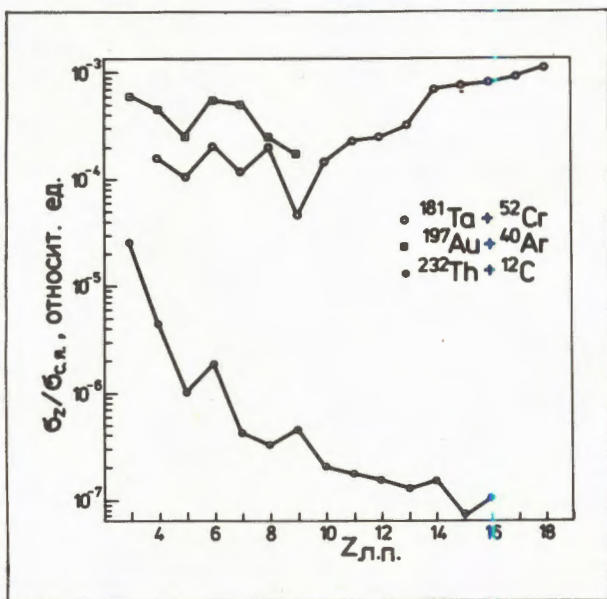


Рис. 10. Нормированные сечения образования легких элементов

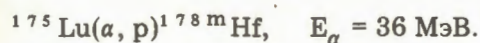
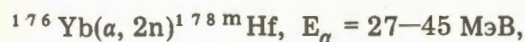




— не единственный пример  $\beta$ -запаздывающего деления в данной области.

9. Начата работа по исследованию свойств высокоспинового изомера  $^{178m}\text{Hf}$  ( $I = 16$ ). Предполагается провести эксперименты по измерению его зарядового радиуса и ядерных моментов с использованием метода резонансной лазерной флуоресценции, а также по определению параметров ротационной полосы, построенной на изомерном состоянии, с помощью кулоновского возбуждения ядер-изомеров тяжелыми ионами.

Исследованы следующие реакции получения ядер  $^{178m}\text{Hf}$  в больших количествах (до  $10^{14}$  ядер) для проведения этих экспериментов:



Измерены сечения реакций, изомерные отношения, определены условия получения изомера  $^{178m}\text{Hf}$ , отработана методика химического выделения Hf из облученных мишеней.

10. Предложен новый метод измерения оптических резонансов атомов с короткоживущими ядрами. Метод основан на явлении светоиндуцированного дрейфа атомов, заключающемся в том, что возбужденные лазерным излучением атомы увеличиваются в размерах и поэтому диффундируют в газе медленнее. Это позволяет отделить их от невозбужденных атомов и направить к детектору ядерного излучения. Предложенный

## РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ УСКОРИТЕЛЕЙ

1. На циклотроне У-400 ускорены, выведены и протраассированы на удаленную физическую мишень ионы  $^7\text{Li}$  с энергиями 8, 10, 12 МэВ/нуклон и интенсивностью  $1 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ , ионы Ag с энергией 15 МэВ/нуклон и интенсивностью  $1 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$ , ионы Zr с энергией 4,5 МэВ/нуклон и интенсивностью  $10^{10} \text{ с}^{-1}$ .

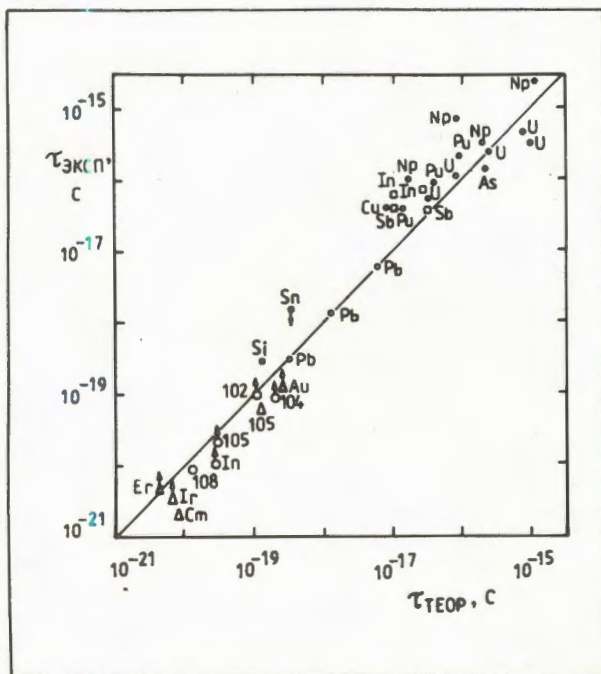


Рис. 11. Сравнение экспериментально определенных значений времени жизни сильновозбужденных ядер с расчетом при выборе температуры по формуле  $T(U) = 1,94 (U/A)^{1/3}$ . Точки соответствуют следующим экспериментальным методам: ● — эффект теней, □ — (К-Х)-излучение вакансий, ○ — угловое распределение продуктов реакции, Δ — множественность предразвалных нуклонов

метод можно использовать для оптических измерений зарядовых радиусов и ядерных моментов короткоживущих изотопов и изомеров<sup>[14]</sup>.

11. В годовом отчете ОИЯИ за 1988 г. систематика времени жизни сильновозбужденных ядер представлена в искаженном, по вине составителя, виде. В связи с этим в настоящем отчете она приводится вновь (рис. 11) без искажений по отношению к оригиналу<sup>[15]</sup>.

Пучки этих ионов предназначены для расширения возможностей проведения физических экспериментов.

2. На циклотроне У-200 создан внешний инжектор с дуговым источником многозарядных ионов<sup>[16]</sup>. На рис.12 представле-



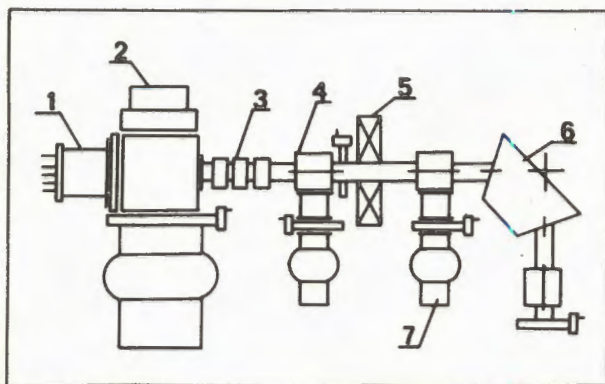


Рис. 12. Основные элементы инжектора. 1 — ионный источник, 2 — электромагнит, 3 — триплет квадрупольных линз, 4 — блок диагностики, 5 — магнитная линза, 6 — анализирующий магнит, 7 — вакуумный насос

ны основные системы инжектора. Для дугового источника, находящегося под высоким потенциалом, разработана и создана мощная схема импульсного питания. Осуществлен физический пуск инжектора. Получены и ускорены пучки ионов гелия и углерода ( $A/Z = 4$ ). Экспериментально исследовано влияние пространственного заряда на коэффициент трансмиссии канала внешней инжекции при интенсивностях до  $10^{-3}$  А.

3. Начаты исследования макета ионного источника с электронно-циклотронным резонансом (ECR) на частоте 2,45 ГГц<sup>[17]</sup> с целью изучения возможности получения пучков многозарядных ионов легких эле-

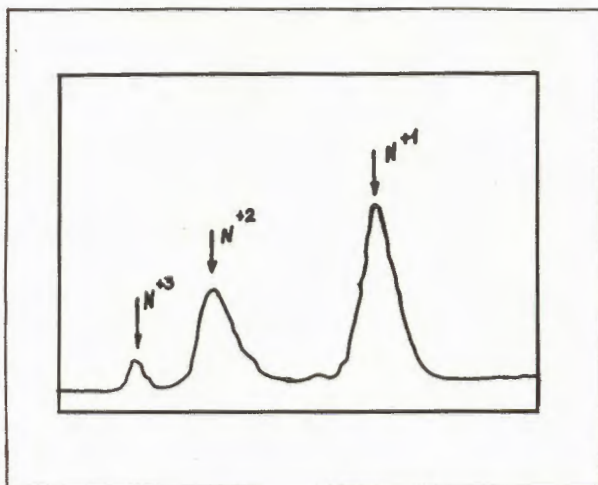
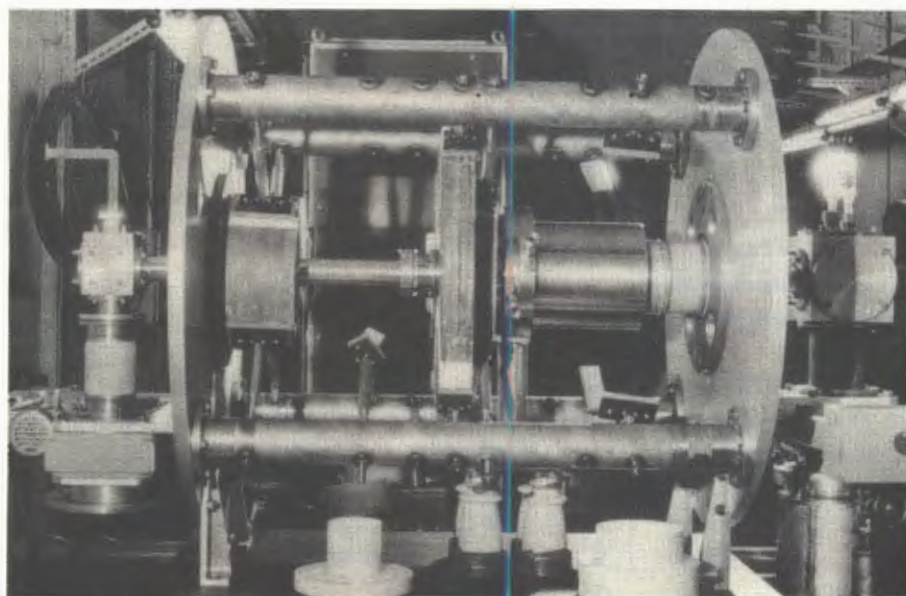


Рис. 13. Спектр ионов азота.  $U_{\text{эсп.}} = 5$  кВ

ментов с отношением массы к заряду в диапазоне  $A/Z = 2 \div 5$  для изохронного циклотрона У-200 с системой внешней инжекции. На рис.13 приведено зарядовое распределение и показана возможность получения ионов  $N^{3+}$  в таком СВЧ-разряде при давлении  $5 \cdot 10^{-6}$  Торр и мощности 160 Вт.

4. Проведены исследования разлета и дрейфа лазерной плазмы в поперечном магнитном поле с целью создания лазерного источника ионов для циклотрона<sup>[18,19]</sup>.

При разлете лазерной плазмы при условии  $\beta > 1$  ( $\beta$  — отношение газокINETического давления плазмы к магнитному давлению) обнаружено селективное воздействие



Новый тип ионного источника на основе электронно-циклотронного резонанса



Исследования и опыт использования дугового (PIG) и ECR ионных источников на циклотронах показывают (рис.14), что проблемы эффективного получения и ускорения пучков в широком диапазоне масс могут быть успешно решены.



1. Исследовалось влияние облучения тяжелыми ионами Ne и Ar на изменение характеристик внутреннего трения и модуля Юнга чистой меди при изменении температуры образцов в интервале 20–360°С. Показано, что облучение не изменяет значение температуры рекристаллизации, равное во всех случаях 140–150°С (рис.15). Это означает, что при выделении энергии в треке иона, проходящего через материал, температура в треке не превышает 150°С. Это возможно, если при прохождении через вещество энергия иона передается в основном электронной системе, в результате чего происходит быстрая диссипация энергии.

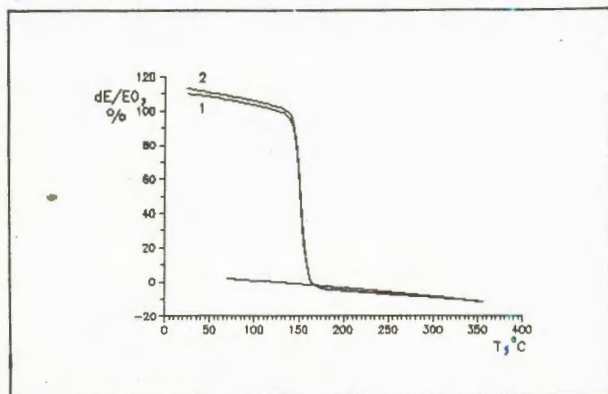


Рис. 15. Зависимость модуля Юнга от температуры: 1 — необлученный образец, 2 — образец, облученный ионами Ne с энергией 233 МэВ до дозы  $2 \cdot 10^{18}$  ион/см<sup>2</sup>

2. С помощью эффекта теней измерена повреждающая способность ионов Хе (0,9 МэВ/нуклон) при воздействии на монокристаллы алмаза и GaP. Зависимости выхода в теновом минимуме  $\chi_r$  от флюенса ионов  $\phi$ , полученные для алмаза, даны на рис.16. Радиационная стойкость алмаза, несмотря на его диэлектрические свойства, оказалась по порядку величины той же, что и у полупроводников. Для полупроводниковых монокристаллов Si, GaP, Ge повреждающая способность ( $\Delta\chi_r/\Delta\phi$ ) ионов систематизирована в зависимости от удельных потерь энергии ионов  $dE/dx$  (рис.17).

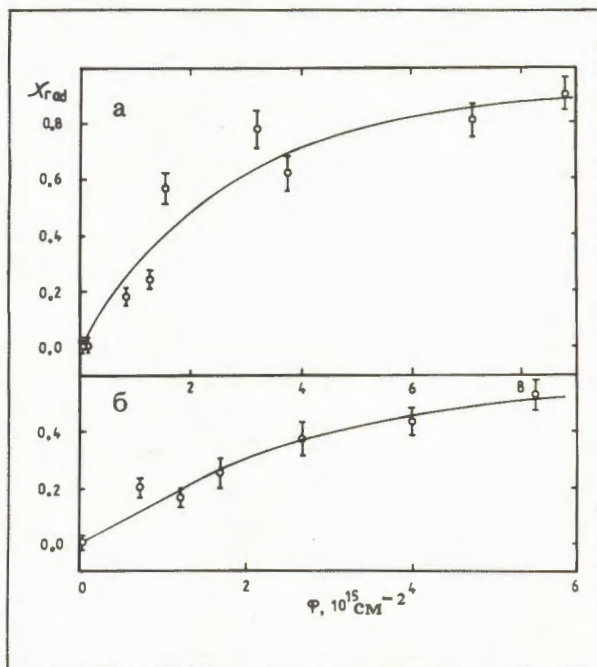
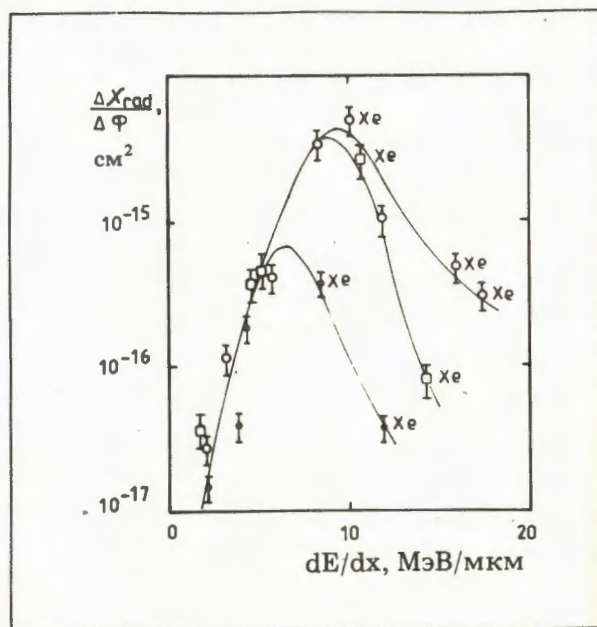


Рис. 16. Степень повреждения монокристалла алмаза как функция флюенса ионов  $^{40}\text{Ar}$  с энергией 25 МэВ (а) и  $^{129}\text{Xe}$  с энергией 122 МэВ (б), полученная путем измерения параметров теневого минимума  $\langle 110 \rangle$  при регистрации ядер отдачи (углерод) рассеяния под углом 74° к пучку

Рис. 17. Систематика повреждающей способности по параметру электронных энергетических потерь при воздействии тяжелых ионов на монокристаллы Si (●), GaP (□) и Ge (○)





Убывание степени повреждения для ионов Хе объясняется включением механизма авторекристаллизации вещества при высоком энерговыделении вдоль треков ионов<sup>/21,22/</sup>.

3. Продолжались работы по изучению поведения золота, платины и других тяжелых микроэлементов в различных экстракционных и сорбционных системах. Исследована экстракция Au, Hg, Zn, Pb и As твердыми экстрагентами на основе трибутилфосфата. Определены оптимальные условия и даны рекомендации по селективному выделению золота при ядерно-физическом анализе природных объектов (руды, воды). Разработаны методики экстракционно-рентгенофлуоресцентного анализа природных объектов на содержание золота и ряда других тяжелых элементов с чувствительностью  $10^{-6}\%$ <sup>/23/</sup>. Разработаны методики инверсионно-вольтамперометрического определения одно- и трехвалентного таллия<sup>/24/</sup>.

Исследовано поведение платины, иридия и золота в плазмохимических процессах в условиях нейтральной, окислительной и восстановительной СВЧ-плазмы. Предложены методики плазмохимического выделения платины и иридия из различных природных образцов<sup>/25/</sup>.

Исследованы формы миграции золота в термальных водах. Впервые показано, что при рассмотрении миграции золота в зоне гипергенеза необходимо учитывать возможность комплексообразования золота с нафтеновыми кислотами<sup>/26/</sup>.

4. Велись исследования в области ядерных мембран (ядерных фильтров) по следующим традиционным направлениям: разработка новых видов ядерных мембран, исследование воздействия ускоренных многозарядных ионов на полимеры и структуру трека, применение ядерных мембран для решения различных практических задач.

Получены ядерные мембраны на основе полипропилена — материала с высокой химической стойкостью, исследованы их основные структурные параметры<sup>/27/</sup>. Разработаны методики изготовления асимметричных и композиционных ядерных мембран с повышенной проницаемостью для

жидких и газообразных сред. Исследован процесс радиационной прививочной модификации полиэтилентерефталатных (ПЭТФ) ядерных мембран, что позволяет заданным образом изменять их свойства. Получены подробные данные о закономерностях прививочной полимеризации стирола на ПЭТФ-мембраны, исследована кинетика процесса прививки после облучения в воздухе и в вакууме<sup>/28/</sup>.

Обобщены последние экспериментальные данные об образовании травимых треков в полимерах. Показано, что размер зоны нарушений, оставляемых многозарядным ионом при прохождении через полимер, слабо зависит от вида полимера, что может быть объяснено в рамках модели "ионного взрыва". Предложен механизм, объясняющий формирование сердцевин и оболочки трека, различающихся характером конечных радиационно-химических эффектов<sup>/29/</sup>.

Исследованы закономерности деформирования ядерных ПЭТФ-мембран. Для анализа экспериментальных результатов применен механический подход Алфея, описывающий релаксационное деформирование полимеров. Получено аналитическое выражение, удовлетворительно описывающее поведение ядерных мембран в широком диапазоне температур и радиусов пор мембраны<sup>/30/</sup>.

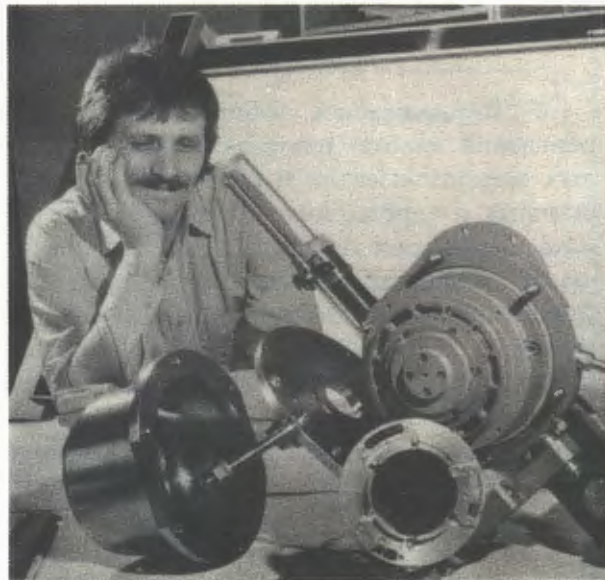
Проведены испытания ядерных мембран в системах очистки воздушных сред производственных помещений. Предложен новый подход при создании чистых производственных помещений класса 10 и выше. Проанализирована возможность организации сверхтонкой очистки воздуха ядерными мембранами в системе SMIF (Standard Mechanical Interface) современного микроэлектронного производства<sup>/31/</sup>.

Исследована возможность иммобилизации мицелиального гриба *Aspergillus clavatus* в мембранном биореакторе, содержащем ядерную мембрану. Показано, что иммобилизация клеток мицелиальных грибов в данном биореакторе позволяет увеличить сроки продуктивного функционирования клеток и избежать процедуры отделения биомассы от культуральной жидкости, что приводит к улучшению технологических характеристик процесса<sup>/32/</sup>.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

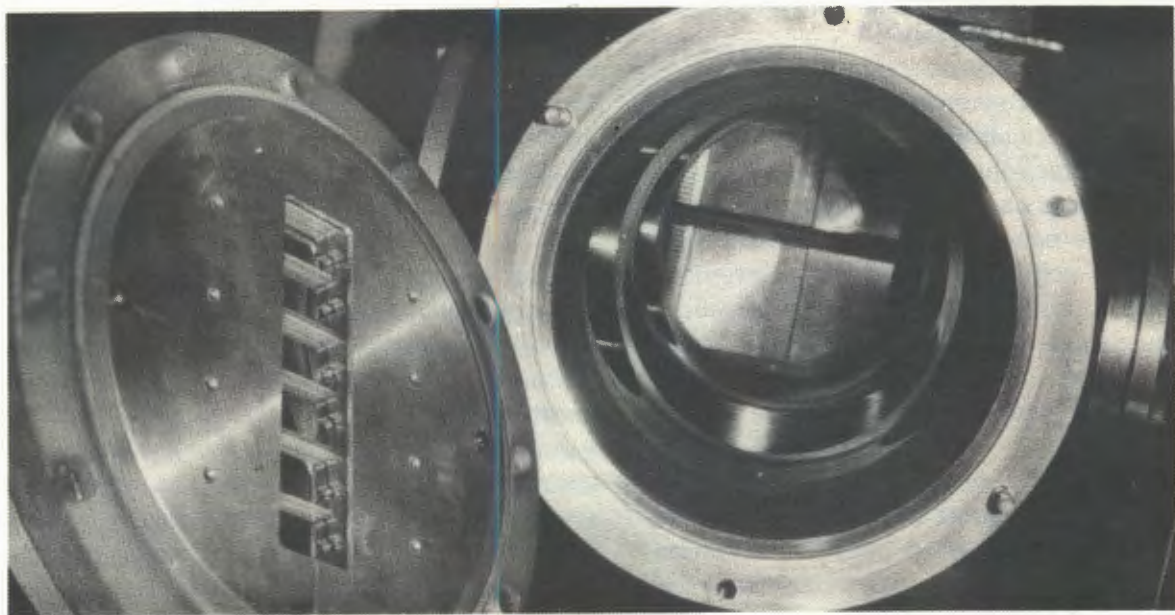
1. На пучке тяжелых ионов циклотрона У-400 введена в эксплуатацию новая крупная установка для экспериментов по синтезу трансактинидных ядер и ядер, сильно удаленных от области  $\beta$ -стабильности, — газонаполненный магнитный сепаратор продуктов реакций полного слияния  $^{133}\text{I}$ . С использованием ядерных реакций  $^{\text{ест}}\text{Dy} + ^{40}\text{Ar}$ ,  $^{\text{ест}}\text{W} + ^{22}\text{Ne}$ ,  $^{197}\text{Au} + ^{22}\text{Ne}$ ,  $^{206, 207, 208}\text{Pb} + ^{40}\text{Ar}$  и  $^{236}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$  проведены комплексные исследования характеристик сепаратора. Выполнен также обширный цикл опытов по изучению равновесных зарядов ядер отдачи в газе. Показано, что для реакций, протекающих под действием ионов  $^{40}\text{Ar}$ , эффективность собирания ядер отдачи на площадь размером  $30 \times 120 \text{ мм}^2$  в фокальной плоскости сепаратора достигает 40–60%, а коэффициенты очистки от первичного пучка бомбардирующих частиц и от мишенеподобных продуктов составляют не менее  $10^{15}$  и  $10^5$  соответственно. В реакциях, вызываемых ионами  $^{22}\text{Ne}$ , угловые распределения продуктов полного слияния более широкие, чем в реакциях с  $^{40}\text{Ar}$ , однако и в этом случае эффективность собирания ядер отдачи достигает 10% при столь же высоких факторах по-



Подготовка универсального мишенного устройства с оригинальной системой охлаждения вращающейся мишени к эксперименту

давления первичного пучка и мишенеподобных продуктов. Результаты выполненных модельных экспериментов дают основания считать, что с применением современных детектирующих систем газо-

Блок полупроводниковых детекторов, регистрирующий продукты ядерных реакций в фокальной плоскости газонаполненного сепаратора







наполненный сепаратор может эффективно использоваться для синтеза и изучения свойств новых ядер в условиях быстродействия  $\sim 1$  мкс и чувствительности по сечению образования на уровне  $10^{-35} - 10^{-36}$  см<sup>2</sup>.

2. Проведены методические работы по усовершенствованию двухплечевого время-пролетного спектрометра установки ДЭМАС. Созданы два позиционно-чувствительных многопроволочных лавинных счетчика (ПЧЛС). В результате их использования в качестве детекторов более чем в 50 раз возросла общая эффективность регистрации коррелированных продуктов реакций.

Основные характеристики спектрометра приведены в табл.3 и на рис.18.

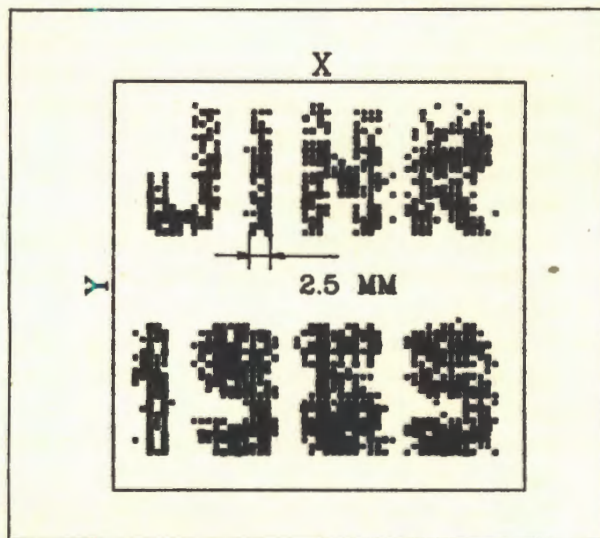


Рис. 18. X—Y диаграмма, полученная с помощью ПЧЛС при установке перед ним соответствующего шаблона

Таблица 3

|                                                                                                            |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Временное разрешение, нс                                                                                   | 250             |
| Пролетная база, мм                                                                                         | 395             |
| Координатное разрешение $\Delta x, \Delta y$ , мм                                                          | 1,5             |
| Пределы измерения углов разлета продуктов:<br>в плоскости реакции $\theta$ (от $20^\circ$ до $165^\circ$ ) | $\pm 20^\circ$  |
| вне плоскости $\phi$                                                                                       | $\pm 7,3^\circ$ |
| Точность измерения углов                                                                                   | $0,2^\circ$     |
| Телесный угол одного плеча $d\Omega$ , мср                                                                 | 185             |
| Массовое разрешение, а.е.м.                                                                                | $\pm 1,5$       |



3. Продолжались работы по созданию высокочувствительного масс-спектрометра ЛИДИА. Были проведены эксперименты по измерению фоновых характеристик масс-спектрометра с лазерным источником ионов. При работе с однозарядными ионами Та относительная чувствительность анализа в диапазоне масс  $A > 200$  составляет  $10^{-9}$  ат/ат. Было показано, что ограничение чувствительности в этом случае обусловлено вторичными процессами при взаимодействии лазерной плазмы с внутренней поверхностью источника.

Анализ перезаряженной компоненты ионного пучка  $Ta^{+2+3+}$  позволил достичь в области масс  $A > 200$  относительной чувствительности  $10^{-11}$  ат/ат.

Создана система управления и измерения масс-спектрометра. Электронная схема на основе блоков КАМАК и персональной ЭВМ "Правец-16" обеспечивает управление возбуждением восьми магнитов и магнитных линз, синхронной работой двух лазеров, двумя системами сканирования образцов, а также измерение спектра масс в токовом режиме и режиме счета отдельных ионов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щегловски З. и др. — В сб.: *Abstracts Int. Conf. "Actinides-89"*. М.: Наука, 1989, с.227-228.
2. Оглоблин А.А. и др. — В сб.: *Краткие сообщения ОИЯИ*, № 2(35)-89, Дубна, 1989, с.43-46.
3. Перельгин В.П., Стеценко С.Г. — *Письма в ЖЭТФ*, 1980, 32, с.622-625.
4. Перельгин В.П., Стеценко С.Г. — *Письма в ЖЭТФ*, 1989, 49, в.5, с.257-260.
5. Ogloblin A.A., Penionzhkevich Yu.E. — In: *Treatise on Heavy-Ion Science*. Plenum Press, N.Y., 1989, v.8, p.260.
6. Oganessian Yu.Ts., Penionzhkevich Yu.E., Kalpakchieva R. — *JINR Preprint E7-89-126*, Dubna, 1989.
7. Lukyanov S.M. et al. — *JINR Preprint E7-89-448*, Dubna, 1989.
8. Guillemaud-Mueller D. et al. — *Z. für Phys.*, 1989, 332A, No.2, p.189.
9. Lewitowicz M. et al. — *Nucl.Phys.*, 1984, A496, p.477.
10. Каманин В.В. и др. — *ЭЧАЯ*, 1989, т.20, вып.4, с.741.
11. Мезенцев А.Н. и др. — В сб.: *Аннотации Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов*. ОИЯИ, Д7-89-531, Дубна, 1989, с.99.
12. Lazarev Yu.A. et al. — In: *Int. Conf. on Fifty Years Research in Nuclear Fission*. West-Berlin, 1989. Report HMI-B464, Hahn-Meitner Ins., West Berlin, 1989, p.6.
13. Lazarev Yu.A. et al. — *Europhys. Lett.*, 1987, v.4, p.893.
14. Гангровский Ю.П., Градечны Ч., Марков Б.Н. — *Сообщение ОИЯИ P13-89-741*, Дубна, 1989.
15. Карамян С.А. — *Изв. АН СССР, сер.физ.*, 1988, т.52, с.2196-2200.
16. Кутнер В.Б. и др. — *Труды 2-го Международного совещания по циклотронам и их применению*. ОИЯИ, Д9-89-708, Дубна, 1989, с.111.
17. Efremov A.A., Kutner V.B. — In: *Proc. XIX Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases*. 1989, Belgrade. Editor J.M.Labat. Yugoslavia. Belgrade, 1989, vol.2, p.424.
18. Быковский Ю.А. и др. — *ЖЭТФ*, 1989, т.96, в.5(11), с.1698.
19. Быковский Ю.А. и др. — *Препринт ОИЯИ P9-89-36*, Дубна, 1989.
20. Kutner V.B. et al. — *JINR Preprint E7-89-492*, Dubna, 1989.
21. Бугров В.Н., Карамян С.А. — *Препринт ОИЯИ P14-89-681*, Дубна, 1989.
22. Дидык А.Ю., Зайцев А.М., Карамян С.А. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, № 4(37)-89, Дубна, 1989, с.44-49.
23. Дмитриев С.Н. и др. — В сб.: *Труды IV Менделеевского съезда по общей и прикладной химии*. М.: Наука, 1989, т.1, с.70.
24. Дмитриев С.Н. и др. — *Геохимия*, 1989, в.10, с.1411.
25. Лебедев В.Я., Журавлева Е.Л., Дмитриев С.Н. — В сб.: *Тезисы докладов IV Всесоюзного Черняевского совещания по химии, анализу и технологии платиновых элементов*. СО АН СССР, Новосибирск, 1989, т.2, с.48.
26. Мяконький А.Г., Дмитриев С.Н. — *ОИЯИ*, P12-89-775, Дубна, 1989.
27. Flerov G.N. et al. — *JINR*, E18-89-723, Dubna, 1989.
28. Житарюк Н.И. и др. — *ОИЯИ*, 18-89-48, Дубна, 1989.



29. Апель П.Ю. — ОИЯИ, Р16-89-401, Дубна, 1989.

30. Ovchinnikov V.V. — JINR, E12-89-762, Dubna, 1989.

31. Воробьев Е.Д. и др. — ОИЯИ, 18-89-529, Дубна, 1989.

32. Белушкина И.А. и др. — ОИЯИ, 18-89-588, Дубна, 1989.

33. Оганесян Ю.Ц. и др. — Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов. ОИЯИ, Д7-89-531, Дубна, 1989, с.145.



# ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

В 1989 г. главной задачей коллектива Лаборатории нейтронной физики было проведение экспериментов по исследованию конденсированных сред и свойств атомных ядер на импульсных источниках нейтронов, в особенности свойств высокотемпературных сверхпроводников. С помощью поляризованных и неполяризованных нейтронов изучалась структура и динамика конденсированных сред, в том числе кристаллы, магнитные соединения, полиэлектролиты и фазовые переходы. Исследовались свойства атомных ядер с помощью нейтронов и фундаментальные характеристики нейтрона.

Широко велись работы по пуску новых спектрометров, совершенствованию существующих установок и разработке новых проектов для реактора ИБР-2.

Большое внимание уделялось совершенствованию базовых установок Лаборатории. Реактор ИБР-2 на обеспечение физических экспериментов отработал более 2600 часов на мощности 2 МВт, одновременно велись исследования на десяти пучках и пневмо-

транспортной установке, были завершены технический проект криогенного замедлителя и рабочее проектирование подвижного отражателя ПО-2РМ, начато изготовление его узлов. Начата разработка проекта источника нейтронов высокого разрешения. В измерительно-вычислительном центре Лаборатории запущена ЭВМ  $\mu$ VAX-II и локальная сеть Ethernet.

Прикладные исследования были сосредоточены в основном на разработке и освоении новых методик неразрушающего элементного анализа и создании новых приборов на основе сквидов, работающих при температуре жидкого азота.

Крупным событием явилось проведение в Дубне Международного семинара по высокотемпературной сверхпроводимости с участием 200 ученых из 26 стран.

Продолжалось активное научное сотрудничество с институтами стран-участниц ОИЯИ, а также Институтом Лауэ — Ланжевена (Гренобль, Франция) и Лабораторией Резерфорда — Эпплетона (Великобритания).

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

### ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

1. На реакторе ИБР-2 и нейтронном источнике ISIS (Лаборатория Резерфорда — Эпплетона, Великобритания) с помощью неупругого некогерентного рассеяния нейтронов определены параметры кристаллических электрических полей в высокотемпературных сверхпроводниках  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  и  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ , допированных тулием. Обнаружено уменьшение ширины линий переходов между уровнями кристалличес-

кого поля, обусловленное открытием энергетической щели при переходе в сверхпроводящее состояние (рис.1). На уровне точности эксперимента была сделана оценка для величины энергетической щели:  $2\Delta(0) > 14,2$  мэВ. Анализ температурной зависимости ширин линий переходов для образца в несверхпроводящем состоянии позволил оценить также константу, характеризующую силу взаимодействия между зонными и локализованными электронами  $\rho' = 0,025 \pm 0,005^{1/1}$ .



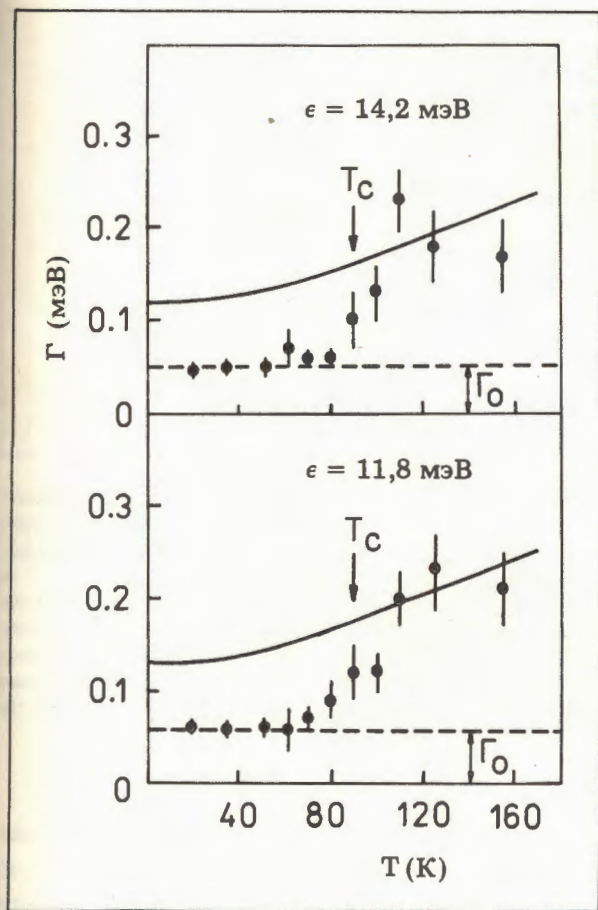


Рис. 1. Температурная зависимость ширин переходов между уровнями кристаллического поля в высокотемпературном сверхпроводнике  $Tm_{0,1}Y_{0,9}Ba_2Cu_3O_{0,9}$  при передачах энергии 14,2 мэВ и 11,8 мэВ (точки). Сплошная линия — расчетная кривая в предположении отсутствия сверхпроводящего перехода

2. Методом нейтронографии в реальном масштабе времени исследована реакция синтеза керамики  $YBa_2Cu_3O_x$  из  $Y_2O_3$ ,  $BaCO_3$  и  $CuO^{1/2}$ . Дифракционные спектры в интервале межплоскостных расстояний  $1,5 \text{ \AA} \leq d_{hkl} \leq 20 \text{ \AA}$  измерялись непрерывно в течение 15 часов с временным шагом 5 мин. Было обнаружено, что в режиме постепенного нагревания смеси от  $20^\circ\text{C}$  до  $940^\circ\text{C}$  реакция протекала в три стадии: распад исходных веществ, образование и распад промежуточных фаз, образование конечного продукта (рис.2а,б). Конечный продукт — тетрагональная фаза  $YBa_2Cu_3O_x$  возникает при температуре  $T \geq 870^\circ\text{C}$ . Кинетика его образования соответствует реакции, идущей на границе раздела фаз. Установлено, что при охлаждении образца до  $160^\circ\text{C}$ , после завершения процесса синтеза, происходит переход в ромбическую фазу, а содержание кислорода в цепочках  $Cu-O$  постепенно возрастает до  $\sim 0,7$  атома на ячейку.

3. Совместно с Институтом физики (Прага) проведено нейтронографическое исследование модулированной структуры сверхпроводника  $Bi_2(Sr, Ca)_3Cu_2O_{8+\gamma}$ . Эксперименты проводились в широкой области обратного пространства с помощью время-пролетного нейтронного дифрактометра с однокоординатным позиционно-чувствительным детектором. Модуляция структуры была уточнена по набору дифракционных

Установка с датчиком сквид для измерения магнитного момента. На снимке: Н.М.Плакида, В.Л.Аксенов и Б.В.Васильев обсуждают технические параметры нового прибора





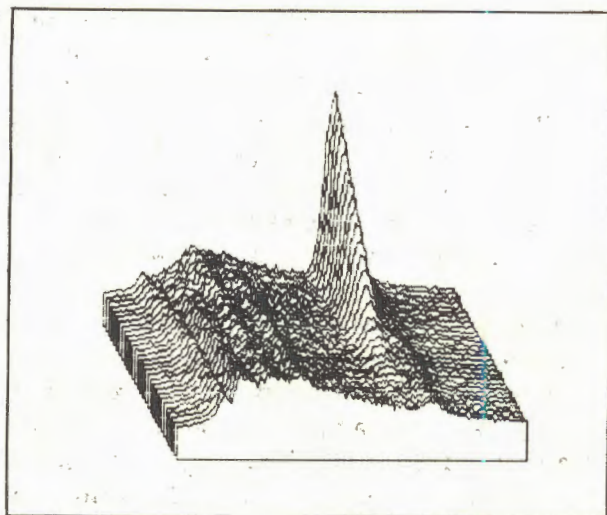


Рис. 2а. Эволюция во времени дифракционного пика с  $d = 11,95 \text{ \AA}$  в ходе синтеза соединения  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Горизонтальная ось соответствует межплоскостным расстояниям от 2 до  $17 \text{ \AA}$ . Ось времени уходит вглубь рисунка. Вдоль нее расположены 30 дифракционных спектров, каждый из которых измерен в течение 5 минут

рефлексов, полученных от монокристаллического блока размерами  $1,5 \times 1,0 \times 0,03 \text{ мм}$ . Установлена соизмеримая модуляция с периодом  $4,75 \cdot a$ , что дает сверхрешетку  $19a \times b \times c$  ( $a = 5,397 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,401 \text{ \AA}$ ,  $c = 30,716 \text{ \AA}$ ) и симметрию  $R_{32}$ . Основной чертой структуры является периодическое внедрение дополнительных рядов атомов кислорода в плоскости  $\text{BiO}$ , что вызывает большие модуляции всех слоев структуры<sup>13</sup>.

Обработка данных, полученных в экспериментах по дифракции нейтронов в реальном масштабе времени на дифрактометре ДН-2

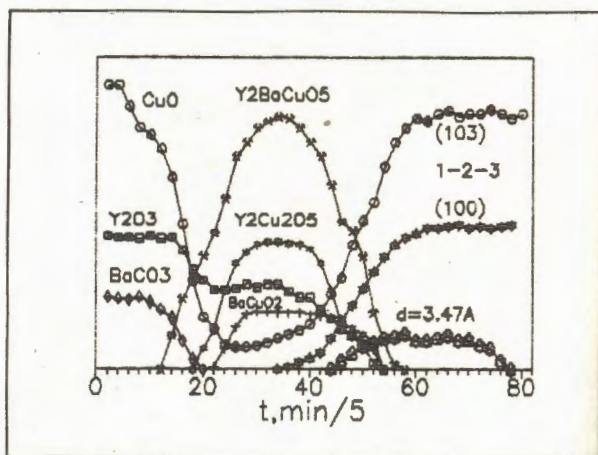


Рис. 2б. Зависимость интенсивности дифракционных пиков от времени для некоторых соединений, образующихся в ходе синтеза высокотемпературного сверхпроводника  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Видны три стадии реакции: начальная — распад исходных компонент смеси, промежуточная — образование промежуточных продуктов и конечная — формирование структуры 1-2-3. Для конечной стадии показана эволюция интенсивности двух дифракционных пиков (103) и (100)

4. Совместно с Институтом кристаллографии АН СССР продолжались работы по исследованию замещения меди на железо в сверхпроводнике  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Была использована изотопическая смесь, обогащенная на 95%  $^{57}\text{Fe}$ . Это позволило более точно определить вероятности попадания атомов Fe в узлы  $\text{Cu} - 1$  (цепочки  $\text{Cu} - \text{O}$ ) и  $\text{Cu} - 2$  (плоскости  $\text{Cu} - \text{O}_2$ ). Оказалось, что вплоть до концентраций железа  $x_0 \approx 0,1$  его содержание в позициях  $\text{Cu} - 2$  близко к нулю. С дальнейшим ростом концентрации  $x = x_0 + \Delta x$  "избыточное" количество железа  $\Delta x$  примерно равномерно распределяется по узлам  $\text{Cu} - 1$  и  $\text{Cu} - 2$ <sup>14</sup>.

5. Одной из наиболее активно развиваемых в настоящее время физических идей является понятие фрактальной структуры, размерности. Метод малоуглового рассеяния нейтронов является мощным инструментом для исследования фрактальных объектов. В Лаборатории впервые были проведены такие эксперименты на порошках кальцитов и апатитов. Обнаружено, что поверхность этих образцов является фрактальной, определена ее фрактальная размерность (рис.3).

Полученные результаты могут иметь фундаментальное значение с точки зрения



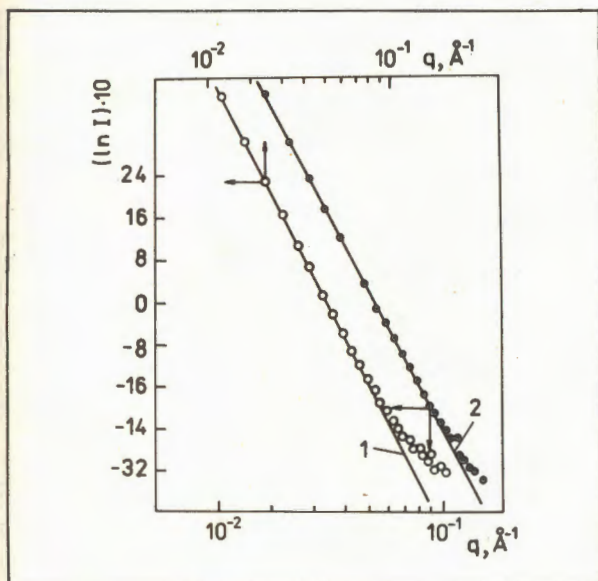


Рис. 3. Зависимость интенсивности малоуглового рассеяния нейтронов от переданного импульса для порошков кальцитов двух типов. Образец 1 — фрактальная размерность поверхности  $D = 2,5$ , образец 2 —  $D = 2,00$

проверки теоретических представлений о взаимодействии коллоидов, в том числе в процессе флотации<sup>15</sup>.

6. С помощью малоуглового рассеяния нейтронов исследованы обращенные мицеллы в системе АОТ — бензол — вода. Методом вариации контраста растворителя (смеси Н— и Д— бензола) найдено, что объем, приходящийся на одну молекулу АОТ в мицелле, неожиданно сильно возрастает при добавлении к "сухим" мицеллам небольшого количества воды. Наблюдаемая зависимость радиуса инерции мицеллы от контраста хорошо согласуется с общепринятой схемой структурной организации обращенных мицелл, в том числе и для "сухих" мицелл<sup>16</sup>.

7. Существовавшая до недавнего времени модель структуры липидных мембран входила в противоречие с рядом экспериментальных фактов. В 1984 году В.Г.Ивковым (ИБФ АН СССР) была предложена кластерная модель липидных мембран (рис.4). В проведенных в ЛНФ совместно с ИБФ АН СССР и МГУ нейтронографических исследованиях обнаружено в  $L_\alpha$ -фазе мембран из дипальмитоилфосфатидилхолина наличие "избыточного" рассея-

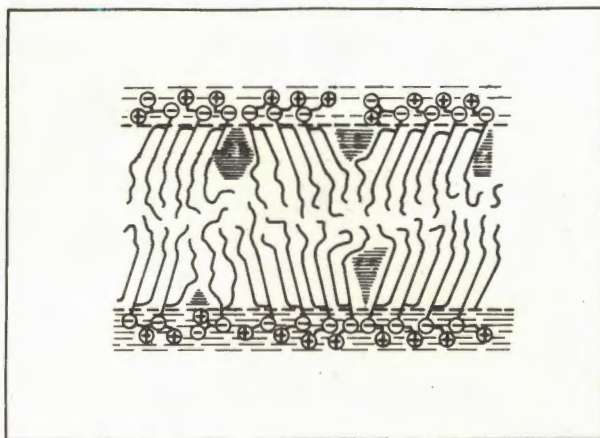
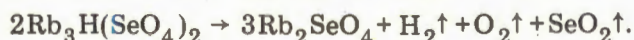


Рис. 4. Схематическая картина расположения молекул в жидком липидном бислое. Кластерная модель мембран

ния, которое было интерпретировано в рамках кластерной модели липидного бислоя<sup>17</sup>.

8. Совместно с сотрудниками Резерфордской лаборатории (Великобритания) и Института кристаллографии АН СССР проведено исследование протонного суперionного проводника  $\text{CsHSO}_4$  методом релаксации спина положительного мюона. Суперionный фазовый переход был зарегистрирован как по скачку скорости релаксации спина мюона, так и по температурному изменению параметра асимметрии вылета позитронов. Полученные данные подтвердили, что высокая ионная проводимость в данном образце обусловлена высокой подвижностью протонов в суперionной фазе<sup>18</sup>.

9. В совместных с Институтом кристаллографии экспериментах по дифракции нейтронов получены новые необычные результаты по фазовым переходам в кристалле  $\text{Rb}_3\text{H}(\text{SeO}_4)_2$ . Этот кристалл при повышении температуры до 606 К изменяет свои свойства. На основании ранее проведенных экспериментов считалось, что при этой температуре происходит фазовый переход. Однако анализ данных по нейтронной дифракции показал, что при 606 К происходит не фазовый переход, а разложение образца в соответствии со схемой





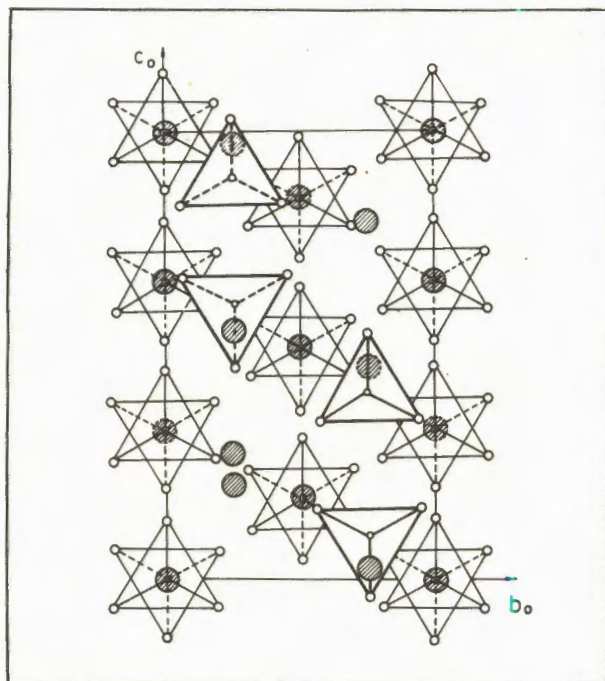


Рис. 5. Проекция кристаллической структуры  $\text{Rb}_3\text{H}(\text{SeO}_4)_2$  в фазе сосуществования со структурой  $\text{Rb}_2\text{SeO}_4$  (тетраэдры  $\text{Rb}_2\text{SeO}_4$  показаны жирными линиями)

При этом монокристалличность исследуемого образца сохраняется и в нем сосуществуют структуры  $\text{Rb}_3\text{H}(\text{SeO}_4)_2$  и  $\text{Rb}_2\text{SeO}_4$  (рис. 5) <sup>19</sup>.

## ФИЗИКА ЯДРА

1. Активно продолжались измерения методом суммирования амплитуд совпадающих импульсов интенсивностей двухквантовых каскадов, заканчивающихся на низколежащих уровнях. Получены новые данные о схемах распада из реакции  $(n, 2\gamma)$  для компаунд-ядер  $^{146}\text{Nd}$ ,  $^{174}\text{Yb}$ ,  $^{187}\text{W}$  <sup>10-12</sup>, а также проведено сопоставление распределений сумм интенсивностей первичных  $\gamma$ -переходов радиационного захвата нейтронов с распределением силы фрагментации одноквазичастичных состояний деформированного потенциала Вудса-Саксона в зависимости от возбуждения компаунд-ядер  $^{165}\text{Dy}$ ,  $^{175}\text{Yb}$ ,  $^{179}\text{Hf}$  <sup>13</sup>. Показано, что расчетное положение области максимальной концентрации силы фрагментируемых состояний  $510\uparrow$ ,  $521\downarrow$ ,  $501\uparrow$  и  $501\downarrow$  в пределах нескольких сотен кэВ совпадает с той областью энергий возбуждения рассматри-

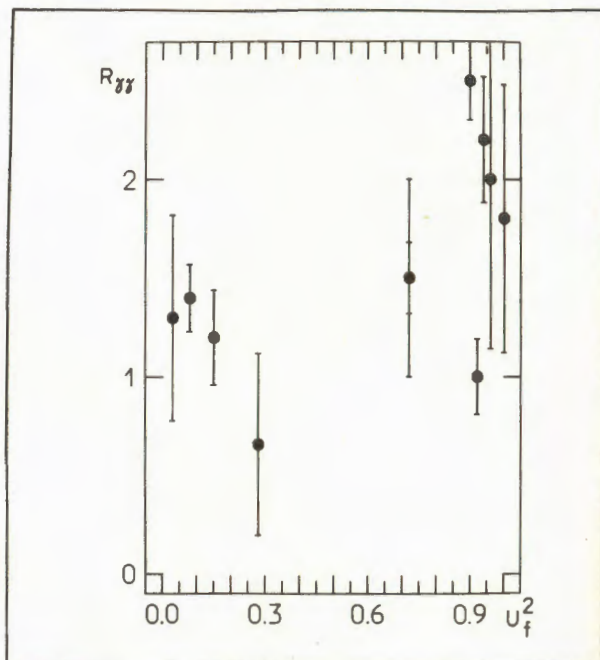


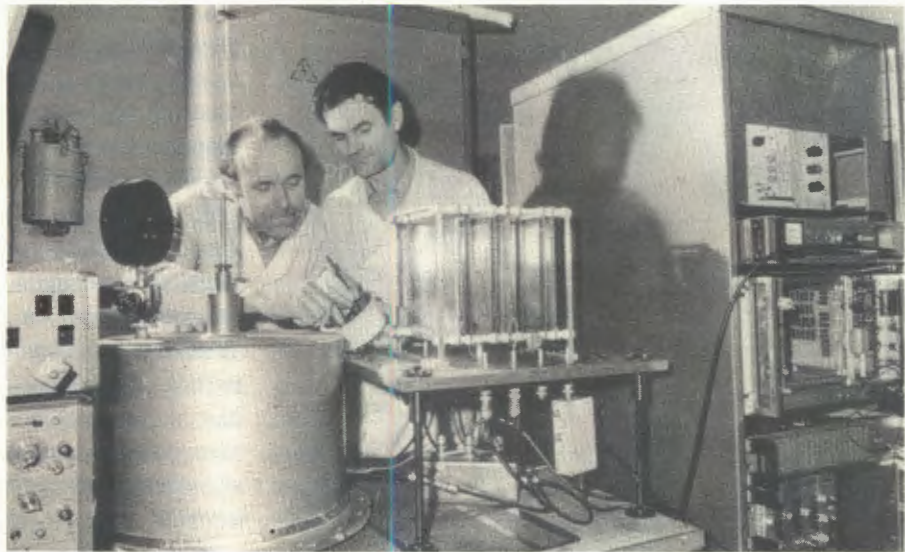
Рис. 6. Отношение суммы экспериментальных интенсивностей всех возможных двухквантовых каскадов на уровни ротационных полос низколежащих состояний  $^{165}\text{Dy}$ ,  $^{175}\text{Yb}$ ,  $^{179}\text{Hf}$  к теоретическим как функция параметра  $U_f$ -состояния, определяющего структуру их конечного уровня

ваемых ядер, где наблюдается значительное усиление интенсивности первичных переходов (рис. 6). Высказано предположение, что наблюдаемое экспериментальное усиление интенсивности первичных переходов обусловлено наличием заметных одноквазичастичных компонент волновых функций двух состояний, связанных первичным переходом.

2. На пучке нейтронов бустера ИБР-30 + ЛУЭ-40 проведены исследования  $\alpha$ -распада высоковозбужденных состояний  $^{188}\text{Os}$  <sup>14,15</sup>. С помощью двухсекционной ионизационной камеры с сеткой впервые удалось определить  $\alpha$ -ширины двух резонансов с  $E_0 = 9,47$  эВ и  $12,7$  эВ, которые равняются  $(6,8 \pm 1,0) \cdot 10^{-9}$  эВ и  $(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-9}$  эВ. Для интервалов энергий нейтронов 38 — 53, 53 — 150 и 150 — 302 эВ получены средние значения  $\alpha$ -ширин и определены на их основе  $\alpha$ -частичные силовые функции  $S_\alpha$  (в единицах  $\text{МэВ}^{-1} \cdot 10^{-2}$ )  $23 \pm 14$ ;  $8,6 \pm 6,4$  и  $14 \pm 12$  соответственно. Экспериментальные значения  $S_\alpha$  несколько превышают теоретическое значение  $S_\alpha = 4,8$ , рассчитанное по модели "черного" ядра.



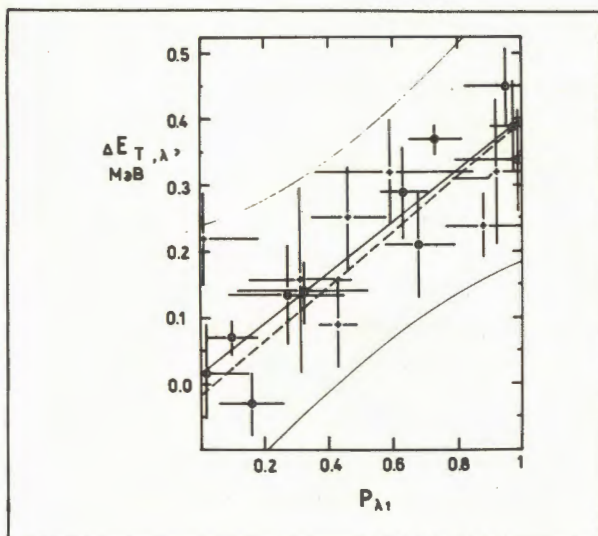
Наладка аппаратуры спектрометрического комплекса для изучения процессов протонного и  $\alpha$ -распадов компаунд-состояний



В реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$  получены новые данные<sup>/16/</sup> о протонных ширинах резонансов при энергиях 398 и 4249 эВ:  $\Gamma_p = 0,24 \pm 0,07$  и  $0,17 \pm 0,10$  эВ соответственно.

3. Анализ совокупности данных о характеристиках деления двухканальных (по  $K=1,2$ ) резонансов  $^{235}\text{U}$  с  $J=4^-$ <sup>/17/</sup> позволил выявить закономерности в поведении наблюдаемых в экспериментах величин (коэффициента анизотропии разлета осколков, их полных кинетических энергий, независимых выходов), обусловленные степенью открытости канала  $P_{\lambda 1}$ . На рис.7 показана

Рис. 7. Корреляция флуктуаций полной кинетической энергии с величиной открытости канала  $P_{\lambda 1}$



корреляция флуктуаций полной кинетической энергии с величиной открытости канала  $P_{\lambda 1}$ .

На бустере ИБР-30 исследованы относительные выходы  $R$  мгновенных  $\gamma$ -лучей деления в резонансах  $^{235}\text{U}$  и  $^{237}\text{Np}$  в интервале до 110 эВ для урана и 200 эВ для нептуния<sup>/18/</sup>. При помощи большого жидкостного сцинтилляционного детектора регистрировались 3 и более  $\gamma$ -кванта в совпадениях с импульсами от осколков деления. Найдено, что значения  $R$  в резонансах  $^{235}\text{U}$  антикоррелируют с множественностями мгновенных нейтронов деления  $\nu_n$ , измеренными в NBS (США), а множественность  $\gamma$ -лучей в первой группе резонансов  $^{237}\text{Np}$  при  $E \approx 40$  эВ больше, чем для резонансов  $^{235}\text{U}$ , и составляет величину  $\nu_\gamma \approx 9$ .

4. Представляющую определенный интерес информацию об "отрицательных" нейтронных резонансах (т.е. о возбуждениях ядер ниже энергии связи нейтрона) получают из интегральных сечений нейтронных реакций и только для  $s$ -резонансов. Исследования угловой зависимости упругого рассеяния нейтронов в резонансной области позволили впервые в нейтронной спектроскопии оценить ширины отрицательных резонансов<sup>/19,20/</sup>. Это сделано для резонансов, соответствующих четвертому возбужденному состоянию  $^{12}\text{B}$  и второму и четвертому состояниям  $^{10}\text{Be}$ . Значения ширин близки к теоретическим вигнеровским пределам.





Подготовка эксперимента по исследованию флуктуации выхода осколков при делении  $^{235}\text{U}$  резонансными нейтронами

5. Измерены спектры  $\gamma$ -лучей при радиационном захвате тепловых нейтронов в  $\text{Be}$ ,  $^{11}\text{B}$  и  $\text{C}^{12}$ . В  $\text{Be}$  и  $\text{C}$  наблюдались известные переходы с энергией выше 1 МэВ. Эти элементы использовались в качестве стандарта для определения абсолютного выхода  $\gamma$ -квантов при распаде компаунд-состояния  $^{12}\text{B}$ , в котором наблюдался только прямой переход в основное состояние с выходом  $20 \pm 8$   $\gamma$ -квантов на 100 захватов.

6. В выполненных теоретических исследованиях<sup>/22/</sup> показано, что экспериментальные спектроскопические факторы кластеров имеют большие неопределенности в абсолютных величинах, тогда как относительные

структурные факторы запрета кластерного распада определяются однозначно. Неопределенности связаны с недостаточной информацией о соответствующих оптических потенциалах.

Рассмотрена<sup>/23/</sup> связь заселения изомеров с некоторыми задачами исследования фото- и электроядерных реакций. Описана модель расчетов  $\gamma$ -каскадов и результаты ее проверки на примере  $(n, \gamma)$ -реакции на тепловых нейтронах и  $(\gamma, \gamma)^m$ -реакции. Проверка показала наличие хорошего согласия с экспериментальными данными. Рассмотрена относительная роль в заселении изомеров вкладов различных мультипольностей как в процессах фотопоглощения, так и в  $\gamma$ -каскаде. Получено подтверждение высказанного ранее предположения о возможности использования реакций с заселением высокоспиновых изомеров для выделения Е2-фотопоглощения.

Для описания нуклона в ядерном веществе при отличной от нуля температуре  $T$  развита модель кирального мешка СВМ<sup>/24/</sup>, включающая термодинамические флуктуации пионного поля, взаимодействующего с кварками на поверхности мешка. При большой плотности и температуре ядерного вещества растет среднее пионное поле СВМ и его квантовые и термодинамические флуктуации. Поэтому оказалось необходимым развить СВМ, последовательно включающую существенно нелинейное взаимодействие кварков с пионным полем СВМ, как классическим, так и квантовым<sup>/25,26/</sup>.

Исследовано изменение мешка-нуклона с ростом температуры ядерной среды. Оказалось, что из-за роста с температурой термодинамических флуктуаций пионного поля становится невозможным при  $T > T_c$  существование мешка-нуклона. В таких условиях ядерное вещество не может состоять лишь из нуклонов, и следует ожидать появления иной, ненуклонной фазы.

Для ядерного вещества обычной плотности выполнены уточненные расчеты размеров нуклона, для чего использован эффективный трансляционно-инвариантный лагранжиан, построенный на основании исходной СВМ<sup>/27/</sup>.

В работе<sup>/28/</sup> рассмотрено алгебраическое описание динамической дифракции на многоатомных идеальных кристаллах и показано, что магнитное рассеяние на искажен-



ных электронных оболочках может дать объяснение аномальному рассеянию нейтронов, наблюдаемому ранее на монокристалле  $^{186}\text{W}$ .

Были сформулированы и решены уравнения  $^{129}$ , определяющие перенос излучения в плоских средах конечной толщины через отражение и затухание излучения в полубесконечной среде. Используемая методика применима не только к однородным средам, но и для задач транспортировки в произвольных неоднородных средах.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

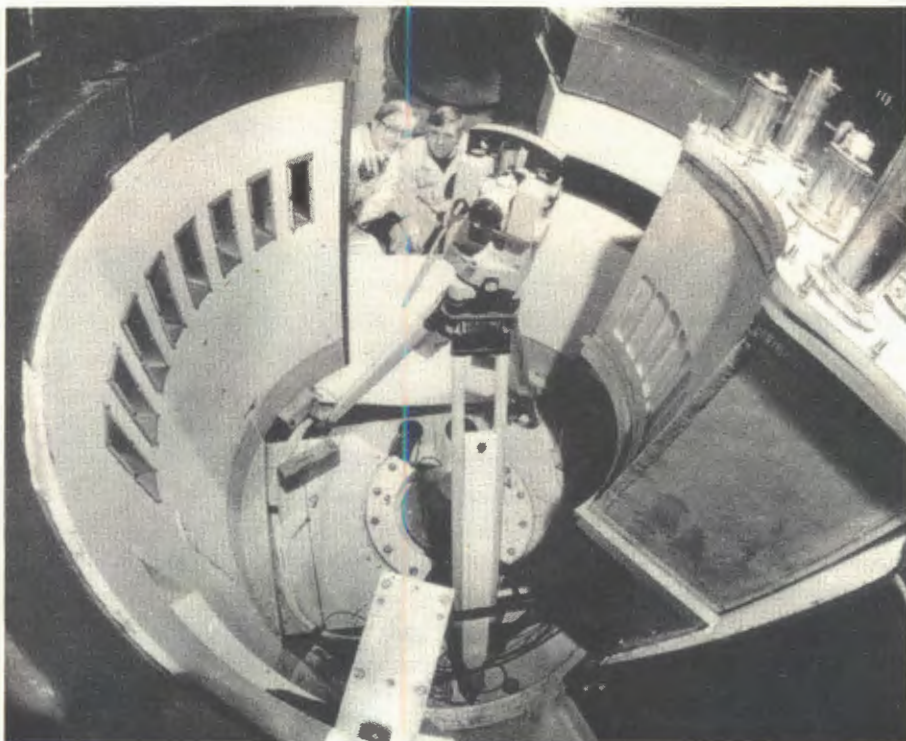
1. В 1989 году был завершен физический пуск крупного спектрометрического комплекса ДИН-2 на реакторе ИБР-2, создаваемого совместно сотрудниками ФЭИ (Обнинск) и ОИЯИ  $^{130}$ . Комплекс ДИН-2 позволяет проводить исследования атомной динамики веществ, начиная от металлов и сплавов и кончая биологическими объектами.

2. На 7 пучке реактора ИБР-2 на 100-метровой базе с зеркальными нейтронводами (длиной по 80 метров каждый) осуществлен

физический пуск спектрометров НЕРА-ПР и НСВР. На спектрометре НЕРА начаты исследования физических характеристик установки и наладочные работы с пучком. Спектрометр НСВР уже начал использоваться для текстурных задач и исследования рассеяния нейтронов в жидкостях.

3. Проведены исследования основных характеристик импульсной магнитной установки для нейтронографии магнитных фазовых состояний, индуцируемых магнитным полем  $^{131}$ . На основе полученных на ИБР-2 экспериментальных данных по кинетике фазовых переходов в антиферромагнетиках предложен проект дополнения существующего спектрометра СНИМ-2 генератором прямых импульсов магнитного поля  $^{132}$ .

4. С точки зрения эксперимента по малоугловому рассеянию нейтронов рассмотрена задача определения анизотропного фактора (структурного фактора) макромолекулярного клубка жидкокристаллического полимера. Показано, что поворот произвольно ориентированного образца и проведение измерений при трех различных углах его ориентации относительно пучка позволяет определить все компоненты тен-



Спектрометр неупругого  
рассеяния нейтронов  
НЕРА-ПР



зора, характеризующего структурный фактор макромолекулярного клубка, при помощи кольцевого детектора рассеянных нейтронов, не обладающего азимутальной чувствительностью<sup>/33/</sup>.

5. Развита численный метод решения уравнения Паули для нейтрона в конечной, неоднородно-намагниченной среде, с учетом ее границ<sup>/34/</sup>. Метод позволяет единым образом рассчитать интенсивность и вектор поляризации отраженного пучка нейтронов в широком диапазоне векторов рассеяния или коэффициентов отражения. С его помощью рассмотрен ряд конкретных структур (ферро- и антиферромагнитные спирали, длиннопериодные солитоны и др.).

6. С помощью 16-секционного сцинтиляционного детектора множественности  $\gamma$ -квантов "Ромашка" и  $^3\text{He}$ -счетчиков на 500- и 1000-метровых пролетных базах импульсного источника нейтронов ИБР-30 + ЛУЭ-40 измерены функции полного пропускания и функции самоиндикации в сечении радиационного захвата нейтронов для  $^{238}\text{U}$  в широком диапазоне энергий: 0,465 — 200 кэВ<sup>/35/</sup>. Измерения функций самоиндикации впервые проведены в зависимости от кратности излучаемых  $\gamma$ -квантов для больших толщин (64 мм) фильтров из урана (пропускание  $\sim 0,02$ ).

Полученные экспериментальные данные позволяют уточнить средние резонансные

характеристики нейтронных сечений и факторы блокировки нейтронных резонансов, необходимые для расчета реакторов.

7. Продолжались исследования с ультрахолодными нейтронами (УХН). Введенный в эксплуатацию низкотемпературный источник-конвертор УХН, описанный в<sup>/36/</sup>, позволил увеличить поток УХН в 15 раз. Была разработана двухгрупповая теория диффузии УХН по нейтронотодам<sup>/37/</sup>, которая позволяет определить влияние поворотов нейтронотода на пропускание и отражение нейтронотодных систем, а также объяснить экспериментально наблюдаемую асимметрию счета УХН на выходах двух направленных под разными углами к магистральному каналу одинаковых ветвей разветвленного нейтронотода.

Методом, основанным на диффузии УХН в порошках, проведены измерения коэффициента потерь УХН при их отражении от поверхности слабопоглощающих веществ — графита и бериллия<sup>/38,39/</sup>. На обезгаженных порошках впервые получены экспериментальные данные по приведенному коэффициенту потерь УХН  $\eta$  при комнатной температуре ( $\eta = (3,5^{+3,0}_{-2,1}) \cdot 10^{-6}$  для графита и  $\eta = (4,4^{+1,7}_{-1,5}) \cdot 10^{-6}$  для бериллия), хорошо согласующиеся с расчетами, основанными на известных сечениях захвата и неупругого рассеяния нейтронов в этих веществах.

## НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

1. Продолжались работы по совершенствованию сквидов — квантовых интерферометров на основе высокотемпературной сверхпроводящей керамики. Создан одноиндуктивный радиочастотный сквид, имеющий при температуре жидкого азота чувствительность к внешнему магнитному полю  $\approx 10^{-13}$  Тл/Гц<sup>1/2</sup>. Такая чувствительность позволила зарегистрировать магнитокардиограмму сердца человека в реальном масштабе времени с разрешением не хуже 10:1 (рис.8)<sup>/40,41/</sup>. Наблюдения показали, что при записи кардиограммы основной шумовой вклад вносит не сам сквид, а вариации

магнитного поля Земли и промышленные наводки, устранение которых позволит не только уверенно регистрировать пространственно-временные кардиограммы, но и изучать их тонкую структуру, связанную с патологией сердечной деятельности.

2. Рентгеноструктурные исследования образцов  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , облученных тяжелыми ионами с энергией  $\approx 1$  МэВ/нуклон, показали, что заметные изменения содержания сверхпроводящей фазы появляются при флюенсах  $10^{14}$  ион/см<sup>2</sup>, а полная аморфизация образцов происходит при флюенсе



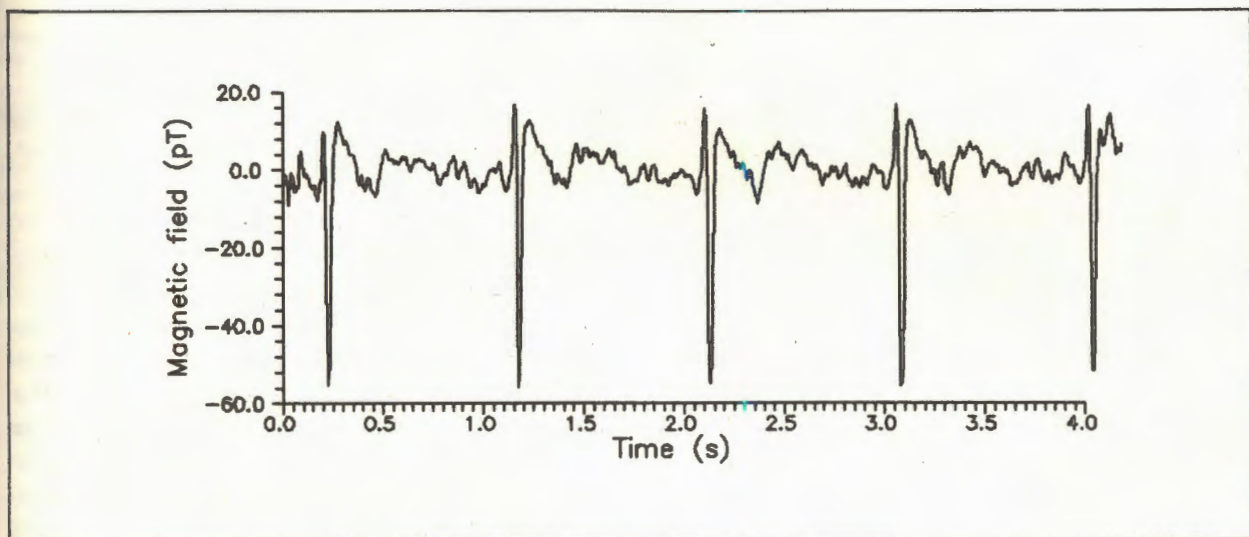


Рис. 8. Магнитокардиограмма сердца человека, измеренная магнитометром на основе ВТСП-сквида, работавшего при температуре жидкого азота

$10^{15}$  ион/см<sup>2</sup> (при облучении ионами аргона)<sup>/42/</sup>. Относительно низкая повреждающая способность тяжелых ионов может быть объяснена рекристаллизацией среды вдоль трека сильноионизирующей частицы.

3. С помощью активационного анализа изучалось влияние производств минеральных удобрений на загрязнение окружающей среды редкоземельными элементами. Получены данные об основных источниках пылевых выбросов в атмосферу, о концентрации некоторых элементов-загрязнителей в сельскохозяйственных растениях, волосах рабочих данного производства и населения прилегающих районов<sup>/43,44/</sup>.

Совместно с ЦИФИ ВАН проведены активационно-аналитические работы по определению микропримесей в высокочистых растворителях, используемых в полупроводниковых технологиях. Чистота растворителей сравнивалась с чистотой особо чистого кремния. Показано, что главными загрязнителями микросхем в используемых растворителях является натрий и железо<sup>/45/</sup>.

4. В 1989 г. совместно с ВНИИЗ проведены испытания двух приборов для определения белка в зерновых культурах (прибор АЗОТ-1) и в комбикормах и их составляющих (прибор АЗОТ-2). Документация на оба прибора по результатам испытаний была передана для изготовления опытных партий.



Подготовка образцов высокотемпературной сверхпроводящей керамики



В измерительном центре (ИЦ) ЛНФ запущена 32-разрядная ЭВМ  $\mu$ VAX-II, которая позволяет не только существенно повысить производительность центрального процессора ИЦ, но и увеличить емкость дисковой памяти на 1 гигабайт. Осуществлена связь  $\mu$ VAX-II с PDP-11/70 через локальную сеть Ethernet. На ранее созданной терминальной сети (42 терминала, подключенных к PDP-11/70) реализован режим удаленного терминала, что позволяет пользователю сети выходить на связь с  $\mu$ VAX-II.

Продолжалось развитие локальной сети SONET-2, которая была выведена в экспериментальный зал реактора ИБР-2 с целью включения в нее персональных компьюте-

ров "Правец-16", входящих в состав экспериментальных установок (НЕРА-ПР, НСВР, СНИМ-2).

Широким фронтом велись работы по переводу измерительных модулей на персональные компьютеры. На 8 спектрометрах уже проведены первые физические эксперименты, 4 модуля находятся в стадии создания. Большая работа проделана в плане модернизации детекторной электроники и блоков автоматики, в том числе стабилизации и регулировки температуры, прерывателей нейтронного пучка, системы угловых перемещений и др. Создается электронное оборудование для новых нейтронных и рентгеновских позиционно-чувствительных детекторов.

Запуск комплекса из двух ЭВМ  $\mu$ VAX-II увеличил вычислительную мощность ИВЦ ЛНФ в 5 раз



## БАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

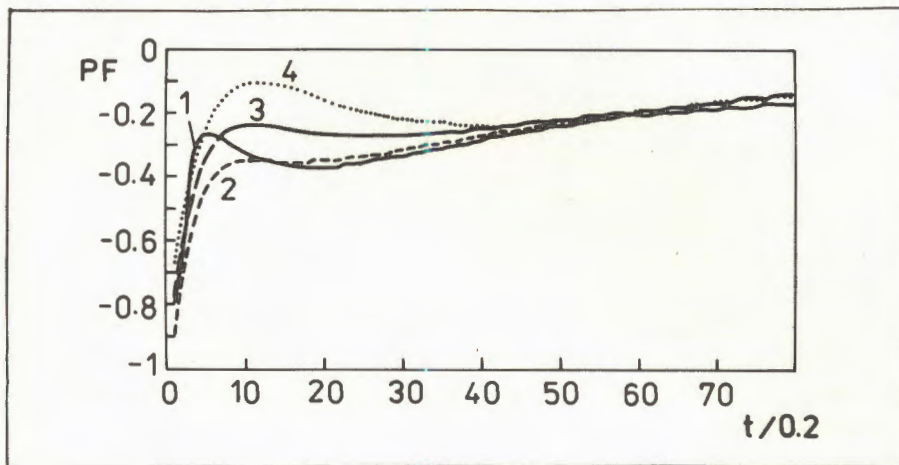
Были проведены ежегодные плановые измерения динамических свойств реактора ИБР-2, которые во многом определяют безопасность его эксплуатации. Измерения показали, что характеристики реактора как динамической системы не изменились за последний год. Кроме того, в результате измерений получены с хорошей точностью данные о влиянии расхода теплоносителя на динамические характеристики реактора (рис.9).

Разработаны и реализованы в виде программ для персонального компьютера новые методы диагностики аномальных состояний реактора по шумам энергии импульсов мощности (рис.10).

Выполнен технический проект криогенного замедлителя, проведено макетирование его узлов и исследования их напряженного состояния. Проводилось проектирование нового подвижного отражателя ПО-2РМ, начато изготовление его узлов.



Рис. 9. Импульсная характеристика обратной связи (PF в единицах реактивности / МДж) в реакторе ИБР-2; измерения 1989 г. 1 — работа реактора на мощности 2 МВт при расходе натрия 90 м<sup>3</sup>/ч, 2, 3 и 4 — мощность 0,8 МВт при расходах натрия 90, 70 и 50 м<sup>3</sup>/ч соответственно. Время t — в секундах



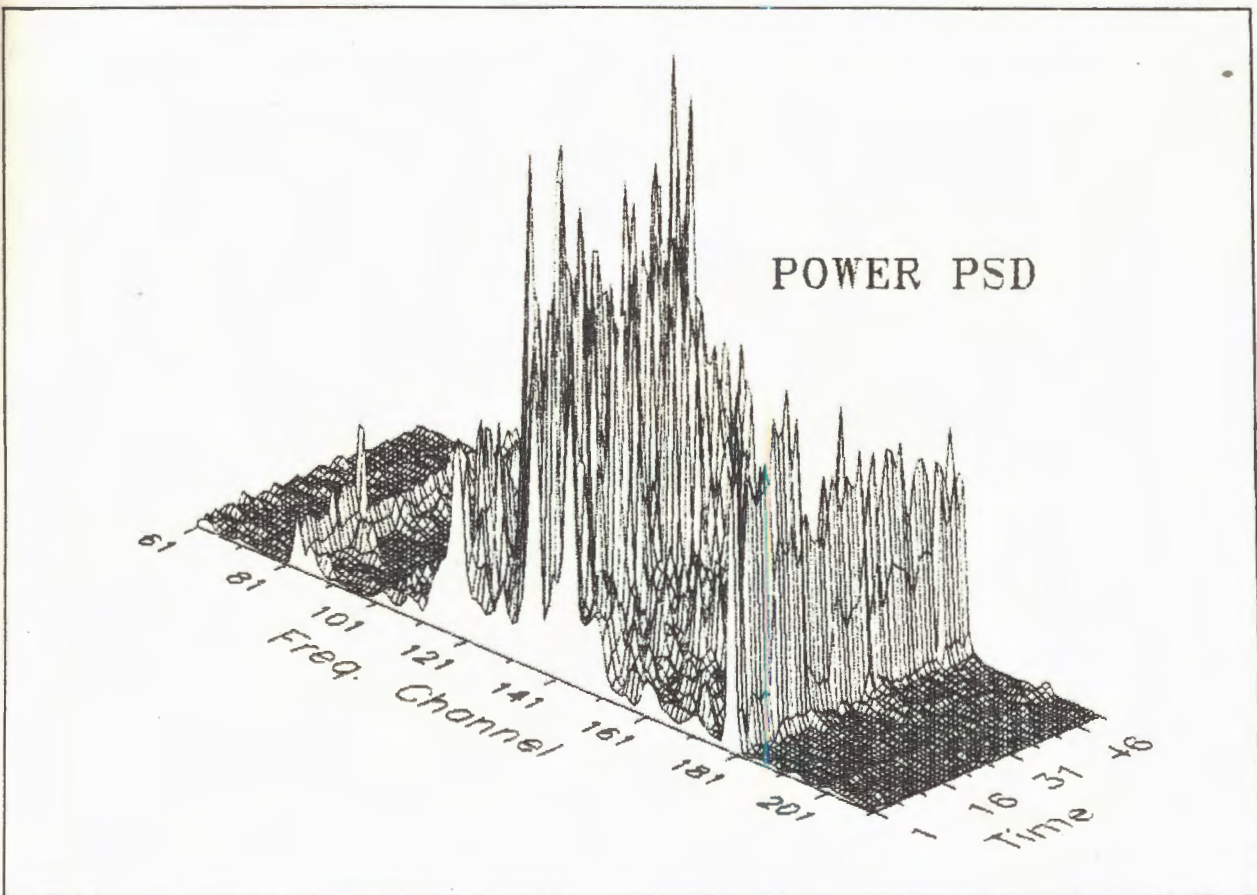
Завершен первый этап создания автоматизированной системы управления (АСУ) реактора ИБР-2, включающий разработку специалистами ЦИФИ ВАН технического проекта.

В 1989 г. установка ИБР-30 + ЛУЭ-40 отработала 3 цикла на физический эксперимент и была остановлена для проверки

состояния активной зоны и замены модулятора реактивности, который выработал свой ресурс.

Выполнен большой объем работ по аттестации тепловыделяющих сборок, обоснованию их работоспособности, изготовлению и балансировке нового диска основной подвижной зоны.

Рис. 10. Спектр флуктуаций мощности реактора ИБР-2





## ЛИТЕРАТУРА

1. Горемычкин Е.А., Осборн Р., Тейлор А. — Письма в ЖЭТФ, 1989, т.50, с.351.
2. Миронова Г.М., Балагуров А.М. — ОИЯИ, P14-89-776, Дубна, 1989.
3. Beskrovny A.I. et al. — JINR, E14-89-795, Dubna, 1989.
4. Балагуров А.М. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1989, т.50, с.366.
5. Bezzabotnov V.Yu. et al. — JINR, E14-89-336, Dubna, 1989.
6. Горский Н.И., Останевич Ю.М. — ОИЯИ, P14-89-522, Дубна, 1989.
7. Gordeliy V.I. et al. — JINR, E14-89-652, Dubna, 1989.
8. Belushkin A.V. et al. — JINR, E14-89-128, Dubna, 1989.
9. Баранов А.И. и др. — ОИЯИ, P14-89-592, Дубна, 1989.
10. Бонева С.Т. и др. — ОИЯИ, P6-89-31, Дубна, 1989.
11. Бонева С.Т. и др. — ОИЯИ, P6-89-43, Дубна, 1989.
12. Бондаренко В.А. и др. — ОИЯИ, P3-89-10, Дубна, 1989.
13. Бонева С.Т. и др. — ЯФ, 1989, т.49, вып.4, с.944.
14. Andrzejewski J. et al. — JINT Rapid Communications, No. 1(34)-89, p.37, JINR, Dubna, 1989.
15. Анджеевски Ю. и др. — В сб.: Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра. Тезисы докладов 39-го совещания. Ташкент, 1989. М.: Наука, 1989, с.250.
16. Гледенов Ю.М. и др. — ОИЯИ, P3-89-351, Дубна, 1989.
17. Furman W.I., Kliman J. — In: International Conference on Fifty Years Research on Nuclear Fission. Berlin, 1989, НМІ-В464, p.44.
18. ЭДерменджиев и др. — В сб.: Деление ядер — 50 лет. Ленинград: Наука, 1989, с.19.
19. Мицына Л.В. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1989, т.49, вып.5, с.248.
20. Ляпин Д.И. и др. — ОИЯИ, P3-89-408, Дубна, 1989.
21. Таран Ю.В., Шарапов Э.И. — ОИЯИ, P3-89-334, Дубна, 1989.
22. Кадменский С.Г. и др. — ОИЯИ, P4-89-509, Дубна, 1989.
23. Джилавян Л.З. и др. — ОИЯИ, P4-89-320, Дубна, 1989.
24. Бунатян Г.Г. — ОИЯИ, P2-89-4, Дубна, 1989.
25. Бунатян Г.Г. — ЯФ, 1989, т.49, с.1071.
26. Бунатян Г.Г. — ЯФ, 1989, т.49, с.1363.
27. Бунатян Г.Г. — ОИЯИ, P2-89-645, Дубна, 1989.
28. Игнатович В.К. — ОИЯИ, P4-89-671, Дубна, 1989.
29. Игнатович В.К. — ОИЯИ, P4-89-696, Дубна, 1989.
30. Абрамов А.В. и др. — АЭ, 1989, т.66, с.316.
31. Вареник Г.А. и др. — ОИЯИ, P13-89-518, Дубна, 1989.
32. Георгиев Д. и др. — ОИЯИ, P13-89-579, Дубна, 1989.
33. Кунченко А.Б., Светогорски Д.А., Сивриев И. — ОИЯИ, 14-89-608, Дубна, 1989.
34. Корнеев Д.А., Черненко Л.П. — ОИЯИ, P4-89-709, Дубна, 1989.
35. Георгиев Г. и др. — ОИЯИ, P3-89-823, Дубна, 1989.
36. Ананьев В.Д. и др. — ОИЯИ, P3-89-678, Дубна, 1989.
37. Голиков В.В. и др. — ОИЯИ, P3-89-84, Дубна, 1989.
38. Голиков В.В. и др. — ОИЯИ, P3-89-42, Дубна, 1989.
39. Голиков В.В. и др. — ОИЯИ, P3-89-664, Дубна, 1989.
40. Васильев Б.В. и др. — ОИЯИ, D13-89-586, Дубна, 1989.
41. Васильев Б.В. и др. — ОИЯИ, D13-89-810, Дубна, 1989.
42. Зайцев С.Л. и др. — ОИЯИ, P18-89-855, Дубна, 1989.
43. Волох А.А. и др. — ОИЯИ, P14-89-101, Дубна, 1989.
44. Gorbunov A.V. et al. — J. Radioanal. and Nuclear Chem., 1989, v.129, p.443.
45. Рауш Г. и др. — ОИЯИ, 14-89-264, Дубна, 1989.



## ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В 1989 году в Лаборатории получили дальнейшее развитие центральный вычислительный комплекс ОИЯИ, локальные сети ЭВМ и терминалов, а также системы обработки камерных снимков. Выполнены работы, направленные на эффективное исполь-

зование персональных ЭВМ. Исследованы методы и созданы программы решения нелинейных задач математической физики в связи с разработками, проводимыми в ОИЯИ. Созданы комплексы программ для обработки экспериментальных данных.

### РАЗВИТИЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА, ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ И ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭВМ

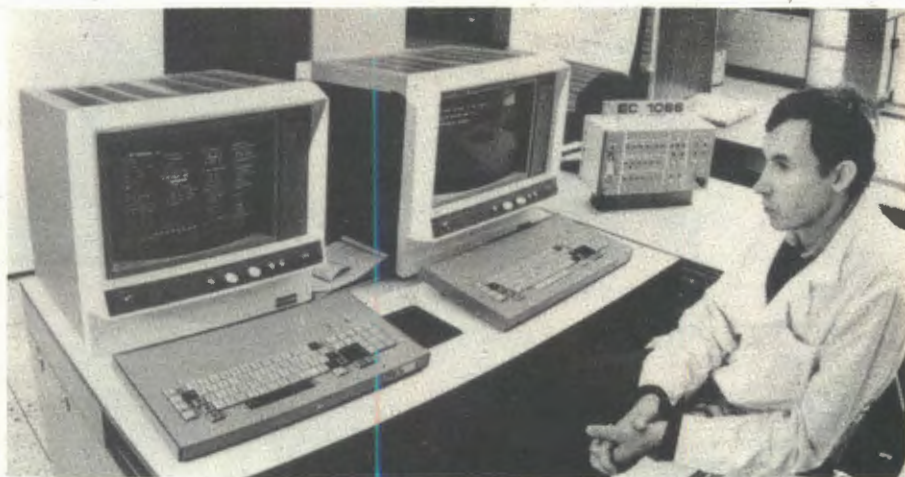
В 1989 году введены в эксплуатацию новая базовая ЭВМ ЕС-1037, процессор телеобработки данных ЕС-8371 (ПТД) и дисковая подсистема для ЭВМ серии ЕС общей емкостью 15,2 Гбайт. С помощью ПТД ЕС-1037 включена в сеть JINET.

Запущены в опытную эксплуатацию ЭВМ VAX-8350 и  $\mu$ VAX-II — основа графического центра общего назначения. ЭВМ ЕС-1060 выведена из эксплуатации.

Поставлен вариант программного обеспечения для работы пользователей сети JINET

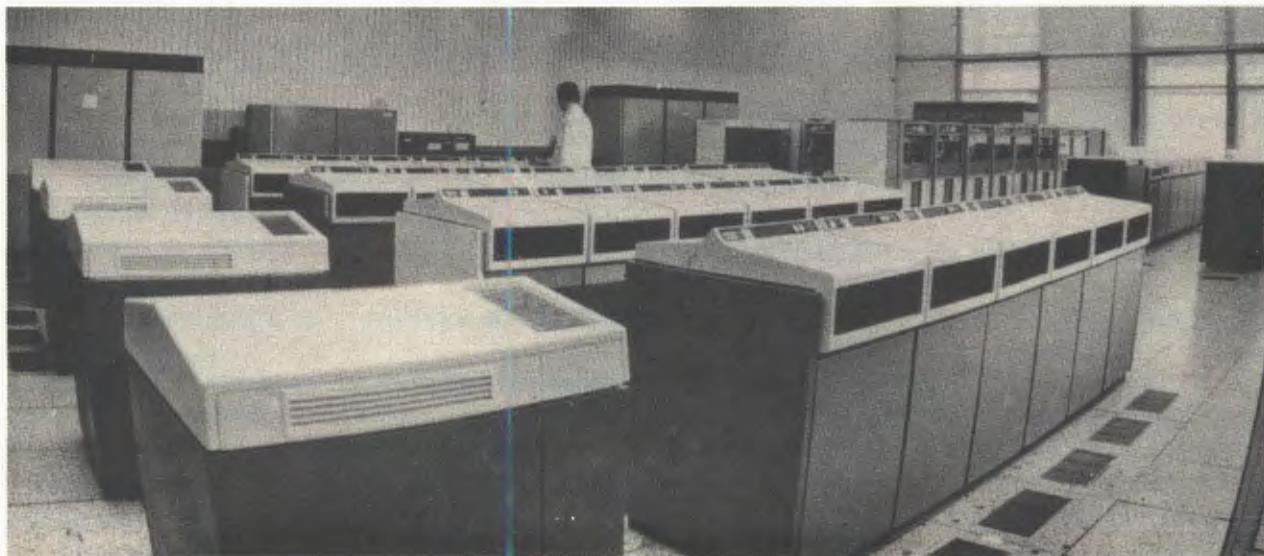
с ЭВМ ЕС-1037. Создана первая очередь программного обеспечения комплекса ЭВМ ЕС-1037 и ЕС-1061 для функционирования на общей дисковой памяти.

На ЕС ЭВМ осуществлен переход на работу под управлением операционной системы виртуальных машин (СВМ). Эта система обеспечивает развитые средства работы в интерактивном режиме, позволяет использовать больше ресурсов, проводить системные работы и тестировать периферийное оборудование, не мешая пользователям.



Терминальные устройства  
ЭВМ ЕС-1066





Зал дисковой памяти ЦВК ОИЯИ

Подобная система находится в эксплуатации на ЭВМ фирмы IBM в ЦЕРНе, поэтому обеспечивает совместимость по программному обеспечению между ОИЯИ и ЦЕРНом. Получило развитие общесистемное математическое обеспечение базовых ЭВМ. Введены в эксплуатацию новый транслятор с языка "С", новые версии пакетов программ, разработанных в ЦЕРНе: GENLIB, PACKLIB, ZEBRA, PATCHY, KERLIB, GEANT и др.

Для системы СВМ выполнена адаптация программного обеспечения матричного процессора ЕС-2706, графических пакетов и первой версии библиотеки программ общего назначения "Дубна".

Подготовлена версия математического обеспечения узлов сети JINET, позволяющего многим пользователям в дейтаграммном режиме обмениваться информацией с персональной ЭВМ, подключенной к узлу

Пульт управления ЭВМ ЕС-1037





| ЭВМ      | Годовой<br>план, ч | Общее полез-<br>ное время счета<br>за год, ч | Среднесуточ-<br>ное полезное<br>время, ч | Примечание                                     |
|----------|--------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| CDC-6500 | 7290               | 8065                                         | 21,9                                     | Время центрального процессора                  |
| ЕС-1061  | 10550*             | 12895*                                       | 20,6                                     |                                                |
| ЕС-1060  | 10700*             | 7523*                                        | 16,9                                     | Выведена из эксплуата-<br>ции 9 ноября 1989 г. |
| БЭСМ-6   | 7450*              | 7092*                                        | 21,3                                     | Выведена из эксплуата-<br>ции 1 ноября 1989 г. |

\* Коммерческое время.

и выполняющей, например, функции сервера электронной почты. Для освоения и обработки вариантов обмена информацией между сетью JINET и внешними сетями ЭВМ подготовлен вариант программного драйвера для реализации взаимодействия ПЭВМ при обмене информацией по правилам протокола TCP/IP.

Разработана документация, необходимая для изготовления узлов — аналогов сети JINET на элементной базе стран СЭВ.

Проведены пробные сеансы связи через спутниковый канал для двух ПЭВМ с использованием специальных версий узлов JINET и их программного обеспечения.

Создан вариант программных инструментов средств для формирования архива документации по программным продуктам для ПЭВМ ОИЯИ, предусматривающий возможность использования внешней памяти ЭВМ типа ЕС. В порядке модификации

библиотеки программных продуктов ее архив пополнен программами на 60-ти дискетках.

Выполнена оценка вычислительной мощности персональных ЭВМ, проведен запуск и организована эксплуатация первой очереди сети ПЭВМ по проекту КРАСТ.

Проведено исследование вариантов создания многопроцессорных вычислительных систем для параллельной обработки данных в экспериментах по физике высоких энергий на основе магистрально-модельной системы MULTIBUS-2.

Предложены алгоритм заполнения и вывода на дисплей трансформированных параллелограммов, а также программная и аппаратная реализация этого алгоритма на рабочей станции, построенной на базе ПЭВМ, графического процессора и цветного монитора с высоким разрешением<sup>/1-3/</sup>.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ЭВМ

В рамках развития прикладного программного обеспечения проектов КРАСТ и СПЕКТР реализована система программ DIRAC<sup>/4/</sup> для аналитических вычислений с полиномами, векторами и тензорами. Система может эффективно применяться для многопетлевых расчетов диаграмм Фейнмана в квантовой хромодинамике, квантовой электродинамике и других теориях. Она характеризуется высоким быстродействием

и экономичностью при работе на ПЭВМ, совместимых с PC IBM.

Разработан ряд программ, существенно расширяющих возможности системы аналитических вычислений REDUCE для прикладных задач, которые требуют аналитического исследования дифференциальных уравнений.

Для программного обеспечения теоретических расчетов созданы программы нахождения решений однородных дифференци-



альных уравнений второго порядка с факторизующимися операторами<sup>15</sup>, а также линейных дифференциальных уравнений со спектральными параметрами, коэффициенты которых можно выразить через эллиптические функции<sup>16</sup>. Эти программы могут быть применены для аналитического исследования ряда квантово-механических моделей. Разработан ряд алгоритмов и программ<sup>17, 18</sup> для автоматизации проверки на ЭВМ интегрируемости, а также классификации систем нелинейных эволюционных уравнений, встречающихся в различных полевых моделях.

Созданы алгоритмы и программы для аналитического исследования решений систем уравнений, описывающих динамику движения частиц в магнитных полях. Предложен и реализован алгоритм построения в виде степенного ряда решения модельного нелинейного уравнения движения протонных пучков в неоднородных магнит-

ных полях циклических ускорителей<sup>19</sup>. Разработан комплекс программ, реализующих метод усреднения Крылова — Боголюбова в третьем приближении для построения усредненных систем уравнений движения заряженных частиц в магнитном поле. В рамках полученных уравнений проведено исследование на ЭВМ устойчивости бетатронных колебаний в окрестности нелинейных резонансов применительно к слабым и сильнофокусирующим ускорителям<sup>10, 11</sup>.

Разработаны алгоритм и программа SPECTR<sup>12</sup> вычисления спектров разностных схем, аппроксимирующих системы линейных дифференциальных уравнений гиперболического типа с постоянными коэффициентами и одной пространственной переменной. Программа позволяет автоматизировать на ЭВМ исследование устойчивости разностных задач указанного класса.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для первичной обработки данных, регистрируемых многочастичным спектрометром БИС-2, создана система БИЗОН. Она содержит, в частности, программы для определения характеристик установки, распознавания и определения параметров событий. Эффективность используемых для распознавания и восстановления многотрековых событий программ в 1,5 ÷ 2 раза превышает эффективность альтернативных. Система БИЗОН использовалась для обработки на ЕС-1061 и ЕС-1060 десятков миллионов многотрековых событий, связанных с экспериментальными исследованиями очарованных частиц на протонном синхротроне ИФВЭ (Серпухов).

Создана распределенная система статистического анализа данных СТАР. Она ориентирована на совместное использование центральной и персональной вычислительных машин. Функцией центральной ЭВМ коллективного пользования является обработка, поэтапное преобразование информации, хранящейся на дисковых и ленточных файлах, и формирование посредством пакета НВООК статистической базы данных. Таким обра-

зом, центральная ЭВМ используется как файловый процессор и сравнительно мощный вычислитель с центральным техническим и круглосуточным операторным обслуживанием. Персональная ЭВМ применяется в системе СТАР для статистического анализа, интерпретации и графического представления данных. Для переноса информационной базы между ЭВМ существенно разных типов данные преобразуются в машинно-независимую, мобильную форму. Получаемый в результате такого преобразования файл передается посредством коммуникационной сети. В качестве центральной ЭВМ используется CDC-6500 и ЕС-1061, а в качестве персональных — ПЭВМ типа IBM PC/AT.

Предложен и реализован метод определения параметров локальных систем координат дискретных детекторов, а также параметров дрейфовых камер: скорости дрейфа, задержки старта установки "Нейтринный детектор"<sup>13-16</sup>.

Составной частью установки "Гиперон" и многих других современных установок является ливневый годоскопический



детектор (ЛГД) — калориметр с ячейками прямоугольной формы. Исследована модель распределения энергосодержания в ячейках ЛГД и предложено аналитическое решение задачи подгонки модельного распределения к реальным данным. Соответствующая программа была включена в систему математического обеспечения установки "Гиперон" и позволила ускорить обработку данных в 8 раз с повышением надежности на 10%<sup>/17/</sup>.

На примере восстановления кинематических параметров треков установки "Гиперон" показаны преимущества использования аппарата факторизованных представлений информационных матриц в системах при обработке экспериментальных данных<sup>/18/</sup>. Выполнена адаптация для ЕС ЭВМ системы управления базами данных для физики частиц BDMS2.2<sup>/19/</sup>.

## РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Разработаны и реализованы в виде комплексов программ новые экономичные алгоритмы решения пространственных задач магнитостатики. Для определения полей в магнитных системах, имеющих секторную симметрию, разработан пакет прикладных программ, ориентированный на распределенную вычислительную систему ЕС-1061 — матричный процессор ЕС-2706. Реализован параллельный алгоритм решения трехмерных объемных интегральных уравнений магнитостатики. Для комбинированной постановки задачи магнитостатики разработаны алгоритмы, основанные на декомпозиции области, неполно-нелинейной постановке дифференциальных уравнений и применении эффективных переобуславливающих операторов. Проведено численное моделирование магнитных систем установок СПИН и КРИОН.

Выполнено качественное исследование гиперсингулярных квазипотенциальных уравнений, описывающих взаимодействие кварковых систем. Предложены экономичные методы численного решения этого класса уравнений и его уточнения путем экстраполяции по параметрам дискретного представления исходной задачи. Разработан комплекс программ и проведены расчеты для описания экспериментальных данных спектров масс  $J/\psi$ - и  $\gamma$ -мезонов<sup>/20/</sup>.

Построены интегрируемые модели суперсимметричных нелинейных эволюционных уравнений шредингеровского и гейзенберговского типов. Выявлены пути нарушения суперсимметрии исходной нелинейной задачи и связанные с ним фазы возможных физических состояний. Показано, что в случае компактной супергруппы возникает фер-



Отладка математического обеспечения новой ЭВМ Лаборатории VAX-8350



ромагнитное упорядочение и (или) неустойчивый конденсат, в системе с некомпактной супергруппой возможно антиферромагнитное состояние и (или) устойчивый (боголюбовский) конденсат, ответственный за сверхтекучесть.

С помощью вычислительного эксперимента обнаружены бифуркации нового типа в нелинейном уравнении Шредингера с накачкой, в которых из стационарных солитонов рождаются пульсоны. Исследованы свойства топологических солитонов, в том числе с топзарядом  $Q > 2$  в двумерных моделях магнетиков Гейзенберга со стабилизирующими членами<sup>/21-23/</sup>.

Разработаны обобщенные ньютоновские итерационные схемы решения задачи рассеяния в постановке ее как нелинейной граничной задачи и в R-матричном подходе. В последнем случае предложены также алгоритмы решения обратной задачи в классе баргмановских потенциалов<sup>/24-25/</sup>.

Разработано программное обеспечение и проведены численные исследования новых подходов к расчету характеристик трехчастичных систем в рамках уравнений Фаддеева и в гиперсферическом адиабатическом представлении<sup>/26/</sup>. В рамках уравнений Фаддеева впервые проведен расчет связанного состояния мезомолекулы  $tt\bar{u}$ .

Рассчитаны характеристики возбужденных состояний и переходов в гелии в многоканальном гиперсферическом адиабатическом подходе и численно исследована точность расчетов в зависимости от параметров аппроксимации. Получено совпадение вычисленных характеристик с экспериментальными данными и имеющимися теоретическими результатами в пределах ошибок, что доказывает высокую эффективность разрабатываемых алгоритмов вследствие их экономичности и

быстродействия по сравнению с существующими<sup>/27/</sup>.

Разработаны алгоритмы и программы расчетов бифуркационных и критических режимов в некоторых нелинейных математических моделях теории поля. Проведены расчеты характеристик локализации и бифуркаций решений в моделях джозефсоновских переходов. Выполнены исследования точности разрабатываемых алгоритмов расчетов эволюционных нелинейных процессов и характеристик устойчивости локализованных решений в этих процессах<sup>/28/</sup>. Предложены алгоритмы и созданы программы обращения полиномиальных матриц. Они были реализованы в пакете прикладных программ для описания детекторов установки DELPHI<sup>/29/</sup>.

Создана монте-карловская модель межъядерного каскада, имитирующая радиационные сбои в полупроводниковых элементах, находящихся в полях высокоэнергетических протонов и ядер. На примере кремниевой микросхемы, облучаемой протонами и ионами углерода с энергией 3,65 ГэВ/нуклон, изучена вероятность выделения определенного количества радиационной энергии в его отдельной ячейке и ее зависимость от типа ионизирующей компоненты каскадной лавины. Вычисленная таким образом вероятность и экспериментально измеренная характеристика частоты сбоев ячейки в зависимости от величины выделившейся в ней энергии позволяют оценить временную зависимость радиационных отказов электронных устройств.

Промоделированы на ЭВМ условия фона наведенной радиоактивности, возникающей в конструктивных материалах и детектирующих устройствах, используемых на спутниках в опытах с высокоэнергетическим космическим излучением<sup>/36-37/</sup>.

## ОБРАБОТКА КАМЕРНЫХ СНИМКОВ

Для анализа фильмовой информации, полученной в экспериментах по исследованию нуклон-ядерных взаимодействий, была создана специализированная программная система, позволившая существенно сократить сроки обработки. Высокого темпа процес-

са анализа удалось достичь за счет комплексной автоматизации всех его этапов и устранения причин аварийных остановов программ<sup>/30/</sup>.

При помощи полуавтоматических устройств ПУОС-САМЕТ измерено 455300 треко-



вых событий на снимках с камер Лаборатории высоких энергий и Лаборатории ядерных проблем. Обеспечен ресурс на сканирующем автомате HPD в объеме 2497 часов. На спиральном измерителе обрабо-

тано 55500 треков с установки РИСК. На АЭЛТ-2/160 обеспечен ресурс в объеме 1600 часов для измерения в полутонном режиме сложных снимков с установки МИС.

## НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

Выполнены прикладные расчеты релятивистских поправок к уровням энергии слабосвязанных состояний мезомолекул  $dd\mu$  и  $dt\mu$ , а также значений уровней энергии мезомолекул с аномальной четностью в вариационном и адиабатическом подходах. Вычислены скорости резонансного образования мезомолекул<sup>/31-34/</sup>.

Разработана методика и созданы программы измерения полутонных изображе-

ний в эксперименте с термоиндикатором. Эксплуатация созданных программ ведется на системе АЭЛТ-МЭИ.

Исследованы методы и созданы программы обработки изображений для получения их копий в виде полутонных картин на мозаичных печатающих устройствах. Оригинальная картина считывается телевизионной камерой на матрице ПЗС и через специальный интерфейсный модуль вводится в ПЭВМ<sup>/35/</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мазепя Е.Ю. и др. — ОИЯИ, P11-89-192, P11-89-193, Дубна, 1989.
2. Карлов А.А. и др. — В сб.: Труды Международной школы по вопросам применения ЭВМ в физических исследованиях. ОИЯИ, D10-89-70, Дубна, 1989.
3. Говорун Н.Н. и др. — ОИЯИ, P10-89-293, Дубна, 1989.
4. Grozin A.G., Perl H. — JINR, E11-89-537, Dubna, 1989.
5. Berkovich L.M. et al. — JINR, E5-89-141, Dubna, 1989.
6. Gerdt V.P., Kostov N.A. — In: Computers and Mathematics, Eds. Kaltofen E. and Watt S.M. Springer-Verlag, New York, 1989, p.279-288.
7. Гердт В.П., Жарков А.Ю. — ОИЯИ, P5-89-231, Дубна, 1989.
8. Gerdt V.P., Zharkov A.Yu. — JINR, E5-89-232, Dubna, 1989.
9. Gerdt V.P. et al. — JINR, E11-89-755, Dubna, 1989.
10. Амирханов И.В. и др. — ОИЯИ, P11-89-516, P11-89-471, Дубна, 1989.
11. Жидкова И.Е. — ОИЯИ, P11-89-582, Дубна, 1989.
12. Мазепя Н.Е. — ОИЯИ, P11-89-382, P11-89-383, Дубна, 1989.
13. Иванченко И.М. и др. — ОИЯИ, P10-89-436, Дубна, 1989.
14. Бонюшкина А.Ю. и др. — ОИЯИ, P10-89-225, Дубна, 1989.
15. Вертоградова Ю.Л. и др. — ОИЯИ, P10-89-149, Дубна, 1989.
16. Иванченко И.М., Мойсенз П.В. — ОИЯИ, P10-89-148, Дубна, 1989.
17. Chernov N.I. et al. — JINR, E11-89-262, Dubna, 1989.
18. Емельяненко Г.А. и др. — ОИЯИ, P10-89-682, Дубна, 1989.
19. Луцкий А.А., Столярский Ю.В. — ОИЯИ, P10-89-163, Дубна, 1989.
20. Жидков Е.П. и др. — ОИЯИ, P10-89-473, P11-89-188, P11-89-191, Дубна, 1989.
21. Makhanov V.G., Pashaev O.K. — JINR, E17-89-304, Dubna, 1989.
22. Пашаев О.К. — ОИЯИ, P17-89-146, Дубна, 1989.
23. Bogolubskaya A.A., Bogolubsky I.L. — JINR, E5-89-258, Dubna, 1989.
24. Жанлав Т., Пузынин И.В. — ОИЯИ, P11-89-643, Дубна, 1989.
25. Амирханов И.В., Пузынина Т.П. — ОИЯИ, P11-89-771, Дубна, 1989.



26. Виноцкий С.И. и др. — ОИЯИ, P4-89-558, Дубна, 1989.
27. Абрашкевич А.Г. и др. — ОИЯИ, P4-89-311, P11-89-427, P4-89-425, P4-89-426, Дубна, 1989.
28. Бояджиев Т.Л. и др. — ОИЯИ, P5-89-173, P5-89-423, Дубна, 1989.
29. Семерджиев Х., Ямалеев Р.М. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №2 (35)-89, Дубна, 1989.
30. Балгансурен Я. и др. — ОИЯИ, P10-89-40, P10-89-41, Дубна, 1989.
31. Бакалов Д.Д., Коробов В.И. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №2(35)-89, Дубна, 1989.
32. Korobov V.I., Vinitsky S.I. — *Phys. Lett. B*, 1989, 228, 1, p.21-23.
33. Виноцкий С.И. и др. — ОИЯИ, P11-89-515, Дубна, 1989.
34. Faifman M.P. et al. — *Muon Catalyzed Fusion*, 1989, 4, p.1-30.
35. Чик В. и др. — ОИЯИ, 11-89-609, Дубна, 1989.
36. Барашенков В.С. и др. — ОИЯИ, P2-89-640, Дубна, 1989.
37. Barashenkov V.S. et al. — *JINR*, E2-89-233, E2-89-437, Dubna, 1989.

**НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ  
ГОВОРУН  
1930 — 1989**

21 июля 1989 г. в Дубне после тяжелой продолжительной болезни скончался директор Лаборатории вычислительной техники и автоматизации член-корреспондент АН СССР Николай Николаевич Говорун — крупный ученый в области информатики и автоматизированных систем, один из ведущих специалистов по математическому обеспечению ЭВМ и многомашинных комплексов.

Н.Н.Говорун с 1958 г. работал в ОИЯИ. Он был одним из организаторов Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, с 1968 г. являлся заместителем директора Лаборатории. В декабре 1988 г. Н.Н.Говорун был избран директором ЛВТА.

Научная деятельность Н.Н.Говоруна была связана с широким внедрением ЭВМ в практику научных исследований. Под его руководством в ОИЯИ был создан и получил развитие измерительно-вычислительный ком-

плекс коллективного пользования, разработаны системы программ математического обеспечения ЭВМ и крупных физических установок, действующих на линии с ЭВМ, высокоавтоматизированные измерительные системы и системы математической обработки filmовой информации, созданы информационно-поисковые системы.

Н.Н.Говорун являлся членом бюро Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР, возглавлял математическую секцию Совета по автоматизации научных исследований при Президиуме АН СССР, был председателем постоянной рабочей группы по двустороннему сотрудничеству АН СССР и АН ГДР "Развитие и использование программно-аппаратного обеспечения мощной вычислительной техники", членом редколлегии ряда советских и зарубежных журналов.



# ОБЩЕИНСТИТУТСКОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Основные усилия коллектива Общеинститутского научно-методического отделения были направлены на исследования по новым методам ускорения, на исследования, связанные с созданием отдельных систем ускорительно-накопительного комплекса в ИФВЭ (Протвино), и методические разработки по созданию координатных детекторов.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО НОВЫМ МЕТОДАМ УСКОРЕНИЯ

Реальным пучкам линейных индукционных ускорителей в процессе транспортировки в продольном магнитном поле, как правило, присущи поперечные колебания и поперечный дрейф, что повышает требования к системам коррекции пучков при их инжекции во внешние устройства. Были предложены, созданы и исследованы системы коррекции положения пучка электронов

ускорителя СИЛУНД-20 поперечным магнитным полем с протяженностью, кратной длине полупериода поперечных колебаний пучка, и коррекции эмиттанса с помощью вариации магнитного поля в области эмиссии пучка на катоде. Система коррекции положения пучка выполнена на базе пассивной секции индукторов ускорителя, оборудованной катушками поперечного магнитного поля, намотанными на ферритовые сердечники индукторов. Выбирая параметры систем коррекции и фокусировки, можно осуществить одновременную минимизацию поперечных смещений и когерентных углов пучка до значений 1 мм и 10 мрад соответственно. Воздействие на пучок корректоров не изменяет эмиттансных характеристик пучка<sup>11</sup>. На установке КУТИ-20 реализован магнитометрический метод контроля динамических характеристик тока кольцевого пучка электронов. Метод основан на измерении радиальной компоненты квази-

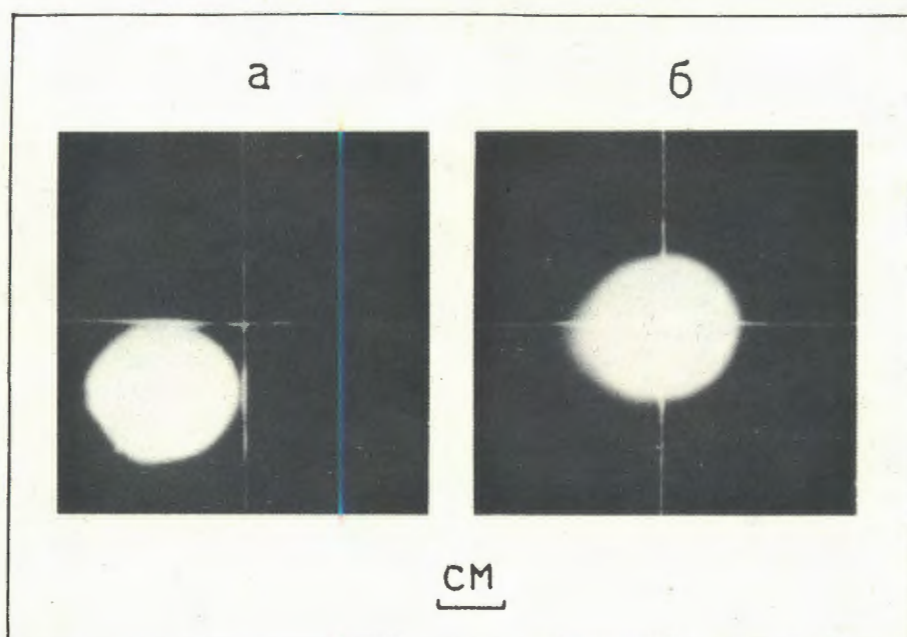


Рис. 1. Результат воздействия на пучок корректоров положения: а — корректоры выключены, б — включены.

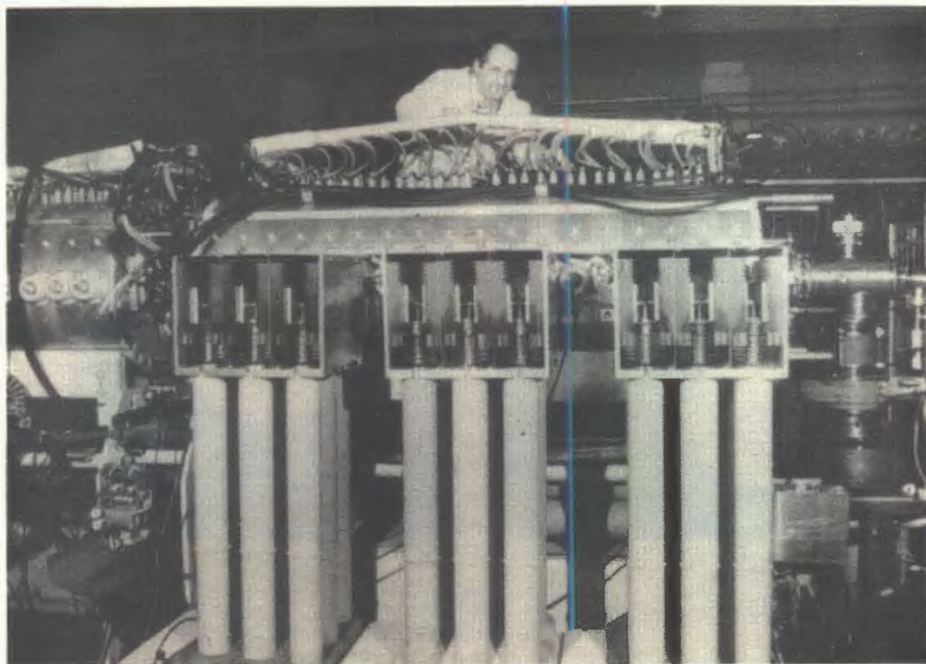


статического магнитного поля, образованного суперпозицией внешнего поля магнитной системы, формирующей электронное кольцо, и собственного поля кольца электронов с током  $100 \div 200$  А в установившемся режиме (без компрессии электронного кольца). В измерителе используется автоматизированный импульсный холловский магнетометр МИХ-3. Прибор позволяет проводить измерения в течение одного цикла формирования кольца в трех сдвинутых на 40 мкс моментах времени, что дает возможность исследовать динамические характеристики электронного кольца за первые 150 мкс после инжекции. Суммарная погрешность измерения тока кольцевого пучка электронов — 15%. Основные погрешности измерения вызваны неопределенностью положения центра масс пучка относительно датчика Холла. Результаты согласуются с измерениями, полученными с помощью магнитоиндукционных датчиков тока интегрирующего типа<sup>12</sup>.

Разработан и изготовлен спектрометр вакуумного ультрафиолета с детектором из сборки микроканальных пластин (точность установки длины волны  $\pm 1$  Å, дисперсия — 10 Å/мм, рабочий вакуум —  $10^{-8}$  Торр; диапазон длин волн  $300 \div 2000$  Å). На ускорителе КУТИ-20 проведены исследования излучения ионной компоненты кольца. Зафиксировано излучение в области длин волн

$500 \div 2000$  Å, определено спектральное распределение, в разных режимах сжатия наблюдается разный характер спектров. В режиме сжатия до радиуса 4 см присутствуют ионы третьей зарядности. Интенсивность излучения ионов разной зарядности в зависимости от числа электронов в кольце носит квадратичный характер. Обнаружены потери ионов при их накоплении, которые носят пороговый характер по плотности электронов и укладываются в механизм появления радиальной дипольной неустойчивости. Выбор n-траектории позволяет уменьшить потери ионов и стабилизировать процесс накопления<sup>13</sup>.

В модифицированной секции ЛИУ в результате увеличения мощности модулятора в 1,5 раза (до 7,5 ГВт), применения согласующих устройств и использования экранировки пермалловых сердечников от импульсного магнитного поля суммарное напряжение увеличено в 2,5 раза (до  $1,7 \div 1,8$  МВ), при токе пучка  $1,3 \div 1,5$  кА. Длительность плато напряжения составляет ~ 60 нс. Измеренная максимальная энергия ускоренных в секции электронов составляет 1,5 МэВ, полученная максимальная мощность в пучке — 2 ГВт, максимальная напряженность электрического поля в режиме ускорения — 10 кВ/см<sup>14</sup>. На этой секции ЛИУ в режиме, когда мощность пучка составляла 300 МВт, были проведены исследе-



Установка для экспериментов по релятивистской СВЧ-электронике на базе ЛИУ



дования черенковских релятивистских ЛБВ 8-миллиметрового диапазона. В эксперименте получено погонное усиление волны 1,5 дБ/см, структура поля и поляризация выходного излучения соответствовали "чистой" волне  $E_{01}$ . При длительности СВЧ-сигнала, равной 30 нс, максимальная мощность излучения составляла 30 МВт при коэффициенте усиления 35 дБ и КПД  $\sim 10\%^{15}$ .

## РАБОТЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОЗДАНИЕМ УНК

Продолжалось совершенствование магнитометрической аппаратуры. Разработан импульсный холловский магнитометр, позволяющий измерять в данных точках пространства три ортогональных составляющих и, следовательно, величину модуля вектора магнитной индукции относительно выбранных опорных фигур. Магнитные оси трех датчиков Холла в пробнике ориентированы относительно друг друга и внешних опорных плоскостей с погрешностью лучше угловой минуты. Погрешность регистрации ортогональных составляющих вектора магнитной индукции в каждом из поддиапазонов (0—0,02; 0,2; 2 Тл) может достигать точности 0,2%. В приборе использован оригинальный трехкомпонентный холловский пробник с размерами 10x10x25 мм и возможностью термостабилизации датчиков Холла. Блоки, входящие в состав магнитометра, выполнены в стандарте КАМАК. Магнитометр может работать как в ручном, так и в автоматическом режимах. При работе магнитометра в автоматическом режиме процесс измерений автоматизирован полностью: от момента установки пробника как в пространстве, так и во времени до вывода результатов измерений в единицах магнитной индукции в виде таблиц и цветных графиков по каждой из осей<sup>16, 17</sup>.

Для системы подавления начальных бета-тронных колебаний I ступени УНК разработан и создан генератор, обеспечивающий однооборотный режим работы этой системы. Предварительно заряженная формирующая линия разряжается как сосредоточенная емкость до уровня, соответствующего показаниям датчика положения, за время, не превышающее 50 мкс (время оборота

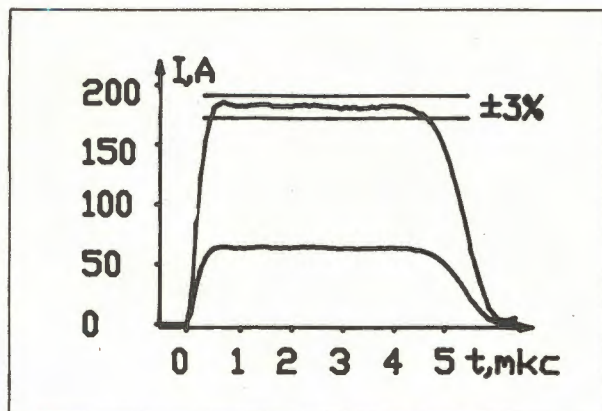


Рис. 2. Осциллограммы импульсов тока в обмотке ударного магнита. Показан допустимый интервал пульсаций на плато

пучка составляет около 70 мкс). Импульс тока передается в ударный магнит по длинному 17-омному фидеру. Стендовые эксперименты показали, что предложенная схема генератора позволяет формировать с необходимой точностью ( $\pm 3\%$ ) импульс тока, имеющий требуемые амплитудные и временные параметры<sup>18</sup>.

С целью исследования динамики теплопередачи к нормальному и сверхтекучему гелию разработана не имеющая аналогов система подачи тепловой нагрузки на углеродные пленки. Ее отличительными чертами являются: возможность стабилизации мощности джоулева тепловыделения в углеродной пленке и раздельное питание нескольких (до 6) пленок с программируемыми формами тепловых импульсов<sup>19</sup>. Создана быстродействующая система сбора и обработки экспериментальных данных. Проведено экспериментальное исследование нестационарных тепловых процессов, протекающих на границе раздела "твердое тело — жидкий гелий" под воздействием теплового возмущения. Результаты демонстрируют существенное влияние длительности переднего фронта импульса мощности на процесс теплопередачи. В частности, обнаружен новый режим, названный квазистационарной нуклеацией. Установлен универсальный характер карты режимов нестационарной теплопередачи. Предложен метод точного расчета границ режимов, а также новая модификация карты режимов. Результаты могут быть использованы для адекватного моделирования работы сверхпроводника в условиях импульсных тепловыделений<sup>110</sup>.



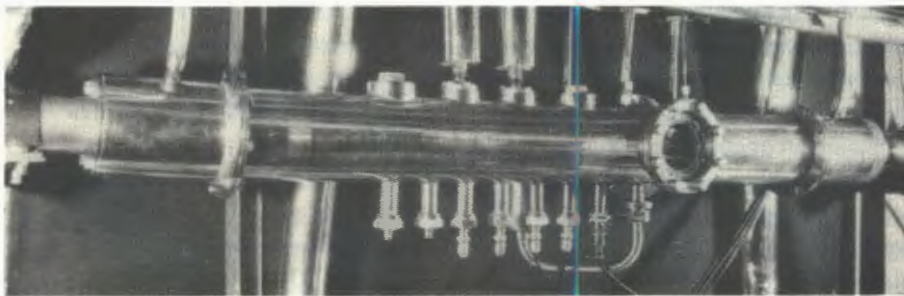


Рис. 3. Прокачной криостат с высокочастотным датчиком паросодержания и участком для регистрации структуры потока двухфазного гелия в канале круглого поперечного сечения

Продолжались исследования гидродинамических характеристик двухфазных потоков гелия. В проведенных экспериментах обнаружено существенное влияние структуры потока двухфазного гелия на динамику теплопередачи. Установлено, что при дисперсно-кольцевом режиме течения гелия время разрушения интенсивных мод теплопередачи, или, другими словами, время кризиса, обратно пропорционально плотности теплового потока. Показано, что при переходе к эмульсионному режиму течения динамические характеристики значительно изменяются. Для описания процесса теплопередачи в этом случае предложена эффективная модель<sup>/11/</sup>.

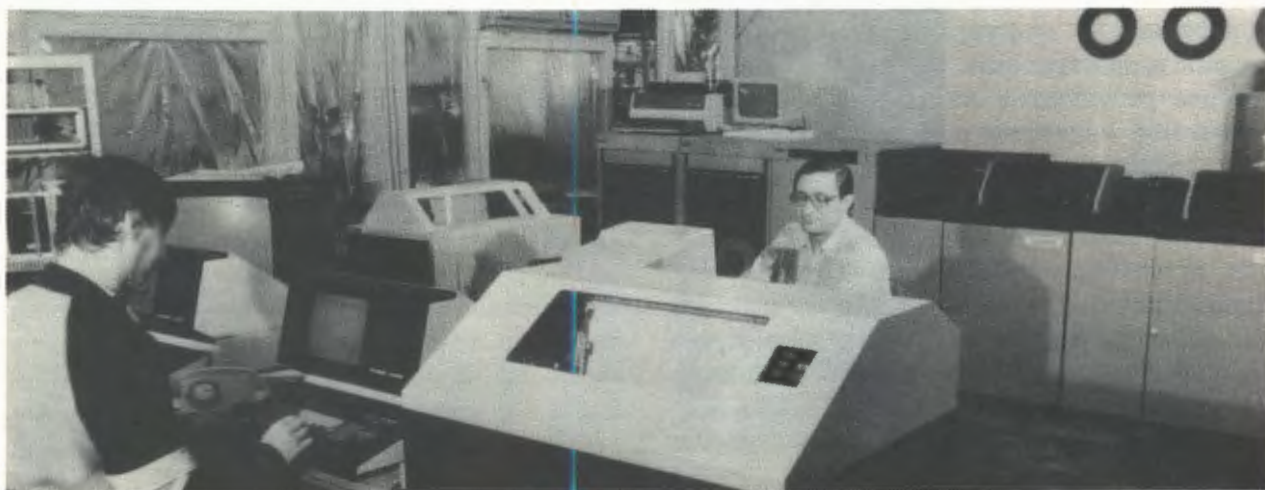
Теоретически и экспериментально показано, что одна из основных характеристик криогенных систем — истинное объемное паросодержание — существенно зависит от геометрии канала и массовой скорости. Это редко учитывается в экспериментальных работах и может приводить к некорректным результатам. Для обеспечения высокой точности использован высокочастот-

ный метод, когда контроль паросодержания осуществляется по сдвигу резонансной частоты контура, в который включена сигнальная емкость датчика. При этом устранены неопределенности гидродинамического характера. Разработаны датчики с каналами круглого и кольцевого сечений, которые просты по конструкции и надежны. Для гелия их рабочая характеристика практически линейна, а калибровка предельно проста. Помимо основной функции эти датчики могут применяться для нетрадиционного контроля среднеинтегральной температуры потока, плотности и расхода<sup>/12, 13/</sup>.

#### РАБОТЫ ПО МЕТОДИКЕ И РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ

На основе разработанной ранее Ю.А.Яценко методики решена задача определения координат вершин взаимодействия без восстановления прямолинейных траекторий. На рис. 4 изображена вершинная функция для смоделированного события. Положение

Вычислительный центр ОНМО





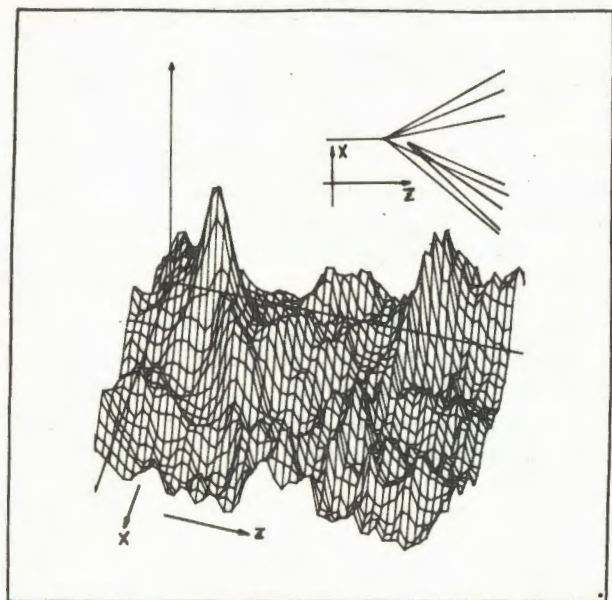


Рис. 4. Вершинная функция координат взаимодействия. В правом верхнем углу схематически показаны траектории частиц, регистрируемые в виде отсчетов координат детекторов. Параметры траекторий не восстанавливаются при определении положения глобального максимума вершинной функции (координат первичного взаимодействия)

глобального максимума соответствует координатам первичного взаимодействия<sup>/14/</sup>.

Анализ данных эксперимента по фрагментации ядер  $^{19}\text{F}$  с импульсом 4 ГэВ/с на ядерных мишенях, проведенного на синхрофазотроне ЛВЭ группой из ОНМО, указывает на возможность существования механизма холодного дробления налетающего релятивистского ядра, когда значительно изменяется его заряд. Образовавшийся в спектре сигналов черенковского счетчика от фрагментов ядер  $^{19}\text{F}$  с малым зарядом (от 1 до 4) один, суммарный пик аппроксимируется

логарифмическим нормальным распределением, которое описывает размеры осколков при простом (механическом) дроблении. Уровень достоверности при аппроксимации этого пика логарифмическим нормальным распределением на 4 порядка больше, чем при аппроксимации его гауссовым распределением. Детектирование фоновых событий пролета осколков ядра-мишени исключалось<sup>/15/</sup>.

## РАБОТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬЮ

На установке для генерации сильноточных ионных и электронных пучков проведены эксперименты по облучению этими частицами высокотемпературных сверхпроводников Y-Ba-Cu-O, Bi-Ca-Sr-Cu-O. Импульсное электронное облучение при наличии проплава образца ведет к увеличению величины критического тока в  $\sim 2$  раза. В ходе исследований экспериментально обнаружен новый тип вакуумной конденсации — импульсная взрывная ионная вакуумная конденсация, сочетающая одновременно паровое осаждение и ионную бомбардировку, определены условия ее работоспособности<sup>/16, 17/</sup>.

Получены и исследованы пленки Y-Ba-Cu-O со сверхпроводящей фазой на подложках из титаната стронция, а также пленки на кремниевых подложках с буферным слоем из окиси циркония. СП-пленки обладают начальной температурой перехода  $T_{\text{со}} = 90-95$  К и конечной  $T_{\text{се}} = 75$  К. Ширина перехода изменялась в пределах  $\Delta T_{\text{с}} = 7 \div 9$  К<sup>/18, 19/</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

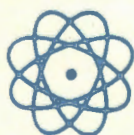
1. Долбилов Г.В. и др. — ОИЯИ, 9-89-154, Дубна, 1989.
2. Азорский Н.И. и др. — В сб.: Тезисы докладов VII Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы магнитных измерений и магнитоизмерительной аппаратуры". Ленинград: ВНИИМ, 1989, часть II, с.42.
3. Тютюнников С.И. и др. — ОИЯИ, 9-90-13, Дубна, 1990.
4. Сидоров А.И. и др. — ОИЯИ, Р9-89-845, Дубна, 1989.
5. Архипов О.В. и др. — ОИЯИ, Р9-89-613, Дубна, 1989.
6. Лачинов В.М., Маковеев В.К., Стариков А.М. — В сб.: Тезисы докладов VII Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы магнитных измерений и магнитоизмерительной аппаратуры". Ленинград: ВНИИМ, 1989, часть II, с.13.



7. Лачинов В.М., Кукарников С.И. — В сб.: Тезисы докладов VII Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы магнитных измерений и магнитоизмерительной аппаратуры". Ленинград: ВНИИМ, 1989, часть II, с.41.
8. Жабицкий В.М. и др. — ОИЯИ, 9-89-831, Дубна, 1989.
9. Минашкин В.Ф. — ОИЯИ, P10-89-547, Дубна, 1989.
10. Filippov Yu.P., Minashkin V.F., Sergeyev I.A. — JINR, E8-89-523, Dubna, 1989.
11. Алексеев А.И., Микляев В.М., Филиппов Ю.П. — ОИЯИ, P8-89-317, Дубна, 1989.
12. Danilov V.V., Filippov Yu.P., Mamedov I.S. — JINR, E8-89-495, Dubna, 1989.
13. Алексеев А.И. и др. — ОИЯИ, P8-89-636, Дубна, 1989.
14. Яцуненко Ю.А. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ №5(38)-89, Дубна, 1989, с.26.
15. Головин В.М. — ОИЯИ, P1-89-527, Дубна, 1989.
16. Коренев С.А. и др. — ОИЯИ, 14-89-462, Дубна, 1989.
17. Коренев С.А. — ОИЯИ, P13-89-615, Дубна, 1989.
18. Valentovic D., Buch Yu., Balalykin N.I. — JINR, E13-89-395, Dubna, 1989.
19. Бух Ю., Балалыкин Н.И., Дерер Я. — ОИЯИ, P13-89-394, Дубна, 1989.



**МЕЖДУНАРОДНЫЕ  
СВЯЗИ  
И НАУЧНОЕ  
СОТРУДНИЧЕСТВО**





# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ имеет большое значение для выполнения научно-исследовательских работ, предусмотренных Проблемно-тематическим планом ОИЯИ.

Основные итоги 1989 г. по международному научно-техническому сотрудничеству:

- проведены совместные исследования по 91 теме с научными центрами стран-участниц, в том числе по 23 темам с международными и национальными организациями других стран;

- для решения вопросов научно-технического сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях командировано в страны-участницы около 750 специалистов, в другие страны — 243 сотрудника ОИЯИ;

- для совместных работ, консультаций и совещаний из стран-участниц принято более 1500 специалистов, из научных центров других стран и международных организаций — 184 ученых;

- проведено 6 крупных международных конференций, а также 37 научных и научно-организационных совещаний.

## СОТРУДНИЧЕСТВО С НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ СТРАН-УЧАСТНИЦ ОИЯИ

Научная программа ОИЯИ выполнялась с более чем 300 заинтересованными организациями стран-участниц. Особое место здесь занимает Институт физики высоких энергий (Протвино, СССР), на ускорителе которого в 1989 году работало несколько экспериментальных установок ОИЯИ, в Дубне проводилась разработка предложений по физической программе исследований на встречных пучках УНК (ИФВЭ) и создание ряда узлов для этого комплекса.

*Лаборатория теоретической физики.* Лаборатория вела успешное сотрудничество со всеми ведущими физическими центрами, а также со многими институтами стран-участниц ОИЯИ. Около 270 ученых приняли участие в работах теоретиков Объединенного института, более 70 из них работали в ЛТФ длительное время.

Теория элементарных частиц и структура теории поля — одно из традиционных направлений исследований ЛТФ. В 1989 г. в сотрудничестве с физиками ФИ ЧСАН (Прага) получены новые результаты по описанию распадов К-мезонов. Совместно с Университетом им. Гумбольдта (Берлин) предложен общий метод получения уравнений так называемого вторичного анзаца Бете в квантовых интегрируемых моделях. Физики из НРБ, ГДР, СССР и ЧССР продолжали работы по тематике экспериментов на ускорителе HERA (Гамбург, ФРГ). Завершен цикл работ с участием специалистов ЧССР по развитию единого глобального подхода при построении реалистических моделей электромагнитной структуры.

За исследования по теории атомного ядра премии Болгарской академии наук и Софийского университета по физике "Академик Георги Наджаков" удостоен цикл работ "Исследование неколлективных возбужденных состояний сферических ядер при низких и высоких энергиях возбуждения", выполненный А.И.Вдовиным и сотрудниками ИЯИЯЭ БАН В.Андрейчевым и Ч.Стояновым. Коллективным моделям ядра был посвящен цикл лекций Р.В.Джолоса и М.Михайловой (ИЯИЯЭ БАН) на Международной школе по ядерной физике (Варна).

В области теории конденсированного состояния вещества совместно с Институтом физики Университета им. Марии Кюри (Люблин) велись работы по вычислению



плотности состояний квазичастиц в металлах. Широкое сотрудничество велось с учеными из НРБ, ГДР, РП, ЧССР по теории низкоразмерных систем ( $d = 1, 2$ ), нелинейным частицеподобным возбуждениям в квазиодномерных моделях теории конденсированного состояния, оптике многослойных систем с нелинейным элементом, делокализации в квазиодномерных полупроводниках, теории переноса в полупроводниках. Исследования атомной структуры аморфных материалов проводились совместно с Институтом физики (Прага). Совместно с кубинскими и польскими физиками продолжены исследования явления хемосорбции и роли эффектов межэлектронных корреляций.

*Лаборатория высоких энергий.* Сотрудничество ЛВЭ с научно-исследовательскими организациями стран-участниц ОИЯИ велось по 22 темам Проблемно-тематического плана ОИЯИ и обеспечило возможность постановки и выполнения актуальных конкурентоспособных экспериментов в области релятивистской ядерной физики и физики элементарных частиц, решение сложных научно-методических задач в области криогенной и ускорительной техники, выполнение новых современных разработок в микроэлектронике и вычислительной технике.

В результате обработки и анализа фильмового материала, полученного в Дубне на установках ТПК-2М, ГИБС, 1-метровой жидководородной камере и в ядерных фотоэмульсиях, установлены неизвестные ранее закономерности ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях. Более 50% экспериментальных данных обрабатывалось непосредственно в институтах НРБ, ВР, ГДР, МНР, РП, Румынии, СССР и ЧССР.

Продолжались совместные исследования по изучению свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов. В ИФВЭ АН ГДР (Цойтен) и ФИ ЧСАН (Прага) проводился анализ данных об инклюзивном рождении  $\phi + K^+ K^-$  в нейтрон-протонных взаимодействиях, подготовка публикаций о рождении  $\Lambda_c^+$ -барионов и поиску  $\bar{D}_0$ -мезонов. В ЦИФИ ВАН (Будапешт) проведен профилактический ремонт 4 трехкоординатных пропорциональных камер размером  $1 \times 2$  м.

В сотрудничестве с институтами НРБ, ГДР и РП развивалась геометрия двухпле-

чевой установки "Альфа-полис" для исследования высоковозбужденных состояний малонуклонных систем и поляризационных эффектов. В 1989 г. дирекцией ЦИЯИ (Россендорф) награждены Почетными дипломами 17 членов коллаборации "Альфа" за лучшие результаты исследований в области физики атомного ядра, полученные в рамках сотрудничества с АН ГДР.

Специалисты РП, Румынии и ЧССР активно участвуют в создании крупнейшей экспериментальной установки ЛВЭ — спектрометра СФЕРА. В Лодзинском университете разработан модуль интеллектуального контроллера в стандарте КАМАК для связи с персональным компьютером. Сотрудниками ИФ ВПТИ (Варшава) подготовлена физическая программа для проекта развития установки СФЕРА, а специалисты ИЯФ ЧСАН (Ржеж) и ЦИФ (Бухарест) создали, соответственно, моделирующие программы процессов кумулятивного образования векторных мезонов и рождения мюонных пар. Моделирование центрального детектора выполнено в Бухарестском университете, эффективность регистрации и разрешения для переднего детектора определена в ИЯФ ЧСАН (Ржеж).

Весьма результативная совместная деятельность осуществляется между ЛВЭ и институтами стран-участниц по развитию микропроцессорных аппаратных средств и математического обеспечения систем регистрации и обработки данных. ЦЛАНП БАН (София) участвует в работе по созданию международной вычислительной системы параллельного действия (проект КОМПАС). От ЦЛАНП получены: пакет программы ABEL для ЭВМ типа IBM PC, обеспечивающий подготовку кодировок программируемых логических матриц; транслятор Паскаль для микропроцессорных систем MC 68020. Фирмой ПОЛОН (РП) подготовлены два крейта VME с магистралью, точками подключения источников питания и согласователями линий магистрали. В ИЯФ ЧСАН (Ржеж) создан ламинатор для нанесения сухого фоторезиста, позволяющий изготавливать печатные платы шириной до 600 мм (в частности, платы FASTBUS). Совместно с ВЦ ИМАТ АН ГДР (Берлин) разработаны программные средства для обработки экспериментальной информации с использованием матричного процессора МАМО.



*Лаборатория ядерных проблем.* В Лаборатории проводились совместные научные исследования и разработки по 25 темам Проблемно-тематического плана с более чем 80 институтами и организациями стран-участниц ОИЯИ.

В рамках программы ЯСНАПП коллектив сотрудников из НРБ, ВР, ГДР, КНДР, РП, Румынии, СССР и ЧССР продолжал работы по изучению химических свойств радиоактивных элементов и их соединений. Направлено три доклада на Международное совещание по ядерной спектроскопии и форме атомных ядер. Совместно с инженерами из Польши завершается монтаж установки КОБРА для наработки радиоактивных изотопов на фазотроне ЛЯП.

Совместно с физиками из НРБ, ВР, СССР и ЧССР продолжались исследования адронизации кварков и глюонов в адрон-ядерных взаимодействиях, проводилась всесторонняя обработка экспериментального материала.

Объединение усилий партнеров из НРБ, СРВ, СССР и ЧССР в разработке и создании установки МАРС для исследований на УНК по физике тяжелых кварков и больших  $P_T$ , а также в апробировании создаваемой аппаратуры в экспериментах на У-70 в составе

спектрометра "Гиперон", дало возможность получить окончательные экспериментальные данные о характеристиках процесса  $K + A \rightarrow K^0 X$  ( $A = Be, Cu, Pb$ ) при 11,2 ГэВ.

По теме ПОЛЭКС на ускорителе Карлова университета (Прага) проведено измерение поляризации и коэффициента корреляции поляризаций в упругом пр-рассеянии при низких энергиях. Разработан проект создания установки для экспериментов с поляризованными мишенями на поляризованных пучках УНК с целью изучения спиновых эффектов при взаимодействии частиц с энергиями до 2 ТэВ.

Совместно с учеными из НРБ, РП и СССР продолжалось создание узлов установки для исследования поляризационных явлений в адрон-адронных и адрон-ядерных взаимодействиях на внутреннем пучке УНК (проект "Парус — Нептун"). Разработан проект программы экспериментов на установке.

Продолжается сотрудничество с ИАЭ им. И.В.Курчатова (Москва) по созданию установки "Мю-спин" для проведения  $\mu SR$ -экспериментов на фазотроне ЛЯП.

С Карловым университетом и ФИ ЧСАН (Прага) начаты совместные работы по исследованию высокотемпературных сверх-

Институт традиционно поддерживает связи с научными центрами стран-неучастниц ОИЯИ. На снимке: Усман Манга Адаму (Нигер), А.А.Солнышкин, Чхоту Лал Катхат (Индия), Махмуд Абдилилах (Ирак) в Лаборатории ядерных проблем





Делегация Академии наук ГДР во главе с президентом АН ГДР академиком В.Шелером во время посещения лабораторий ОИЯИ



проводников. Изучены температурные зависимости глубины проникновения магнитного поля.

При активном участии специалистов из ГДР, РП, СССР и ЧССР в проекте РИТМ изучен выход прямых и обратных мутаций при радиационном воздействии на клетки прокариот (бактерии различных штаммов), низших эукариот (гаплоидные дрожжи) и клетки млекопитающих в культуре. Установлено влияние различных путей репарации радиационных повреждений на мутационный процесс.

Лаборатория ядерных реакций. Международное научно-техническое сотрудничество с институтами и организациями стран-участниц ОИЯИ проводилось в рамках 7 тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ.

В совместных работах по синтезу и изучению свойств трансурановых элементов, а также по поиску сверхтяжелых элементов в природных образцах участвовали научные организации НРБ, ВР, ГДР, КНДР, Кубы, МНР, РП, Румынии, СССР и ЧССР. Совместно с физиками ИЯФ ЧСАН (Ржеж) проведены измерения спектров — квантов деления  $^{252}\text{Cf}$  с использованием установки МУК с семью  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами, изготовленными в Ржеже. Группой ЦИФИ ВАН (Будапешт) представлены два детектора нейтронов на основе сцинтиллирующих стекол  $^6\text{Li}$  с электроникой для экспериментов по изучению

угловых распределений нейтронов в реакции  $^{10}\text{Be}(\text{p}, \text{n})^{10}\text{B}$ .

Специалистами Лаборатории вместе с учеными из ГДР, РП, СССР и Франции разработан новый метод непрерывного выделения курчатовия ( $Z = 104$ ) из смеси радионуклидов, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами.

В сотрудничестве с научными центрами ГДР, ВР, РП, СРВ, СССР и ЧССР велись работы по исследованию механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами, по синтезу и изучению свойств легчайших нейтроноизбыточных ядер, делению сильновозбужденных составных систем.

Вступило в завершающую фазу изготовление деталей установки "Фобос" на Базе развития БАН (София). Изготовлены цилиндрическая и коническая опоры установки, корпуса камер, устройства крепления сцинтилляционных детекторов и ФЭЦ, мишеньный узел. В ГДР продолжались разработка и изготовление электронных блоков для брегговских ионизационных камер и лавинных плоско-параллельных счетчиков, разработана методика регистрации продуктов распада с использованием лавинных счетчиков.

Совместно с институтами НРБ проводилось исследование фотоядерных реакций на микротроне. Измерены сечения и фракции возбуждения реакций ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ). С учеными из МНР проведены работы по анализу углей в месторождениях МНР, а также анализ образ-



цов на содержание вредных в экологическом отношении элементов (Cl, S, Cd, Hg) и элементов, пригодных для использования (Y, Ga, Ge, Ir, U).

При участии специалистов из НРБ, РП, ГДР, ЧССР создается циклотронный комплекс У-400 + У-400М; разрабатывается циклотрон У-250, который предназначен для существенной модернизации экспериментальной базы по ядерной физике в странах-участницах ОИЯИ; создаются микротроны для МНР, НРБ и Кубы. В сотрудничестве с учеными из ГДР, ВР и ЧССР создается ЭЦР-источник ионов с электронно-циклотронным резонансом.

Разработана программа совместных исследований "Технология ядерных фильтров и их промышленное использование в ЧССР".

*Лаборатория нейтронной физики.* Международное научно-техническое сотрудничество Лаборатории осуществлялось в соответствии с 6 темами Проблемно-тематического плана ОИЯИ.

Совместно с Университетом им. Карла Маркса (Лейпциг) продолжалось изучение структурной организации липидных мембран. На основе полученных нейтронных данных сделано обоснование кластерной модели липидного бислоя.

С участием сотрудников Университета (Галле) методом малоуглового рассеяния установлены особенности процесса распада тройного сплава алюминий — медь — магний. Этим же методом совместно с ФИ ЧСАН (Прага) исследовались жидкокристаллические полимеры. Проведено нейтронографическое уточнение структуры монокристалла висмутовой керамики. Построена структурная модель несоизмеримой фазы. Завершен цикл работ по исследованию фазовых диаграмм жидкокристаллических веществ, проводимых совместно с ИЯФ (Краков) с участием физиков из Университета им. А.Мицкевича (Познань). Методом дифракции и неупругого рассеяния нейтронов изучены фазовые переходы в солях пиридина.

Продолжены эксперименты на уникальной установке высокого давления, созданной польскими специалистами, на ИБР-2. С помощью дифракции нейтронов проведены исследования четыреххлористого углерода при давлении до 400 МПа в температурном интервале 80-300 К.

Совместно с ИФ ВПИ (Варшава) проведен структурный нейтронографический анализ сверхпроводящих кристаллов  $YBa_2(Cu_{1-x}Fe_x)_3O_{6+\delta}$  в широком диапазоне концентраций железа. Определена структура кристалла и вероятность замещения меди железом.

*Лаборатория вычислительной техники и автоматизации.* В 1989 г. Лаборатория сотрудничала с различными организациями стран-участниц ОИЯИ по 17 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества.

На ЭВМ АН ГДР (Цойтен) и ЦИФИ ВАН (Будапешт) адаптирована версия программы реконструкции и кинематического анализа событий, регистрируемых установкой "Нейтронный детектор". Ведется обработка экспериментальных данных BEAMDUMP экспозиций. Предварительные результаты доложены на рабочем совещании в ИФВЭ АН ГДР. На ЭВМ ИФВЭ адаптирован вариант распределенной графической системы ИРИС.

Совместно с сотрудниками Университета им. П.И.Шафарика (Кошице) проводились работы по адаптации графических средств пакета GEANT-3 на ЭВМ ЕС-1061 и "Правец-16" для решения задач моделирования установки МАРС/МСЧ и по разработке экспертных систем применительно к задачам в области физики высоких энергий. Начаты работы совместно с центром информатики АН МНР по созданию рабочего места пользователя ЭВМ на базе персональных компьютеров.

Подготовлено техническое задание на разработку триггера высокого уровня (ТВУ) для УКД, составлена структурная схема ТВУ на основе стандарта MULTIBUS-2 и одноплатных 32-разрядных ЭВМ "Электроника-32". В разработках стартового комплекта MULTIBUS-2 и его программного обеспечения принимают участие ИТК АН САН (Братислава), ЦИЯИ АН ГДР (Россендорф) и ЦИФИ ВАН (Будапешт).

В ЛВТА совместно со специалистами комбината К.Цейс (Йена) выполнены работы по созданию и исследованию телевизионных измерительных устройств на приборах с зарядовой связью (ПЗС). В ОИЯИ велась разработка электроники, на комбинате



К.Цейс — оптических узлов. В результате сотрудничества были разработаны и изготовлены:

— ТВ-система для измерительного стенда, предназначенного для исследования ПЗС-матриц на комбинате К.Цейс;

— устройство на линейке ПЗС для определения разрешающей способности голографических решеток.

Совместно с ИИИТ ЦЭФИ САН, СВТШ и Университетом им. Коменского (Братислава) разработан ряд алгоритмов и программ цифровой обработки изображений, регистрируемых ТВ-камерой на матрице ПЗС, подключенной к персональной ЭВМ.

Работы в области машинной графики велись совместно с ИФВЭ АН ГДР (Цойтен) и ЦНП АН ГДР (Берлин). Завершено создание графической системы на базе ПЭВМ, графического процессора и цветного монитора. В рамках сотрудничества между ОИЯИ и ИАЭ (Сверк) для развития терминальной сети ИАЭ к ЭВМ CYBER был подключен мультиплексор терминалов, изготовленный совместно ОИЯИ и ИАЭ по документации ОИЯИ. Наладка и подключение мультиплексора проведены специалистами ЛВТА ОИЯИ и ИАЭ.

При участии ВНИИПАС (Москва) введена новая система связи с Национальным центром автоматизированного обмена информацией, что позволило предоставить пользователям ОИЯИ больше возможностей для связи с зарубежными информационно-вычислительными центрами.

На основе разработанных в ЛВТА ОИЯИ монте-карловских методов моделирования взаимодействия излучения с веществом совместно с МИФИ (Москва) создана методика расчета и прогнозирования числа радиационных повреждений (сбоев) элементов микроэлектронных схем на спутниках.

*Общеинститутское научно-методическое отделение.* ОНМО осуществляло научно-техническое сотрудничество с научными центрами НРБ, ВР, ГДР, РП, Румынии, СССР и ЧССР по 9 темам Проблемно-тематического плана.

Совместно со специалистами Института радиотехники и электроники (Прага) и предприятий "Тесла" проводились работы по освоению технологии и оборудования для разработки и производства полупроводниковых детекторов в ОНМО.

Проводились совместные работы с ИФВЭ (Цойтен) по созданию координатного детектора мюонного спектрометра для комплекса "Меченые нейтрино", с ИЯФ ЧСАН (Ржеж) по созданию прецизионной магнитометрической аппаратуры. Изготовление блоков аппаратуры производилось в ОНМО, а их наладка осуществлялась на специализированных стендах ИЯФ.

В сотрудничестве с Техническим университетом (Дрезден) были проведены эксперименты по измерению теплопроводности образцов диэлектрического материала СТ-1000 в диапазоне  $T = 2 \div 10$  К. Эти работы проводились с целью создания датчика скольжения фаз двухфазных потоков гелия.

В рамках исследования методов генерации СВЧ-мощности с помощью сильноточного электронного пучка проводились работы со специалистами Софийского университета. Совместно с учеными ТУ (Дрезден) велась разработка тензометрической аппаратуры для адгезатора, работающего в режиме длительного удержания колец, проведены работы по программному обеспечению расчетов зарядовых распределений ионов различных элементов в ЭЦР-источниках с учетом процессов многократной ионизации и перезарядки. Группа инженеров из ТУ (Дрезден) вела в ОНМО наладку отдельных систем спектрометра ККДС.

Совместно с ИЯП (Сверк) начата подготовка технического задания на разработку ускорителя электронов для экологических целей, а также его отдельных узлов: генератора ускоряющего напряжения, источника электронов, канала транспортировки пучка, системы вывода пучка в атмосферу.

Со специалистами ТУ (Дрезден) проводилась отработка метода спектроскопии высокотемпературных сверхпроводников на пучке синхротронного излучения инфракрасного диапазона, подготовлены образцы с ВТСП для проведения первоочередных экспериментов. Совместно со специалистами из Физического института ФИ ЧСАН (Прага) были проведены исследования и отбор кристаллических детекторов инфракрасного излучения с целью использования их для ИК-спектроскопии образцов с ВТСП. В Электротехническом институте ЦЭФИ САН (Братислава) сотрудниками ОНМО была проведена подготовка фотолитографических масок для измерения параметров пленок из ВТСП-кера-



мики. Проведены эксперименты по получению пленок иттрий — барий — медь, измерена критическая плотность тока и температура перехода иттрий — барий — медь — кислород, исследована их морфология.

## НАУЧНЫЕ СОВЕЩАНИЯ

В 1989 году ОИЯИ организовал и провел шесть крупных международных совещаний.

С 29 мая по 3 июня в Бехине (ЧССР) ОИЯИ совместно с Институтом ядерной физики ЧСАН (Ржеж) было организовано II Международное совещание по циклотронам и их применению. На Совещании обсуждались вопросы современного состояния циклотронных методов ускорения. Специалисты рассмотрели проблемы эксплуатации и дальнейшего развития циклотронов, включая актуальные вопросы их использования при решении физических и прикладных задач.

В июне в Дубне состоялась Международная конференция по избранным вопросам структуры ядра, на которой было заслушано около 40 докладов, отражающих как состо-

яние теории, так и новейшие экспериментальные данные по структуре ядра. В конференции участвовало 200 специалистов из стран-участниц ОИЯИ, Италии, Франции, ФРГ, Канады, Нидерландов, США, Швеции, Японии.

XI Школа ЦЕРН — ОИЯИ по физике проходила в Эгмонд-ан-Зее (Нидерланды). В работе Школы приняло участие по 50 молодых физиков-экспериментаторов как из стран-участниц ОИЯИ, так и из стран-участниц ЦЕРНа. Основным направлением Школы являлось ознакомление молодых физиков с различными аспектами физики высоких энергий и особенно теоретической физики. На Школе было прочитано около 30 лекций.

В начале июля в Дубне был проведен Международный семинар по высокотемпературной сверхпроводимости, в котором приняло участие более 150 ученых из ОИЯИ, стран-участниц и других стран. На семинаре обсуждались вопросы, связанные с экспериментальными и теоретическими работами по исследованию высокотемпературной сверхпроводимости ядерно-физическими методами. Было представлено около 30 докладов и 50 оригинальных сообщений.

Международная конференция по избранным вопросам структуры ядра. На вопросы отвечает доктор П.Ф.Бортиньон (Италия)







На Международном семинаре по высокотемпературной сверхпроводимости





С 22 по 24 августа в Дубне проводился V Международный симпозиум по избранным проблемам статистической механики, который был приурочен к 80-летию академика Н.Н.Боголюбова. В программе Симпозиума — обсуждение актуальных проблем и перспектив статистической механики, а также современных проблем теоретической и математической физики, в решении которых Н.Н.Боголюбов принимает непосредственное участие. В работе Симпозиума участвовали около 150 ученых из ОИЯИ, стран-участниц, а также КНР, Бельгии, Нидерландов, Италии и ФРГ.

Целью проведенной в Дубне в начале октября Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов явилось ознакомление участников с новейшими достижениями и перспективами экспериментальных и теоретических исследований в области физики тяжелых ионов. В работе семинара приняло участие около 200 человек, в том числе специалисты

из стран-участниц ОИЯИ, а также из стран-неучастниц.

Большое значение для деятельности ОИЯИ имеют рабочие совещания. В течение года было проведено 25 таких совещаний, в том числе по экспериментам на спектрометрах БИС-2, "Альфа", СФЕРА, СИГМА-АЯКС, МИС, "Гиперон", по исследованиям механизмов высокотемпературной сверхпроводимости, по исследованиям конденсированных сред на реакторе ИБР-2, по стандартам электроники в физике высоких энергий и другие.

В октябре было проведено Совещание Консультативной комиссии по научной политике ОИЯИ, на которое были приглашены ведущие ученые из ЦЕРНа, СССР, ВР, ГДР и Китая. Цель Совещания — выработка рекомендаций относительно наиболее конкурентоспособных и перспективных для ОИЯИ исследовательских программ и научных направлений на ближайшее пятилетие.

Участники Международного совещания по теории солитонов и приложениям







В работе Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов принимали участие около 200 специалистов из различных научных центров





## УЧАСТИЕ ОИЯИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 1989 году ОИЯИ командировал в страны-участницы 159 специалистов для участия в 53 международных и национальных конференциях.

Среди конференций немало традиционных, в которых ОИЯИ участвует уже много лет. Это Совещание по физике и технике низких температур в Гауссиге (ГДР), Зимняя школа по теоретической физике в Карпаче (РП), Международная школа по физике в Закопане (РП), Международная конференция по структуре адронов в Смоленске (ЧССР), Международная школа "Новые достижения в квантовой физике" в Брашове (Румыния), Международная школа по физике атомного ядра, нейтронной физике и ядерной энергетике в Варне (НРБ), Симпозиум по применению микрокомпьютеров и микропроцессоров в Будапеште (ВР).

111 специалистов Объединенного института ядерных исследований приняли участие в 58 международных конференциях, симпозиумах и школах в 19 странах, не являющихся членами ОИЯИ.

К числу крупных конференций этого года можно отнести Международную конференцию по физике высоких энергий в Испании, Международный симпозиум по лептон-фотонным взаимодействиям в США, Международную конференцию по ядерной физике в Бразилии, Международные конференции "50-летие исследований деления ядра" в Западном Берлине и США, Национальную конференцию по ускорителям заряженных частиц в США, Международную конференцию по ускорителям высоких энергий в Японии, Международную конференцию по циклотронам и их применению в Западном Берлине, Европейскую конференцию по конденсированным средам во Франции, Международную конференцию по высокотемпературным сверхпроводникам, материалам и механизмам сверхпроводимости в США и многие другие. Итоги этих конференций и полученная информация в большинстве случаев обсуждались на лабораторных или общеполитических семинарах.

Ежегодно специалисты ОИЯИ принимают участие в различных школах по физике,

проводимых в странах-неучастницах. В 1989 г. в качестве лекторов выезжали: Д.В.Ширков — в Непал на Летнюю школу по физике и А.Д.Коваленко — в СФРЮ на XXV Международную школу по физике элементарных частиц.

Ряд ученых ОИЯИ являются членами международных научных организаций. В связи с этим в заседании Международного комитета по будущим ускорителям (ИФКА) принял участие директор ОИЯИ академик Д.Киш, в заседании рабочей группы ИФКА по экспериментальной аппаратуре — И.А.Голутвин, в совещаниях Комитета по ядерной физике Европейского общества — Ю.Ц.Оганесян.

## СВЯЗИ С НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ СТРАН, НЕ ЯВЛЯЮЩИХСЯ УЧАСТНИЦАМИ ОИЯИ, И МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

В 1989 году ОИЯИ выполнял совместные работы и поддерживал традиционные контакты с научно-исследовательскими организациями стран-неучастниц ОИЯИ.

Наиболее плодотворным это сотрудничество было с Европейским центром ядерных исследований. Специалисты ОИЯИ участвовали в завершении монтажа и комплексной наладке оборудования установки DELPHI. Важным достижением коллаборации является проведение первых рабочих сеансов на пучках ускорительного комплекса LEP и получение первых результатов о массе и ширине нейтрального промежуточного бозона, установление числа поколений лептонов и кварков, оценка числа типов нейтрино. Большой вклад в физическую программу на LEP внесли и теоретики Дубны. Проведены прецизионные расчеты процесса  $e^+e^-$ -аннигиляции, изучены возможные следствия для параметров стандартной теории. В ОИЯИ был создан пакет программ ZBIZON, который используется экспериментаторами на LEP при анализе данных.

В сотрудничестве с итальянскими физиками по теме "Исследование взаимодействия антинуклонов с ядрами на ускорителе LEAR (проект ОБЕЛИКС, эксперименты PS-179 и PS-201 в ЦЕРНе)" подготовлены три публикации, в которых представлены



результаты изучения рассеяния антипротонов на гелии-4 и гелии-3. На установке СИГМА-АЯКС на ускорителе ИФВЭ (Протвино) совместно с учеными из НИЯФ (Милан) проведено исследование процесса радиационного рассеяния пионов на протонах при 43 ГэВ в широкой области энергий  $\gamma$ -квантов. Данные об этой эксклюзивной реакции при высоких энергиях получены впервые.

Более активно развернулось сотрудничество по темам "Мю-спин" и АРЕС с исследовательскими группами Института им. П.Шерера (Швейцария). Здесь создана аппаратура для проведения  $\mu$ SR-экспериментов.

На основе расчетов, проведенных в работах по теме "Нейтрино" (Дубна — Франция — НРБ), увеличена в 5-10 раз трансмиссия электростатических спектрометров в Орсе и Дубне. В рамках протокола о сотрудничестве между ЛЯР ОИЯИ и Национальным центром по физике тяжелых ионов ГАНИЛ (Франция) продолжались эксперименты по синтезу и исследованию свойств нейтроноизбыточных ядер легких элементов. Изучены свойства распада около 30 новых изотопов.

В 1989 году подготовлены и проведены первые совместные эксперименты по синте-

зу и изучению свойств мультинейтронных систем и тяжелых изотопов водорода на ускорителе в Институте ядерных исследований им. Гана — Мейтнер (Западный Берлин) с использованием тритиевой мишени, изготовленной в Дубне.

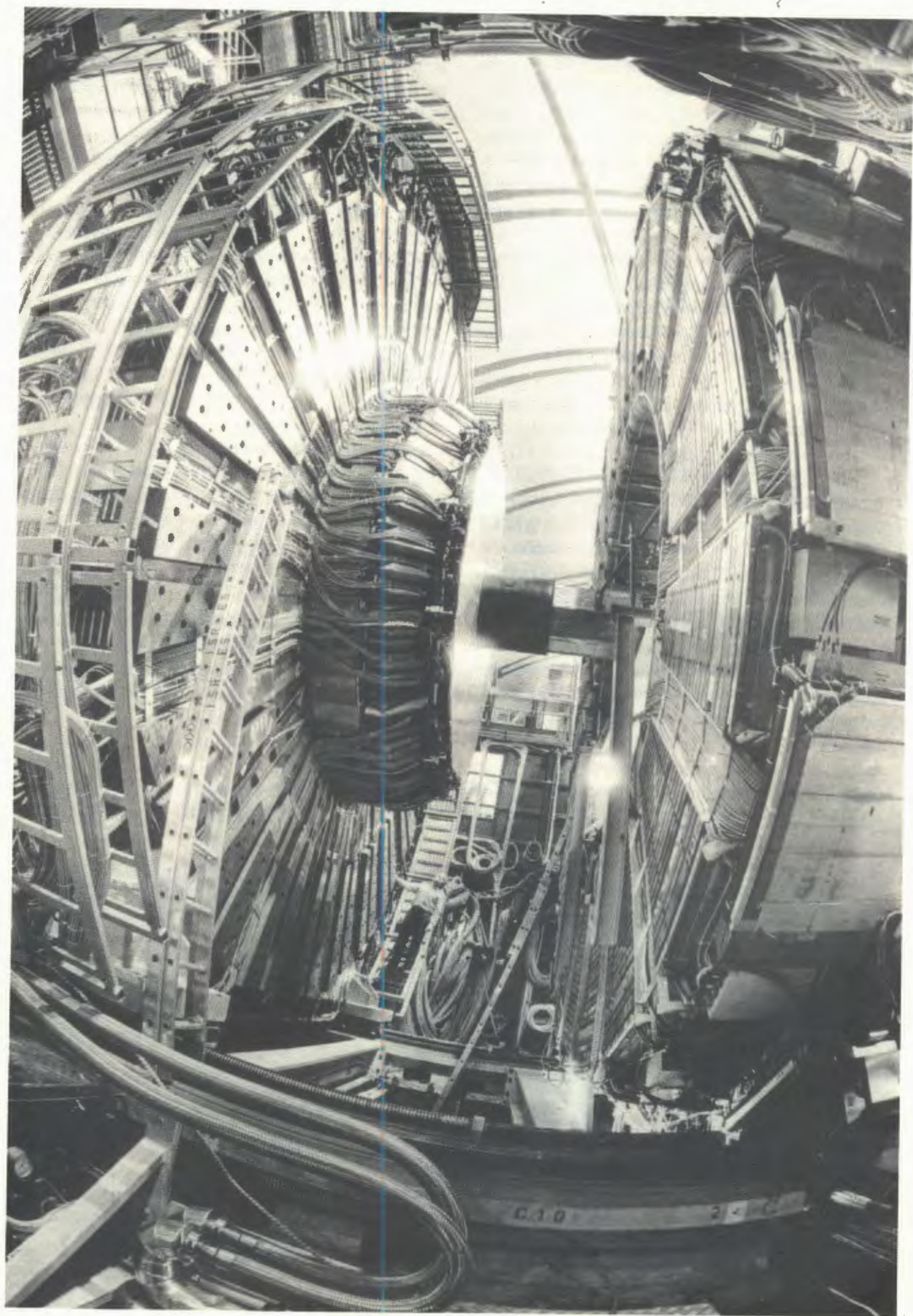
Продолжены работы в рамках сотрудничества с Лабораторией Резерфорда — Эпплтона (Великобритания) на нейтронном источнике ISIS. Итогом этих исследований явились 4 публикации. С помощью неупругого некогерентного рассеяния нейтронов определены параметры кристаллических электрических полей в высокотемпературных сверхпроводящих керамиках Y-Ba-Cu, La-Sr-Cu, допированных тулием и тербием. Изучались также системы с тяжелыми фермионами.

Начато сотрудничество ОИЯИ с физиками Мичиганского университета (США) по проекту "Нептун", включающее программу исследований по спиновой физике адронов и создание струйных поляризованных мишеней на внутреннем пучке ускорительного комплекса УНК (Протвино). Проводятся работы по созданию теплой струйной поляризованной мишени, исследованию процессов накопления поляризованного атомарного водорода в магнитной ловушке,

В Дубне была организована выставка приборов и оборудования, разработанных Институтом измерительной и вычислительной техники Центрального института физических исследований ВАН, венгерским кооперативом МЕГАМИКРО и западногерманской фирмой "Вильд Лейтц"



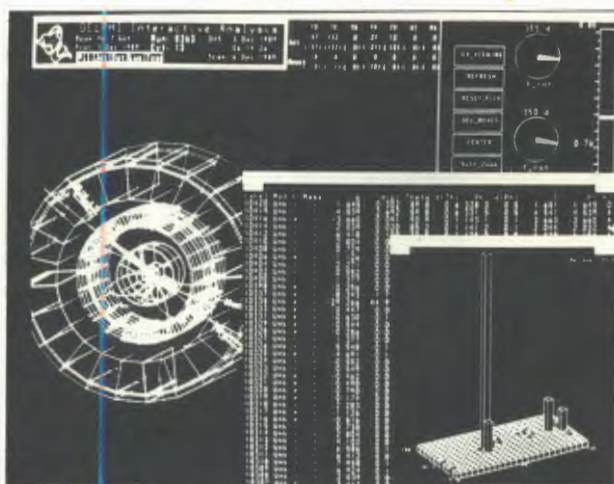








Эксперимент DELPHI — первый коллайдерный эксперимент, в котором участвует ОИЯИ





проектированию системы циркуляции гелия-3 на основе герметичных насосов производства ГДР. Разработан проект и проводится подготовка совместного эксперимента по получению и изучению свойств изотопов 106 элемента на газонаполненном сепараторе ЛЯР ОИЯИ с группой физиков из Ливерморской национальной лаборатории (США).

ОИЯИ поддерживает связи и проводит обмен учеными с Институтом физики, Университетом в Белграде и Университетом в Титограде (СФРЮ); с Институтом Н.Бора в Копенгагене (Дания); Международным центром физики в Триесте и Институтом физики в Пизе (Италия), а также с научными центрами ряда других стран.

## ЭКСКУРСИИ В ОИЯИ

В 1989 году в Объединенном институте ядерных исследований было принято 70 экскурсионных групп общей численностью 1813 человек.

С деятельностью лабораторий и их планами на будущее ознакомились делегации Государственного агентства по атомной энергии и Комиссии технического прогресса Республики Польша, делегация Института ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, делегация АН ГДР, делегация концерна "Тесла" ЧССР, студенты различных вузов стран-участниц ОИЯИ и многие другие.

В августе Дубну посетила делегация ученых КНР, возглавляемая почетным директором Института атомной энергии КНР профессором Ван Ганьчаном. На снимке: А.А.Кузнецов, Ван Ганьчан, М.И.Соловьев, Динь Дачжао





## СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей Объединенного института ядерных исследований за период 1965 — 1989 гг.

| №<br>п/п | Вид сотрудничества                                                                                                | 1965 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1988 | 1989 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.       | Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без совещаний, но с учетом приездов по контрактам) | 203  | 446  | 1026 | 1216 | 1469 | 1218 | 1519 |
| 2.       | Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы                                                      | 171  | 287  | 474  | 558  | 600  | 554* | 798  |
| 3.       | Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ                                          | 19   | 28   | 42   | 40   | 49   | 42   | 43   |
| 4.       | Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц                          | 69   | 166  | 131  | 109  | 119  | 178  | 244  |
| 5.       | Количество приездов специалистов из стран-неучастниц                                                              | 27   | 176  | 226  | 93   | 144  | 255  | 305  |
| 6.       | Количество стипендиатов ОИЯИ                                                                                      | —    | 8    | 11   | 7    | 3    | 7    | 13   |

\*Без учета выездов по вызовам Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ.

## ПЕРЕЧЕНЬ

научных и научно-организационных совещаний, проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1989 году

| №<br>п/п                                             | Наименование                                                             | Время<br>проведения | Место<br>проведения           | Количество<br>участников |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------|
| <i>1. Совещания, конференции, школы и симпозиумы</i> |                                                                          |                     |                               |                          |
| 1.                                                   | Международное совещание по циклотронам и их применению                   | 29 мая —<br>3 июня  | Бехине, ЧССР                  | 80                       |
| 2.                                                   | Международная конференция по избранным вопросам структуры ядра           | 20 — 24 июня        | Дубна                         | 200                      |
| 3.                                                   | XI Школа ЦЕРН — ОИЯИ по физике                                           | 25 июня —<br>8 июля | Эгмонд-анн-Зее,<br>Нидерланды | 120                      |
| 4.                                                   | Международный семинар "Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости"  | 28 июня —<br>1 июля | Дубна                         | 150                      |
| 5.                                                   | V Международный симпозиум по избранным проблемам статистической механики | 22 — 24 августа     | Дубна                         | 150                      |
| 6.                                                   | Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов                      | 4 — 12 октября      | Дубна                         | 200                      |



## II. Рабочие совещания

|                                                                                                                              |                          |                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----|
| 1. Совещание по мультинейтронным системам                                                                                    | 24 — 26 января           | Дубна          | 50 |
| 2. Совещание по исследованию механизма неупругих столкновений релятивистских ядер методом ядерных фотоэмульсий               | 31 января —<br>2 февраля | Дубна          | 30 |
| 3. Совещание по исследованиям по проекту "Альфа" ненуклонных степеней свободы легких ядер и их развитию                      | 14 — 16 марта            | Дубна          | 50 |
| 4. Совещание по исследованиям на установке БИС-2                                                                             | 21 — 23 марта            | Дубна          | 50 |
| 5. Заседание совместного научного комитета ОИЯИ — ЦЕРН                                                                       | 15 — 16 мая              | Дубна          | 25 |
| 6. Совещание по исследованиям на установке СФЕРА                                                                             | 16 — 18 мая              | Дубна          | 50 |
| 7. Совещание по исследованиям на 2-метровой пропановой камере                                                                | 23 — 25 мая              | Дубна          | 50 |
| 8. Совещание по исследованию взаимодействий легких релятивистских ядер с протонами                                           | 30 мая —<br>1 июня       | Дубна          | 25 |
| 9. Совещание по модификации генетического действия излучений разных физических характеристик                                 | 13 — 15 июня             | Дубна          | 50 |
| 10. Совещание по проблеме исследования СР-эффектов в распадах бьюти-мезонов, рожденных фотонами ультравысоких энергий на УНК | 4 — 7 июля               | Дубна          | 70 |
| 11. Совещание по теории солитонов и приложениям                                                                              | 25 — 27 августа          | Дубна          | 65 |
| 12. Совещание по исследованиям на установке ГИБС                                                                             | 12 — 14 сентября         | Алма-Ата, СССР | 50 |
| 13. Совещание по нейтринному детектору                                                                                       | 25 — 30 сентября         | Цойтен, ГДР    | 35 |
| 14. Совещание по проекту "Парус-Нептун"                                                                                      | 26 — 28 сентября         | Дубна          | 40 |
| 15. Заседание Консультативной комиссии по научной политике ОИЯИ                                                              | 14 — 16 октября          | Дубна          | 25 |
| 16. Совещание по экспериментам на спектрометре "Гиперон"                                                                     | 24 — 26 октября          | Дубна          | 50 |
| 17. Совещание экспертов по стандартам электроники в физике высоких энергий                                                   | 31 октября —<br>2 ноября | Дубна          | 70 |
| 18. Совещание по исследованиям на установке СИГМА-АЯКС                                                                       | 14 — 16 ноября           | Дубна          | 45 |
| 19. Совещание по исследованиям на спектрометре РИСК                                                                          | 14 — 16 ноября           | Дубна          | 45 |
| 20. Совещание по исследованию когерентного образования бозонных систем на установке МИС                                      | 14 — 16 ноября           | Дубна          | 45 |



|                                                                       |                 |       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|----|
| 21. Совещание по исследованию конденсированных сред на реакторе ИБР-2 | 4 — 6 декабря   | Дубна | 50 |
| 22. Совещание по экспериментам на установке АРЕС                      | 19 — 21 декабря | Дубна | 40 |

### III. Научно-организационные совещания

|                                                                 |                            |                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----|
| 1. Комитет Полномочных Представителей стран — участниц ОИЯИ     | 17 — 19 января             | Дубна           | 80  |
| 2. НКС по физике высоких энергий                                | 4 — 7 апреля               | Дубна           | 120 |
| 3. НКС по физике низких и промежуточных энергий                 | 11 — 13 апреля             | Дубна           | 120 |
| 4. НКС по теоретической физике                                  | 18 — 19 апреля             | Дубна           | 100 |
| 5. НКС по исследованию конденсированных сред ядерными методами  | 18 — 19 апреля             | Дубна           | 100 |
| 6. НКС по единой технической политике                           | 25 — 27 апреля             | Дубна           | 80  |
| 7. Совещание контрольной комиссии Финансового комитета          | 6 — 8 июня                 | Дубна           | 20  |
| 8. 66 сессия Ученого совета ОИЯИ                                | 19 — 23 июня               | Смоленице, ЧССР | 100 |
| 9. НКС по физике низких энергий                                 | 21 — 23 ноября             | Дубна           | 120 |
| 10. НКС по физике высоких энергий                               | 28 ноября —<br>1 — декабря | Дубна           | 120 |
| 11. НКС по теоретической физике                                 | 4 — 5 декабря              | Дубна           | 100 |
| 12. НКС по исследованию конденсированных сред ядерными методами | 7 — 8 декабря              | Дубна           | 100 |
| 13. НКС по единой технической политике                          | 11 — 13 декабря            | Дубна           | 80  |
| 14. Заседание Финансового комитета                              | 14 — 15 декабря            | Дубна           | 20  |

### ПЕРЕЧЕНЬ

конференций, совещаний, школ, в которых принимали участие специалисты Объединенного института ядерных исследований в 1989 году

| №<br>п/п | Наименование | Место<br>проведения | Время<br>проведения | Количество<br>участников |
|----------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
|----------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------------|

#### I. В странах-участницах

|                                                                        |                           |                         |   |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---|
| 1. 18 Совещание по физике и технике низких температур                  | ГДР, Гауссиг              | 16 — 20 января          | 4 |
| 2. Международный симпозиум по высокотемпературной сверхпроводимости    | ГДР, Финкен               | 23 — 27 января          | 2 |
| 3. 5 Зимняя школа по бесконечно-мерным стохастическим системам         | ГДР, Георгенталь          | 23 — 28 января          | 1 |
| 4. Международная школа "Рассеяние нейтронов в конденсированных средах" | ГДР, Штадт Велен          | 23 — 27 января          | 3 |
| 5. 25 Зимняя школа по теоретической физике                             | Республика Польша, Карпач | 20 февраля —<br>4 марта | 2 |



|                                                                                                 |                                 |                  |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|----|
| 6. 2 Международный симпозиум по информационной технике                                          | ГДР, Дрезден                    | 1 — 3 марта      | 1  |
| 7. Весенняя школа по ядерной физике                                                             | ГДР, Хольцхау                   | 27 — 31 марта    | 5  |
| 8. 21 Международный симпозиум "Физика радиационной защиты"                                      | ГДР, Бад Шандау                 | 3 — 7 апреля     | 3  |
| 9. 19 Международный симпозиум по электронной структуре твердых тел                              | ГДР, Хольцхау                   | 9 — 13 апреля    | 2  |
| 10. Международная школа по физике                                                               | Республика Польша, Закопане     | 16 — 30 апреля   | 2  |
| 11. 20 Весенний симпозиум по физике высоких энергий                                             | ГДР, Кордобанг                  | 17 — 21 апреля   | 1  |
| 12. 33 Семинар по теоретической физике                                                          | ГДР, Лейпциг                    | 3 — 5 мая        | 2  |
| 13. Рабочее совещание по модернизации микрополоскового вершинного детектора ДЕЛФИ               | Республика Польша, Краков       | 5 — 9 мая        | 1  |
| 14. Рабочее совещание "Теория высокотемпературной сверхпроводимости"                            | ГДР, Лейпциг                    | 8 — 12 мая       | 1  |
| 15. 13 Симпозиум по микроэлектронике                                                            | ГДР, Франкфурт                  | 8 — 12 мая       | 1  |
| 16. Рабочее совещание по ядерным мембранам и их применению в народном хозяйстве                 | Республика Польша, Бельско Бяла | 15 — 19 мая      | 6  |
| 17. 4 Конференция по машинной графике                                                           | ЧССР, Смоленице                 | 15 — 18 мая      | 2  |
| 18. Международная школа "Программирование-89"                                                   | НРБ, Варна                      | 20 — 30 мая      | 3  |
| 19. Школа по динамическим системам                                                              | ЧССР, Модра Пиески              | 29 мая — 3 июня  | 1  |
| 20. 9 Международный симпозиум по теории атомного ядра                                           | НРБ, Гюлечица                   | 29 мая — 3 июня  | 4  |
| 21. 12 Варшавский симпозиум по физике элементарных частиц                                       | Республика Польша, Казимеж      | 29 мая — 2 июня  | 3  |
| 22. Международный семинар "Теория и применение искусственного интеллекта"                       | НРБ, Созопол                    | 29 мая — 2 июня  | 1  |
| 23. 19 Краковская школа по теоретической физике                                                 | Республика Польша, Закопане     | 2 — 12 июня      | 2  |
| 24. Конференция по эргодической теории                                                          | Республика Польша, Вроцлав      | 19 — 25 июня     | 1  |
| 25. Международная конференция "Избранные вопросы квантовой теории поля и математической физики" | ЧССР, Либлице                   | 26 — 30 июня     | 2  |
| 26. Конференция "Химия твердого тела"                                                           | ЧССР, Пардубице                 | 26 — 30 июня     | 1  |
| 27. Рабочее совещание "Стандартная модель при энергиях существующих и будущих ускорителей"      | Венгерская Республика, Будапешт | 27 июня — 1 июля | 2  |
| 28. Международный симпозиум по экспериментам и методам в физике высоких энергий                 | ЧССР, Бехине                    | 27 июня — 1 июля | 10 |
| 29. 26 Международный коллоквиум по спектроскопии                                                | НРБ, София                      | 2 — 9 июля       | 3  |



|                                                                                               |                                      |                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----|
| 30. 4 Международная конференция по дифференциальным уравнениям и их приложениям               | НРБ, Русе                            | 13 — 18 августа         | 3  |
| 31. 8 Международная конференция по сверхтонким взаимодействиям                                | ЧССР, Прага                          | 14 — 19 августа         | 19 |
| 32. 7 Чехословацкая конференция по дифференциальным уравнениям (EQADIFF'7)                    | ЧССР, Прага                          | 21 — 25 августа         | 1  |
| 33. Международный симпозиум по биотехнологии                                                  | Венгерская Республика, Балатонсеплак | 4 — 8 сентября          | 1  |
| 34. Международная конференция по применениям эффекта Мессбауэра                               | Венгерская Республика, Будапешт      | 4 — 8 сентября          | 1  |
| 35. 3 Международная конференция по модификации материалов импульсами энергии и пучками частиц | ГДР, Дрезден                         | 4 — 8 сентября          | 1  |
| 36. Международное совещание по мембранам и мембранным разделительным процессам                | Республика Польша, Торунь            | 5 — 8 сентября          | 3  |
| 37. Международная конференция по оптике                                                       | ГДР, Йена                            | 21 — 26 августа         | 2  |
| 38. 2 Европейская конференция по квантовой электронике                                        | ГДР, Дрезден                         | 28 августа — 1 сентября | 2  |
| 39. 2 Школа по анализу материалов на пучках ионов                                             | ГДР, Йена                            | 28 августа — 2 сентября | 1  |
| 40. 8 Конференция по жидким кристаллам                                                        | Республика Польша, Краков            | 28 августа — 1 сентября | 5  |
| 41. Международная школа "Новые достижения в квантовой физике"                                 | Румыния, Брашов                      | 29 августа — 9 сентября | 3  |
| 42. Международная школа по макроскопическим квантовым явлениям                                | ЧССР, Смоленице                      | 18 — 22 сентября        | 2  |
| 43. Конференция по интегральным уравнениям и обратным задачам                                 | НРБ, Варна                           | 18 — 23 сентября        | 3  |
| 44. 10 Школа по когерентной оптике                                                            | Республика Польша, Устрон            | 18 — 27 сентября        | 1  |
| 45. 13 Международная школа по теоретической физике                                            | Республика Польша, Щирк              | 19 — 26 сентября        | 1  |
| 46. 8 Школа "Вычислительная техника в физике"                                                 | ЧССР, Скалски Двур                   | 19 — 28 сентября        | 9  |
| 47. 6 Международная школа "Вакуум, электронная и ионная технология"                           | НРБ, Варна                           | 20 — 26 сентября        | 1  |
| 48. Международная конференция "Структура адронов-89"                                          | ЧССР, Смоленице                      | 25 — 29 сентября        | 7  |
| 49. 9 Международная школа по физике атомного ядра, нейтронной физике и ядерной энергетике     | НРБ, Варна                           | 28 сентября — 7 октября | 5  |
| 50. 23 Международный симпозиум по теории элементарных частиц                                  | ГДР, Арэнсхооп                       | 9 — 14 октября          | 2  |
| 51. 3 Международный симпозиум по мультимикропроцессорным системам                             | ГДР, Штральзунд                      | 16 — 20 октября         | 1  |



|                                                                                                                             |                                 |                 |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---|
| 52. 6 Симпозиум по применению микрокомпьютеров и микро-процессоров                                                          | Венгерская Республика, Будапешт | 17 — 19 октября | 4 |
| 53. Совещание специалистов академий наук социалистических стран по теме 12.6 многостороннего сотрудничества ЧССР, Смоленице |                                 | 23 — 27 октября | 1 |

## II. В странах-неучастницах

|                                                                                                                   |                         |                 |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|---|
| 1. V Международная конференция по проволочным камерам                                                             | Австрия, Вена           | 13 — 17 февраля | 6 |
| 2. IX Европейская конференция по конденсированным средам                                                          | Франция, Ницца          | 6 — 9 марта     | 5 |
| 3. Рабочее совещание по фундаментальной физике с медленными нейтронами                                            | Франция, Гренобль       | 7 — 12 марта    | 1 |
| 4. Заседание Комитета по ядерной физике ЕФО, посещение ГСИ                                                        | ФРГ, Дармштадт          | 10 — 16 марта   | 1 |
| 5. Заседание оргкомитета Школы ЦЕРН — ОИЯИ по физике                                                              | Швейцария, Женева       | 11 — 14 марта   | 2 |
| 6. Конференция по ускорителям заряженных частиц                                                                   | США, Чикаго             | 20 — 24 марта   | 1 |
| 7. Международная конференция "50-летие исследований ядра"                                                         | Западный Берлин         | 3 — 7 апреля    | 5 |
| 8. Международный симпозиум по компьютеризации в физике высоких энергий                                            | Великобритания, Оксфорд | 9 — 15 апреля   | 2 |
| 9. Тематическое совещание по гиперболической геометрии и эргодической теории                                      | Италия, Триест          | 17 — 28 апреля  | 1 |
| 10. Международная конференция "50 лет деления ядра"                                                               | США, Гейтерсберг        | 26 — 28 апреля  | 3 |
| 11. Координационное совещание МАГАТЭ по международному сличению средств индивидуального дозиметрического контроля | Австрия, Вена           | 24 — 29 апреля  | 1 |
| 12. XII Международная конференция по циклотронам и их применению                                                  | Западный Берлин         | 8 — 12 мая      | 3 |
| 13. Международная конференция по избранным проблемам симплектической геометрии                                    | Франция, Марсель        | 15 — 19 мая     | 1 |
| 14. Международный симпозиум по слабым и электромагнитным взаимодействиям                                          | Канада, Монреаль        | 15 — 19 мая     | 4 |
| 15. XVII Совещание сотрудников по связи с ИНИС                                                                    | Австрия, Вена           | 16 — 19 мая     | 1 |
| 16. Международный симпозиум по взаимодействию быстрых тяжелых ионов с веществом                                   | Франция, Кан            | 16 — 19 мая     | 1 |
| 17. Летняя школа по физике                                                                                        | Непал, Катманду         | 20 — 24 мая     | 1 |
| 18. Международная конференция по СР-несохранению в физике частиц и астрофизике                                    | Франция, Шато-де-Блуа   | 22 — 26 мая     | 3 |



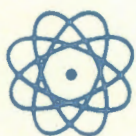
|                                                                                                                  |                        |                          |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|---|
| 19. Международная конференция "Ядерное уравнение состояния"                                                      | Испания, Генискола     | 21 мая — 3 июня          | 1 |
| 20. Международная конференция "Компьютеры и математика"                                                          | США, Кембридж          | 12 — 16 июня             | 2 |
| 21. XXIII Международная конференция по ядерным слабым процессам и ядерной структуре                              | Япония, Осака          | 12 — 16 июня             | 2 |
| 22. XI Адриатическое совещание по физике частиц                                                                  | СФРЮ, Дубровник        | 12 — 22 июня             | 2 |
| 23. II Школа ИКФА по аппаратуре в физике частиц                                                                  | Италия, Триест         | 12 — 23 июня             | 2 |
| 24. XII Международная конференция по проблемам малочастичных систем в физике                                     | Канада, Ванкувер       | 2 — 8 июля               | 4 |
| 25. V Международное рабочее совещание по нелинейным эволюционным уравнениям и динамическим системам              | Греция, Колимбри       | 3 — 16 июля              | 2 |
| 26. Международная конференция по явлениям в ионизированных средах                                                | СФРЮ, Белград          | 10 — 14 июля             | 2 |
| 27. Международная конференция по ионным источникам                                                               | США, Беркли            | 10 — 14 июля             | 2 |
| 28. XII Международная конференция по высоким давлениям в науке и технологии                                      | ФРГ, Падерборн         | 17 — 21 июля             | 2 |
| 29. Международная конференция по супермембранам и физике в (2 + 1)-измерениях                                    | Италия, Триест         | 17 — 21 июля             | 1 |
| 30. Международная конференция по высокотемпературным сверхпроводникам, материалам и механизмам сверхпроводимости | США, Стенфорд          | 24 — 28 июля             | 5 |
| 31. Международная конференция по криогенике и криогенным материалам                                              | США, США, Лос-Анджелес | 24 — 28 июля             | 2 |
| 32. Рабочее совещание по физике конденсированных сред                                                            | Италия, Триест         | 30 июля — 5 октября      | 3 |
| 33. 52 Конференция Метеоритного общества                                                                         | Австрия, Вена          | 1 — 4 августа            | 1 |
| 34. Международный симпозиум по лептон-фотонным взаимодействиям                                                   | США, Стенфорд          | 7 — 12 августа           | 2 |
| 35. Генеральная ассамблея ИЮПАК                                                                                  | Швеция, Лунд           | 8 — 15 августа           | 1 |
| 36. V Нордическое совещание по ядерной физике                                                                    | Норвегия, Копервик     | 11 — 15 августа          | 1 |
| 37. Международная конференция по высокотемпературной сверхпроводимости                                           | ФРГ, Бад Виндсхейм     | 13 — 26 августа          | 1 |
| 38. Заседание ИКФА и рабочей группы ИКФА по аппаратуре                                                           | Япония, Цукуба         | 14 — 19 августа          | 2 |
| 39. Международное рабочее совещание "Британский институт по физике высоких энергий, 1989 г."                     | Великобритания, Дарем  | 20 августа — 10 сентября | 2 |
| 40. Международная конференция по физике фононов "Фононы-89"                                                      | ФРГ, Гейдельберг       | 21 — 25 августа          | 1 |



|                                                                                                    |                           |                                       |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|
| 41. Международная конференция по ядерной физике                                                    | Бразилия, Сан-Паулу       | 21 — 25 августа                       | 3 |
| 42. Международная конференция по ускорителям высоких энергий                                       | Япония, Цукуба            | 22 — 26 августа                       | 2 |
| 43. Международная конференция по сегнетоэлектричеству                                              | ФРГ, Саарбрюкен           | 28 августа — 2 сентября               | 1 |
| 44. XV Симпозиум по микропроцессорам и микропрограммированию "Евромикро-89"                        | ФРГ, Кельн                | 4 — 8 сентября                        | 2 |
| 45. Международная конференция по физике высоких энергий                                            | Испания, Мадрид           | 6 — 13 сентября                       | 4 |
| 46. Международный семинар "КАМАК-89"                                                               | КНР, Пекин                | 6 — 8 сентября                        | 1 |
| 47. I Европейская конференция по ускорителям в прикладных исследованиях и технологии               | ФРГ, Франкфурт            | 5 — 9 сентября                        | 1 |
| 48. Международный семинар по квантовой гравитации                                                  | Великобритания, Кембридж  | 17 — 23 сентября                      | 1 |
| 49. III Европейская конференция по коллоидным и межфазным наукам                                   | Швейцария, Базель         | 19 — 22 сентября                      | 2 |
| 50. Международная конференция по высокотемпературной сверхпроводимости                             | Великобритания, Бирмингем | 19 — 21 сентября                      | 1 |
| 51. XXV Международная школа по физике элементарных частиц                                          | СФРЮ, Купари              | 23 — 30 сентября                      | 1 |
| 52. Совещание коллаборации БОРЕКС                                                                  | Италия, Рим               | 24 сентября — 6 октября               | 1 |
| 53. Совещание по физической программе и экспериментам на суперколлайдере                           | США, Даллас               | 2 — 6 октября                         | 1 |
| 54. Совещание греческих и советских ученых по философским проблемам науки                          | Греция, Афины             | 2 — 8 октября                         | 1 |
| 55. Съезд Американской ассоциации по исследованию микроаэрозолей                                   | США, Спаркс               | 8 — 12 октября                        | 1 |
| 56. Заседание Комитета по ядерной физике ЕФО, посещение научных центров                            | ФРГ, Дармштадт            | 3 — 11 ноября                         | 1 |
| 57. V Конгресс ассоциации биомедицинской физики, заседание редколлегии журнала "Физика в медицине" | Италия, Неаполь           | 28 ноября — 1 декабря                 | 1 |
| 58. Международная конференция "Концептуальные основания квантовой теории"                          | Индия, Дели               | 28 декабря 1989 г. — 2 января 1990 г. | 1 |



# ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ





## ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сотрудники отдела в 1989 году контролировали уровни ионизирующих излучений, содержание радионуклидов в окружающей среде, нормы и правила работы с источниками ионизирующих излучений, выполнили также ряд научно-методических работ.

Радиационный контроль осуществлялся на следующих ядерно-физических установках ОИЯИ:

- импульсном реакторе ИБР-30, как в бустерном режиме, так и при остановленном реакторе с целью выявления разгерметизированного тепловыделяющего элемента;

- импульсном реакторе ИБР-2 со средней мощностью до 2 МВт;

- синхрофазотроне в режиме ускорения протонов и релятивистских ядер с энергией до нескольких ГэВ/нуклон;

- фазотроне в режиме ускорения и вывода пучков протонов с энергией до 660 МэВ;

- циклотронах У-200 и У-400 в режиме ускорения ионов с энергиями до 20 МэВ/нуклон;

- микротроне МТ-25 на энергию электронов 25 МэВ;

- сильноточных ускорителях электронов на энергии от нескольких кэВ до 16 МэВ;

- других источниках ионизирующих излучений.

Итоги контроля радиационной обстановки и индивидуальных доз внешнего облучения персонала в зонах радиационного воздействия показали, что годовой уровень облучения персонала и населения не превысил ни предельно допустимых доз, ни пределов доз. К концу 1989 года на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состояло 2564 человека, из них 181 сотрудник, прикомандированный к ОИЯИ из сторонних организаций. Годовая доза облучения у 98,9% сотрудников, работающих в радиационно-вредных условиях труда, не превысила 15 мЗв (1,5 бэр), что ниже регламентированной величины. Доза облучения в окружающей среде от ядерно-физических установок ОИЯИ не превышает в городе трех процентов от природной дозы радиации; радиоактивность внешней среды в

районе расположения ОИЯИ обусловлена наличием в ней естественных радиоактивных элементов и продуктов глобальных выпадений, на фоне которых вклад работы установок Института в загрязненность окружающей среды не обнаружен.

С целью развития и совершенствования средств радиационного контроля разработан и введен в опытную эксплуатацию унифицированный модуль первичной обработки данных автоматизированной системы радиационного контроля (АСРК) фазотрона<sup>1/</sup>. Качественно новое программное обеспечение АСРК реализовано на базе персонального компьютера "Правец-16"<sup>2/</sup>. На основе приборов фирмы Harshaw 2000-A, 2000-B и "Правец-16" создана система для снятия, хранения и обработки кривых высвечивания термолюминесцентных детекторов, предназначенных для индивидуального контроля доз излучений; пакет программ разработан и реализован на версии Turbo Pascal 5.0<sup>3/</sup>.

В области радиационных исследований завершен этап разработки методики расчета источников вторичного излучения и защиты на высокоэнергетичных ускорителях<sup>4-6/</sup>. Выполнена предварительная оценка необходимой защиты нуклотрона. Продолжалась разработка методики измерения спектральных распределений нейтронов высокой энергии и определения операционных дозиметрических величин в полях излучения за защитами ускорителей<sup>7-9/</sup>. Разработаны рекомендации по дополнительной защите на циклотроне У-400 М на основе созданной в ОРБирИ феноменологической модели<sup>10/</sup>. Проведен ряд экспериментов в области радиационных исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Громов В.О., Панюшкин В.А. — ОИЯИ, 13-89-839, Дубна, 1989.
2. Громов В.О. — ОИЯИ, 10-89-840, Дубна, 1989.
3. Громов В.О., Крячко А.П. — ОИЯИ, 16-89-620, Дубна, 1989.



4. Крылов А.Р. – Сообщение ОИЯИ 16-89-626, Дубна, 1989.
5. Крылов А.Р., Бамблевский В.П., Тимошенко Г.Н. – Сообщение ОИЯИ 16-89-627, Дубна, 1989.
6. Крылов А.Р., Бамблевский В.П., Тимошенко Г.Н. – Сообщение ОИЯИ 16-89-628, Дубна, 1989.
7. Крылов А.Р., Тимошенко Г.Н. – ПТЭ, 1989, №3, с.42.

8. Timoshenko G.N., Krylov A.R. – JINR Preprint E16-89-59, Dubna, 1989.
9. Aleinikov V.E., Krylov A.R., Timoshenko G.N. – JINR Preprint E16-89-668, Dubna, 1989.
10. Бескровная Л.Г., Комочков М.М. – В кн.: Защита от нейтронов, генерируемых ионами. Труды XI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. ОИЯИ, Д9-89-52, Дубна, 1989, т.2, с.382.

## ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1989 году коллектив Опытного производства выполнил по заказам лабораторий Института большой объем работ по модернизации базовых установок, созданию экспериментального оборудования, изготовлению радиоэлектронной и детектирующей аппаратуры.

Продолжались работы по созданию узлов ускорителя нуклотрон со сверхпроводящей магнитной системой (ЛВЭ). Было изготовлено 4 магнита Ламбертсона, 30 квадрупольных линз, 64 подвески для линз, 5 пикапных станций и станция наблюдения, 70 коллекторов прямого и обратного потока гелия, 25 азотных ловушек, 12 магнитных линз, оснастка для производства сверхпроводящих обмоток линз.

Для ускорителя У-400М (ЛЯР) изготовлено 2 каркаса дуанта, комплект деталей ионных источников и комплект деталей и узлов для вакуумной системы. Для этой же Лаборатории выпущено 2 комплекта узлов микротрона и 30 комплектов деталей сканера.

Продолжается выпуск пакетов балок и стоек магнитовода установки МАРС. Начато производство катушек магнита установки ПАРУС, изготовлен магнитопровод установки "Нептун" и ряд узлов магнита для прототипа ускорителя ДЦ-1 (ЛЯП).

Изготовлены 2 рамы для подвижного отражателя реактора ИБР-2 и узлы центральной защиты НЕРА (ЛНФ). Завершена работа

В Опытном производстве ОИЯИ





по изготовлению систем зеркал, оптических систем, узлов пневмоуправления, столов измерительных и столов оператора для просмотрово-измерительных установок АИСТ (ЛВТА).

По заказам лабораторий изготовлено 36 пропорциональных камер. Для комплекса "Меченые нейтрино" (ОНМО) смонтировано 11 координатных полуплоскостей из дрей-

фовых трубок и более 400 радиоэлектронных блоков. В течение года лаборатории Института получили 590 различных источников питания радиоэлектронной аппаратуры, более 2300 блоков в стандарте КАМАК. Изготовлены первые образцы конструктивов в стандарте ЕВРОМЕХАНИКА и опытные экземпляры многослойных печатных плат нескольких типов.



# НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ





В 1989 г. издательский отдел ОИЯИ выпустил в свет 914 наименований сообщений и препринтов ОИЯИ. Издано 238 служебных материалов.

Вышли из печати 16 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: Труды Международного совещания по физике высоких энергий, XIII Международного симпозиума по ядерной электронике, XI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Международной школы по вопросам применения ЭВМ в физических исследованиях, семинара "Гравитационная энергия и гравитационные волны", рабочего совещания "Современные направления в активационном анализе в ОИЯИ", Рабочего совещания по генетическому действию корпускулярных излучений, Рабочего совещания по разработке и созданию излучателя и детектора гравитационных волн и других.

В серии брошюр "Лекции для молодых ученых" опубликованы лекции С.А.Карамяна "Новые возможности определения времени жизни возбужденных ядер в реакциях с тяжелыми ионами", В.Г.Маханькова и др. "Модель Скирма и солитоны в физике адронов", С.В.Шабанова "Структура фазового пространства в калибровочных теориях", Ф.М.Льва "Некоторые вопросы релятивистской квантовой механики систем с заданным числом степеней свободы".

В 1989 г. издано 6 сборников "Кратких сообщений ОИЯИ", в которых опубликовано 40 статей, содержащих оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня "Новости ОИЯИ", который приобретает все большую популярность в кругах научной общественности.

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы и т.д., проводившиеся как в странах-участницах, так и в других странах, издательским отделом было направлено 1260 статей и докладов, содержащих результаты работ ученых Дубны.

Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в таких журналах, как "Журнал экспериментальной и теоретической физики", "Теоретическая и математическая физика", "Приборы и техника эксперимента", "Ядерная физика", "Физика элементарных частиц и атомного ядра", "Сверхпроводимость: физика, химия, техника", "Journal of Physics", "Physics Letters", "Zeitschrift für Physik", "Nuclear Physics", "Nuclear Instruments and Methods", "Europhysics Letters" и др.

В 44 страны мира рассылались публикации Дубны. В 1989 г. в списке рассылки публикаций ОИЯИ появилось 17 новых адресов.

В научно-техническую библиотеку Объединенного института ядерных исследований в 1989 г. поступило в порядке обмена 11256 публикаций из 44 стран, в том числе 2415 из ЦЕРНа. В порядке обмена же в НТБ бесплатно поступает 114 наименований научных журналов из 23 стран.

Оперативному информированию читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ и патентного отдела. Увидел свет традиционный ежегодный "Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1988 г." и "Отчет о деятельности ОИЯИ за 1988 г.". Издан сборник "Открытия и изобретения сотрудников ОИЯИ за 1985-86 гг."

Новый фотопроцессор издательского отдела для изготовления печатных форм

Новый фотопроцессор издательского отдела для изготовления печатных форм





Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование.

Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано свыше 600 тысяч различных бланков.

Выполнено свыше 4,5 тысяч заказов на переплетные работы.

Полиграфическая база отдела пополнилась новым современным процессором для изготовления печатных форм на бессеребряной основе фирмы ИТЕК.

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1989 г. число читателей Научно-технической библиотеки и ее филиалов составило 4900 человек. Количество выданной за год литературы и просмотренной на выставках новых поступлений составило 322 тысячи экземпляров. По заявкам читателей получено по межбиблиотечному абонементу (МБА) 2130 названий. Выполнено более 600 заявок, поступивших из библиотек СССР.

По всем источникам комплектования (покупка, подписка, книгообмен) в 1989 г. поступило более 19 тысяч экземпляров книг, препринтов, периодических изданий, в том числе 9 тысяч на иностранных языках. Продолжалась работа по очистке фонда от устаревшей литературы.

На 1 января 1990 г. библиотечный фонд составил около 410 тысяч экземпляров, из них более 168 тысяч — на иностранных языках.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. Каталоги пополнились 15424 карточками, тематические картотеки — 22395 карточками. Картоотека публикаций сотрудников Института пополнилась 4100 карточками.

Подготовлен к печати с использованием персональной ЭВМ "Правец-16" "Указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1988 год". Ежедневно выпускались экспресс-бюллетени "Книги", "Препринты", "Статьи" (156 номеров), содержащие информацию о новых публикациях (24287 наименований). Ежедневно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, на которых представлено 8037 наименований.

В НТБ организовано 7 тематических выставок.

## ПАТЕНТНЫЙ ОТДЕЛ

### ЗАЩИТА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ

|                                                          | 1989 г. | 1958-1989 гг. |
|----------------------------------------------------------|---------|---------------|
| Получено положительных решений по заявкам на изобретения | 47      | 1252          |
| Использовано изобретений                                 | 20      | 576           |

### РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

|                                                                                                |       |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|
| Использовано рационализаторских изобретений                                                    | 300   | 14394  |
| Экономический эффект от использования изобретений и рационализаторских предложений (тыс. руб.) | 200,8 | 3401,8 |





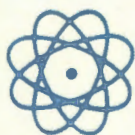
Заседание редколлегии журнала ЭЧАЯ



Мэрией г.Кан (Франция) и дирекцией ГАНИЛ была организована выставка фоторабот Ю.А.Туманова



**АДМИНИСТРАТИВНО-  
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**





## КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 31 декабря 1989 года составила 7292 человека.

Распределение по категориям показано в таблице.

В Объединенном институте ядерных исследований работают 6 академиков: А.М.Балдин, Н.Н.Боголюбов, Д.Киш, Б.М.Понтекоров, Г.Н.Флеров, И.М.Франк; 6 членов-корреспондентов академий наук: М.Гмитро, В.П.Джелепов, И.Звара, М.Г.Мещеряков, Р.М.-А.Мир-Касимов, Д.В.Ширков; 3 доцента, 190 докторов наук, 642 кандидата наук.

В 1989 году принято 777 человек:  
— научных работников — 263

— инженеров — 183  
— техников и мастеров — 22  
— рабочих — 257  
— учеников — 5  
— служащих — 34  
— младшего обслуживающего персонала — 13

Уволено из ОИЯИ за тот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 844 человека. В течение года присвоены ученые звания профессора 2 сотрудникам, старшего научного сотрудника — 2, младшего научного сотрудника — 5.

Защитили кандидатские диссертации 32 сотрудника, докторские — 5.

| Категория работников           | Численность                    |                                      |       |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------|
|                                | в лабораториях<br>и Управлении | в производственных<br>подразделениях | всего |
| Научные работники              | 1392                           | 2                                    | 1394  |
| Инженеры                       | 1645                           | 265                                  | 1910  |
| Техники и мастера              | 130                            | 136                                  | 266   |
| Рабочие                        | 1774                           | 1418                                 | 3192  |
| Ученики                        | 5                              | 6                                    | 11    |
| Служащие                       | 269                            | 182                                  | 451   |
| Младший обслуживающий персонал | 4                              | 64                                   | 68    |
| Итого:                         | 5219                           | 2073                                 | 7292  |



Новый жилой дом на  
улице Первомайской



## ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Комитет Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ для проведения научно-исследовательских работ, капитального строительства и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, на 1989 г. ассигновал 49,8 млн. руб. Получено централизованно 0,6 млн. руб. Фактические расходы за год составили 48,6 млн. руб., или 97,6% по отношению к годовым ассигнованиям.

Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 1989 г. выполнен в полном объеме, в сметной стоимости и по номенклатуре. Фактические расходы составили 34,5 млн. руб., или 96,5% к сметной стоимости. Достигнута экономия 1,3 млн. руб.

Распределение бюджета по разделам приведено в таблице:

| Наименование разделов                                                                 | Ассигнования на год, млн. руб. | Фактические расходы за год, млн. руб. | % к плану |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| I. Административно-управленческие и хозяйственные расходы                             | 8,1                            | 8,1                                   | 100,0     |
| II. Расходы на научно-исследовательскую деятельность                                  | 27,7                           | 26,4                                  | 95,3      |
| Итого по основной деятельности                                                        | 35,8                           | 34,5                                  | 96,5      |
| III. Капитальные вложения на строительство научно-исследовательских и других объектов | 14,0                           | 14,1                                  | 100,3     |
| Всего                                                                                 | 49,8                           | 48,6                                  | 97,6      |

Завершено строительство первого жилого дома МЖК "Союз"





## КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Затраты на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов планировались в сумме 14 миллионов

рублей. Выполнение годового плана капитального строительства показано в таблице:

| Структура капитальных вложений            | Годовой план, млн. руб. | Фактическое выполнение, млн. руб. | % выполнения |
|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Всего капитальных вложений,               |                         |                                   |              |
| в том числе:                              | 14,0                    | 14,1                              | 100,3        |
| 1. Строительно-монтажные работы           | 2,4                     | 1,9                               | 79,2         |
| 2. Оборудование и инвентарь               | 10,2                    | 11,3                              | 110,8        |
| 3. Проектно-изыскательские и пр. затраты  | 1,4                     | 0,9                               | 64,3         |
| Ввод в действие основных средств (фондов) | 12,4                    | 16,0                              | 129,0        |

## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В состав Объединенного института ядерных исследований входят производственные, вспомогательные и обслуживающие подраз-

деления. Деятельность этих подразделений за 1989 год характеризуется основными показателями, приведенными в таблице:

| Показатели                                                                             | Годовой план | Фактическое выполнение |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|
| 1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг, млн. руб.             | 17,3         | 17,8                   |
| 2. Результаты финансово-хозяйственной деятельности, млн. руб.                          | 0,7          | 1,6                    |
| 3. Затраты на один рубль готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг (коп.) | 96,0         | 91,0                   |
| 4. Численность работающих                                                              | 2256         | 2085                   |