

2188/98

ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ФИЗИКИ
ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

ЛАБОРАТОРИЯ
ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ОИЯИ

1997

ЛАБОРАТОРИЯ
ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
ИМ. Г.Н.ФЛЕРОВА

ЛАБОРАТОРИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ЛАБОРАТОРИЯ
НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ИМ. И.М.ФРАНКА

ЛАБОРАТОРИЯ
СВЕРХВЫСОКИХ
ЭНЕРГИЙ

ОТДЕЛЕНИЕ
РАДИАЦИОННЫХ
И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

УЧЕБНО-
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

2188/98

Экз. чит. зала

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	9
Премии и гранты	19
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	23
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова	43
Лаборатория высоких энергий	51
Лаборатория сверхвысоких энергий	59
Лаборатория ядерных проблем	69
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова	79
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка	91
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	97
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	107
Учебно-научный центр	113
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	127
Научно-техническая библиотека	128
Отдел защиты интеллектуальной собственности	129
Опытное производство	130
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	133
Кадры	134

ГОСУДАРСТВА — ЧЛЕНЫ ОИЯИ:

Азербайджанская Республика
Республика Армения
Республика Белоруссия
Республика Болгария
Социалистическая Республика Вьетнам
Республика Грузия
Республика Казахстан
Корейская Народно-Демократическая Республика
Республика Куба
Республика Молдова
Монголия
Республика Польша
Российская Федерация
Румыния
Словацкая Республика
Республика Узбекистан
Украина
Чешская Республика

ВВЕДЕНИЕ

В 1997 году в ряде стран-участниц ОИЯИ сложилась финансово-экономическая ситуация, которую никак нельзя назвать благоприятной для Института. Этот год, как и несколько предыдущих лет, был наполнен борьбой за выживание и сохранение нашего научного центра. Дирекция принимала неординарные меры с целью наполнения бюджета и получения взносов стран-участниц своевременно и в полном объеме.

На наш взгляд, главным итогом истекшего 1997 года можно считать то, что Институт вопреки экономическим и финансовым трудностям по-прежнему продолжает вносить весомый вклад в современную физическую науку, сохраняя высокий рейтинг в мировом научном сообществе.

В исследованиях дубненских теоретиков был развит аналитический подход к решению проблемы призрачных особенностей в КХД, центральную роль в котором играет условие причинности, сформулированное в виде требования аналитичности по переменной Q^2 , и требование соответствия с РГ-суммированной теорией возмущений.

Исследованы константы перенормировки в мягко нарушенных суперсимметричных калибровочных теориях. Показано, что они являются внешними суперполями, зависящими от шпурионного поля, причем их явный вид повторяет константы перенормировки в ненарушенной теории с перепределением констант связи. Это позволяет воспроизвести все известные результаты по перенормировке мягких зарядов и масс в мягко нарушенной теории.

Успешно велась работа по совершенствованию нуклотрона. Проведено два сеанса работы с пучком. Получен режим циркуляции пучка дейтронов в течение 5 секунд. Для экспериментов на внутренней мишени достигнут высокий уровень светимости.

Достижение рекордной интенсивности пучка поляризованных дейтронов ($5 \cdot 10^9$ частиц/цикл) и устойчивая работа синхрофазотрона позволили за кратчайшее время облучения получить уникальные данные как по кумулятивному эффекту, так и по разности сечений взаимодействия поляризованных протонов и нейтронов при энергии около 2 ГэВ в области предполагаемого резонанса.

В исследованиях механизма множественной эмиссии фрагментов промежуточной массы «горячими» ядрами на синхрофазотроне ОИЯИ с помощью установки ФАЗА получена совокупность результатов, позволяющих утверждать, что наблюдаемая дезинтеграция ядер представляет собой новый тип распада возбужденных ядер — тепловую мультифрагментацию.

На нейтринном детекторе ИФВЭ — ОИЯИ в эксперименте с полным поглощением протонного пучка получены новые данные о выходе очарованных частиц в протон-нуклонных столкновениях при энергии 70 ГэВ.

Среди большого количества новых экспериментов, выполненных сотрудниками ОИЯИ совместно с коллегами по коллаборации DELPHI (ЦЕРН), необходимо отметить поиск нейтральных и заряженных бозонов Хиггса. Анализ данных в рамках «стандартной модели» позволил установить новое ограничение на массу этого бозона.

Дубненская группа внесла значительный вклад в получение первых результатов коллаборации HERMES (DESY). Ею был предложен и развит новый метод выделения спиновых асимметрий и спин-зависимых структурных функций из данных по поляризованным лептон-нуклонным сечениям.

Сотрудниками Института в совместном с PSI (Цюрих) эксперименте PIBETA получены новые данные о переходе мюоний — антимюоний, запрещенном законом сохранения лептонного числа. Ни одного распада антимюония пока не обнаружено.

В результате установлено новое ограничение на верхнюю границу вероятности перехода.

Группой ОИЯИ совместно с коллегами из коллораборации OVELIX (ЦЕРН) впервые наблюдаена реакция Понтекорво при аннигиляции остановившихся антипротонов в газообразном дейтерии и оценена величина выхода этой реакции.

На циклотроне У-400 впервые были выполнены эксперименты по синтезу изотопов 110 элемента на внутреннем пучке ионов кальция с последующим химическим выделением фракции элемента 106 и регистрацией активности в режиме оф-лайн.

Выполнены эксперименты по исследованию динамики «слияния-деления» в области трансактинидных и актинидных компаунд-ядер. Впервые измерены характеристики деления супертяжелых ядер с $Z = 110$ с малой энергией возбуждения в асимметричной реакции.

На канале высокого разрешения АККУЛИННА (У-400М) получен пучок экзотических ядер. Впервые были проведены измерения поперечного сечения рассеяния ионов ${}^6\text{He}$ с промежуточной энергией в широком угловом интервале на газовой мишени ${}^4\text{He}$. Измерения обнаружили подъем сечения рассеяния назад в системе центра масс. Анализ данных показывает, что этот подъем обусловлен динейтронной конфигурацией в гало ядра ${}^6\text{He}$. В итоге получено подтверждение важного вывода теории о существовании гало в структуре ядер гелия.

В коллаборации ОИЯИ — ПИЯФ — ФЭИ — РНЦ КИ проведен уникальный по полноте комплекс экспериментальных и теоретических исследований ядерного деления, вызванного резонансными нейтронами. С использованием поляризованных и неполяризованных нейтронов импульсного источника ИБР-30 для выстроенных (по спине) и невыстроенных мишеней актинидов были впервые измерены P -четные и P -нечетные интерференционные эффекты в угловых распределениях осколков деления, а также их массовые и энергетические распределения в зависимости от энергии падающих нейтронов.

В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ выполнен ряд работ в рамках проекта БАФИЗ-96 (создание и развитие распределенной сети баз данных и знаний в области фундаментальных свойств материи и прикладной ядерной физики).

Новым шагом в сотрудничестве с ЦЕРН явилось подписание Протокола об участии ОИЯИ в проекте LHC. В рамках этого проекта, в соответствии с обязательствами ОИЯИ, ведется подготовка к экспериментам ATLAS и CMS. Изготовлены медные поглотители и осуществлена сборка полномасштабного модуля торцового жидкоаргонного адронного калориметра, создан прототип детектора переходного излучения — трекера установки ATLAS. Проведены исследования характеристик детекторов, входящих в состав установки CMS, в условиях, близких к реальному эксперименту.

Развернутая в Университете Осло совместная выставка ОИЯИ и ЦЕРН «Наука, сближающая нации» произвела глубокое впечатление на посетителей яркими примерами испытанного временем сотрудничества двух международных центров.

24 сентября 1997 г. в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже в торжественной обстановке было подписано Соглашение между ЮНЕСКО и ОИЯИ. Соглашение открывает широкие возможности для сотрудничества как двух международных организаций, так и их стран-участниц в совместных научных и образовательных программах. В результате подписания этого документа ОИЯИ вошел в список международных межправительственных организаций, ассоциированных с ЮНЕСКО.

Как знак признания выдающегося вклада ученых ОИЯИ в современную физику и химию можно расценить решение Генеральной ассамблеи Союза чистой и прикладной химии (IUPAC) от 30 августа 1997 г. о присвоении новому 105 элементу Периодической системы элементов Д.И.Менделеева названия «дубний».

В.Г.Кадышевский,
директор Объединенного института
ядерных исследований

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ



РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

20—21 марта 1997 г. в Дубне состоялась очередная сессия Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ. Председателем до очередной сессии КПП избран профессор С.Дубничка.

Комитет Полномочных Представителей заслушал и обсудил доклад директора Института члена-корреспондента РАН В.Г.Кадышевского «О деятельности ОИЯИ в 1992—1996 гг. и задачах на 1997—1999 гг.» и постановил: одобрить работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества и доклад дирекции; утвердить решения 80-й и 81-й сессий Ученого совета ОИЯИ, а также план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1997 год; утвердить «Научную программу ОИЯИ на 1997—1999 годы»; учитывая рекомендации 81-й сессии Ученого совета, поручить дирекции ОИЯИ обеспечить первоочередное выделение средств в 1997 году на следующие работы:

- создание системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; продолжение эксплуатации нуклотрона; экспериментальные исследования спиновых степеней свободы на нуклотроне, а также цветовых степеней свободы в ядерном веществе на нуклотроне, в ЦЕРН и BNL;
- реализацию графика работ по проекту ИРЕН с завершением в кратчайшие сроки;
- совершенствование реактора ИБР-2 с целью создания условий для долгосрочной эксплуатации этой установки в будущем; завершение работ по холодному замедлителю; развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2; дальнейшее использование

спектрометров на реакторе, в первую очередь в экспериментах по малоугловому рассеянию и рефлектометрии;

- завершение работ по получению интенсивных пучков тяжелых ионов на ускорителе У-400 с источником ECR-4M; синтез тяжелых ядер вблизи области $Z = 114$ и исследования на пучках стабильных и радиоактивных ионов ускорителя У-400М с использованием установки ФОБОС и канала высокого разрешения;
- дальнейшее участие ОИЯИ в передовых экспериментах по физике частиц, которые проводятся на ускорителях ИФВЭ (Протвино), ЦЕРН, DESY, BNL и FNAL в области сверхвысоких энергий, а также в создании отдельных ускорительных систем для УНК (ИФВЭ, Протвино), LHC (ЦЕРН) и линейных коллайдеров (TESLA);
- теоретические исследования по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред, в том числе непосредственно связанные с экспериментальными работами в этих областях;
- развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ и институтов стран-участниц, а также коммуникационных средств.

КПП одобрил деятельность дирекции Института по подготовке Соглашения между ЮНЕСКО и ОИЯИ и поручил директору Института подписать данное Соглашение после его рассмотрения Исполкомом ЮНЕСКО в мае 1997 г.

Принимая во внимание успешную реализацию образовательной программы Института и ее возросшую роль в деятельности ОИЯИ, а также закрепленные в Уставе ОИЯИ возможности по его изменению и дополнению, указанные в Статье 38, на

сессии решено утвердить следующее дополнение к Статье 4, пункт 2 Устава: «Для осуществления своих целей Институт развивает образовательную деятельность, в том числе обучение студентов и аспирантов по направлениям, совпадающим с основными областями исследований Института, с целью подготовки высококвалифицированных кадров для стран-участниц ОИЯИ».

Комитет Полномочных Представителей принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1996 год; утвердил бюджет ОИЯИ на 1997 год с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США; установил контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 1998 год в размере 37,5 млн долларов США.

Комитет создал Постоянную комиссию КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ, которая в период между сессиями КПП должна обсудить и выработать пакет конкретных предложений, позволяющих ускорить процесс выхода ОИЯИ из кризисного состояния. В состав Постоянной комиссии КПП численностью 7 человек включены: председатель КПП, директор ОИЯИ, Полномочные Представители пяти стран-участниц: Армении, Белоруссии, Польши, Российской Федерации, Украины.

На сессии Комитета Полномочных Представителей состоялись выборы директора Объединенно-

го института ядерных исследований. Тайным голосованием директором ОИЯИ сроком на 5 лет избран член-корреспондент РАН профессор В.Г.Кадышевский (в соответствии с Уставом ОИЯИ новый срок начинается 1 января 1998 г.).

По рекомендации вновь избранного директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского, КПП на основании результатов тайного голосования утвердил в должностях на срок полномочий вновь избранного директора ОИЯИ, т.е. до 1 января 2003 года: вице-директоров — академика РАЕН и РАИН профессора А.Н.Сисакяна, профессора Ц.Вылова; административного директора — А.И.Лебедева, главного учебного секретаря — кандидата физико-математических наук В.М.Жабицкого, главного инженера — кандидата физико-математических наук Н.А.Головкова.

Были проведены довыборы членов Ученого совета ОИЯИ. КПП утвердил членом Ученого совета заместителя директора DAPNIA профессора Б.Пейо (Франция) с полномочиями сроком на 1 год.

Комитет Полномочных Представителей заслушал доклад директора Лаборатории теоретической физики Д.В.Ширкова «Международное сотрудничество Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова: опыт последних лет» и отметил успешное развитие научной деятельности и международного сотрудничества ЛТФ.

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

16—17 января 1997 г. в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского проходила 81 сессия Ученого совета Института.

В.Г.Кадышевский выступил с докладом о выполнении рекомендаций Ученого совета ОИЯИ по приоритетным областям исследований в 1996 году и комментарием к научной программе ОИЯИ на 1997—1999 гг.

С докладами о рекомендациях Программно-консультативных комитетов ОИЯИ выступили их председатели: ПКК по физике конденсированных сред — профессор Ж.Пепи, ПКК по ядерной физике — профессор Ж.Дойч, ПКК по физике частиц — профессор П.Спиллантини.

Главный ученый секретарь Института В.М.Жабицкий представил проект Соглашения между ЮНЕСКО и ОИЯИ.

Об участии ОИЯИ в экспериментах по физике частиц на установках других центров доложил профессор А.Н.Сисакян. Тема «Состояние и перспективы исследований на пучках релятивистских тяжелых ионов и поляризованных частиц в ЛВЭ ОИЯИ: закрытие синхрофазотрона и развитие нуклотрона» была изложена А.Д.Коваленко. Заслушаны доклады: «Структура ядра и сверхтяжелые элементы: состояние дел и перспективы» — профессора Ю.Ц.Оганесяна, «О перспективах развития нейтронных источников» — профессора В.Л.Аксенова.

Вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян огласил решение жюри о присуждении премий ОИЯИ. Состоялось вручение премии имени Бруно Понтекорво лауреатам 1996 года — академику РАН Л.Б.Окуню (ИТЭФ, Москва) и члену-корреспонденту РАН С.С.Герштейну (ИФВЭ, Протвино).

По поручению Президента РФ Б.Н.Ельцина вице-премьер правительства России, Полномочный

Представитель правительства РФ в ОИЯИ академик РАН В.Е.Фортов вручил государственные награды Российской Федерации зарубежным ученым — членам КПП и Ученого совета ОИЯИ за выдающийся вклад в науку и развитие международного научно-технического сотрудничества. Орденами Дружбы награждены: Н.С.Амаглобели (Грузия), У.Амальди (Италия), И.Ванков (Болгария), С.Дубничка (Словацкая Республика), Р.Мах (Чешская Республика), Нгуен Ван Хьеу (Вьетнам), Г.Пираджино (Италия), А.Хрынкевич (Польша), Х.Шоппер (ФРГ).

В своей резолюции Ученый совет выразил чрезвычайную озабоченность тем, что большинство стран-участниц ОИЯИ не выполняет своих финансовых обязательств перед Институтом.

Ученый совет поддержал усилия дирекции ОИЯИ по приоритетному выделению средств на выплату заработной платы сотрудникам Института, прежде всего персоналу базовых установок. В связи с тяжелой финансовой ситуацией в ОИЯИ Ученый совет принял обращение к Председателю правительства Российской Федерации В.С.Черномырдину.

Ученый совет с удовлетворением отметил успешный ход выполнения «Научной программы ОИЯИ на 1996—1998 годы», основанной на «скользящем» трехлетнем плане деятельности, а также усилия дирекции ОИЯИ по переориентации некоторых научных коллективов на проведение более актуальных исследований и поблагодарил программно-консультативные комитеты за проведенную в 1996 году экспертизу научных проектов. Закрытие в 1996 году ряда проектов является позитивным шагом с точки зрения концентрации усилий на тех приоритетных исследованиях, где сильные позиции ОИЯИ общепризнанны.

Ученый совет одобрил основные направления «Научной программы ОИЯИ на 1997—1999 годы» и рекомендовал следующий порядок приоритетного выделения ресурсов на осуществление экспериментальных программ ОИЯИ: 1) на эксплуатацию и развитие уникальных собственных установок ОИЯИ и 2) на поддержку участия в тех экспериментах в других научных центрах, где специалисты ОИЯИ вносят крупный вклад как в создание научной аппаратуры, так и в проведение самих физических исследований.

Учитывая предложения дирекции и рекомендации ПКК, Ученый совет поддержал следующие приоритетные направления деятельности ОИЯИ в 1997 году:

— создание системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; продолжение эксплуатации нуклотрона; экспериментальные исследова-

ния спиновых степеней свободы на нуклотроне, а также цветовых степеней свободы в ядерном веществе на нуклотроне, в ЦЕРН и BNL;

- реализацию графика работ по проекту ИРЕН с завершением в кратчайшие сроки;
- совершенствование реактора ИБР-2 с целью создания условий для долгосрочной эксплуатации этой установки в будущем; завершение работ по холодному замедлителю; развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2; дальнейшее использование спектрометров на реакторе, в первую очередь в экспериментах по малоугловому рассеянию и рефлектометрии;
- завершение работ по получению интенсивных пучков тяжелых ионов на ускорителе У-400 с источником ECR-4M; синтез тяжелых ядер вблизи области $Z = 114$ и исследования на пучках стабильных и радиоактивных ионов ускорителя У-400M с использованием установки ФОБОС и канала высокого разрешения;
- дальнейшее участие ОИЯИ в передовых экспериментах по физике частиц, в том числе на ускорителях ИФВЭ (Протвино), ЦЕРН, DESY, BNL и FNAL, а также в создании отдельных ускорительных систем для УНК (ИФВЭ, Протвино), LHC (ЦЕРН) и линейных коллайдеров (TESLA).
- теоретические исследования по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред, в том числе непосредственно связанные с экспериментальными работами в этих областях;
- развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ и институтов стран-участниц, а также коммуникационных средств.

Ученый совет с интересом ознакомился с первыми докладами, посвященными долгосрочным планам деятельности ОИЯИ, в частности, программе исследований космических лучей высоких энергий с помощью искусственных спутников Земли, осуществляемой Научно-исследовательским институтом ядерной физики МГУ, и просил дирекцию ОИЯИ продолжить изучение возможностей участия стран-участниц в проведении астрофизических исследований в XXI веке.

Ученый совет, приветствуя активную позицию дирекции ОИЯИ по развитию международного сотрудничества, поддержал намерение дирекции ОИЯИ заключить Соглашение с ЮНЕСКО.

Ученый совет утвердил предложение дирекции ОИЯИ по дополнительному включению в состав:

ПКК по ядерной физике Г.Мюнценберга (GSI, Дармштадт, ФРГ) вместо Р.Бока (GSI, Дармштадт, ФРГ);

ПКК по физике частиц В.Пенева (ИЯИЯЭ, София, Болгария) и Т.Холмана (BNL, Алтон, США).

Ученый совет утвердил председателями ПКК сроком на 1 год: Ж.Дойча, Ж.Пеппи, П.Спиллантини и продлил на 1997 год срок полномочий всех ПКК.

Ученый совет тайным голосованием избрал:

М.Г.Иткиса — директором Лаборатории ядерных реакций,

В.Д.Кекелидзе — директором Лаборатории сверхвысоких энергий,

А.И.Малахова — директором Лаборатории высоких энергий

— сроком на 5 лет и объявил вакансии в дирекциях лабораторий: ЛВЭ, ЛЯР, ЛСВЭ.

9—10 июня 1997 г. в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского проходила 82-я сессия Ученого совета Института.

В.Г.Кадышевский выступил с информацией о решениях Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ на заседаниях 20—22 марта 1997 г.

На сессии Ученого совета продолжалось обсуждение долгосрочных планов развития ОИЯИ. Доклады А.Т.Филиппова и В.В.Бурова были посвящены тенденции развития теоретических исследований в ОИЯИ; на тему «Сети и компьютеринг в ОИЯИ: статус и стратегия развития» сделан доклад Р.Позе. В докладе Н.А.Русаковича обсуждались возможности создания в ОИЯИ ускорительного комплекса многоцелевого назначения. О возможностях ОИЯИ по развитию и реализации идеи электроядерного способа получения энергии и трансмутации радиоактивных отходов доложил И.В.Пузынин. Темой доклада Е.А.Красавина были радиобиологические исследования, Е.Стайнеса — современные тенденции в радиоэкологии, С.П.Ивановой — образовательная программа ОИЯИ. О рекомендациях Программно-консультативного комитета ОИЯИ по физике частиц сообщил П.Спиллантини.

На сессии были проведены выборы заместителей директоров ЛВЭ, ЛЯР и ЛСВЭ. Состоялось вручение премий ОИЯИ за 1996 год. Лауреаты премий выступили с научными докладами: А.Собичевский (премия имени Г.Н.Флерова) — «Свойства тяжелых и сверхтяжелых ядер» и А.П.Исаев (премия ОИЯИ) — «Исследования по теории квантовых групп».

Ученый совет принял к сведению сообщенную директором ОИЯИ информацию о решениях состо-

явшейся в марте 1997 г. сессии Комитета Полномочных Представителей (КПП) ОИЯИ, в частности:

— об утверждении «Научной программы ОИЯИ на 1997—1999 годы», основанной на рекомендациях Ученого совета и Программно-консультативных комитетов (ПКК) ОИЯИ;

— о внесении в Устав ОИЯИ дополнения об образовательной программе, учитывая ее возросшую роль в деятельности Института;

— о создании Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ, состоящей из 6 Полномочных Представителей и директора Института.

— об избрании в состав Ученого совета сроком на 1 год профессора Б.Пейю (DAPNIA, Сакле, Франция);

— о состоявшихся выборах дирекции ОИЯИ на следующий пятилетний срок.

В связи с нестабильным финансированием ОИЯИ Ученый совет принял обращение к Президенту Российской Федерации Б.Н.Ельцину.

Ученый совет отметил важность Протокола к Соглашению о сотрудничестве между ЦЕРН и ОИЯИ относительно участия ОИЯИ в проекте ЛНС, подписанного директорами обеих организаций в апреле 1997 г.

Ученый совет принял к сведению представленные доклады о тенденциях развития исследований в ЛТФ в области теории частиц и полей, теории ядра и конденсированных сред.

Ученый совет с интересом заслушал доклады о дальнейших планах развития сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, о возможности участия ОИЯИ в реализации идеи электроядерного способа получения энергии и трансмутации радиоактивных отходов; отмечена актуальность проводимых в ОИЯИ радиобиологических исследований по выяснению механизмов генетического действия ионизирующих излучений.

Ученый совет тайным голосованием избрал: В.Пенева и И.А.Шелаева — заместителями директора Лаборатории высоких энергий, С.Н.Дмитриева и Я.Климана — заместителями директора Лаборатории ядерных реакций, И.А.Голутвина, И.Н.Иванова и М.Г.Сапожникова — заместителями директора Лаборатории сверхвысоких энергий сроком на 5 лет.

В соответствии с действующим положением Ученый совет объявил следующие вакансии в лабораториях ОИЯИ, начиная с 1998 года: ЛЯП — директора и 3 заместителей директора, ЛНФ — директора и 2 заместителей директора.

ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА

Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 20—21 февраля 1997 г. под председательством С.Дубнички (Словацкая Республика).

На заседании был заслушан доклад директора ОИЯИ члена-корреспондента РАН В.Г.Кадышевского «О некоторых итогах деятельности ОИЯИ в 1996 году». Комитет одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по выполнению научной программы в 1996 году.

Информация В.Г.Дроженко о работе Контрольной комиссии 25—26 июня 1996 г. стала основой для выработки рекомендаций Финансового комитета Комитету Полномочных Представителей утвердить отчет ОИЯИ об исполнении бюджета за 1995 год. Финансовый комитет просил Полномочного Представителя России провести ревизию финансово-хозяйственной деятельности ОИЯИ за 1996 год. Для анализа итогов ревизии рекомендовано образовать Контрольную комиссию из представителей Республики Болгарии, Российской Федерации и Словацкой Республики.

Финансовый комитет принял к сведению отчет дирекции о выполнении решений Финансового комитета от 21—22 февраля 1996 г. и рекомендаций Контрольной комиссии от 25—26 июня 1996 г.

Комитет заслушал доклад административного директора ОИЯИ А.И.Лебедева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 1996 год, о проекте бюджета на 1997 год, о контрольных цифрах на 1998 год». Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1996 год, утвердить бюджет ОИЯИ на 1997 год с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США и поручить дирекции Института внести коррективы в проект бюджета с учетом рекомендаций 81-й сессии Ученого совета и заседания Финансового комитета. Дирекции Института разрешено в 1997 году вносить коррективы в распределение бюджета по статьям расходов, включая заработную плату, в соответствии с изменениями уровня оплаты труда, цен и тарифов в стране местонахождения ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить на 1997 год представленную шкалу долевого взноса государств — членов ОИЯИ и установить контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 1998 год в размере 37,5 млн долларов США; она может быть скорректирована с учетом инфляции и изменения курса доллар/рубли.

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ ОИЯИ

7-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц. 17—18 апреля 1997 г. Председатель — профессор П.Спилиантини.

Программа заседаний включала в себя сообщения председателя ПКК о выполнении рекомендаций предыдущей сессии комитета, вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна об итогах работы 81-й сессии Ученого совета ОИЯИ и решениях Комитета Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ (март 1997 г.), доклад Ю.Г.Рябова о научной программе ИФВЭ (Протвино) и сотрудничестве с ОИЯИ, а также обсуждение программы исследований в ОИЯИ в области физики частиц до 2000 года. На сессии были рассмотрены предложения по новым проектам экспериментов и состояние текущих экспериментов научной программы Института.

ПКК высоко оценил усилия дирекции Института по дальнейшему развитию международного сотрудничества, в частности, по продлению Соглаше-

ния между ОИЯИ и BMBF (ФРГ), заключению Соглашения между ОИЯИ и INFN (Италия), долгосрочному сотрудничеству ОИЯИ с ИФВЭ (Протвино), а также подписанию протокола о ЛНС между ОИЯИ и ЦЕРН.

Комитет одобрил основные направления программы ОИЯИ по физике частиц до 2000 года, признал важность ускорительной базы ЛВЭ ОИЯИ для экспериментов в диапазоне энергий от нескольких сотен до нескольких тысяч МэВ, одобрил участие ОИЯИ в новых экспериментах NOMAD в 1997 году, а также DO и CDF в ближайшие три года.

Комитет поддержал участие физиков Института в эксперименте «Определение странных факторов из упругого рассеяния нейтрино на протонах и поиск $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ осцилляций» в ИФВЭ (Протвино), одобрил отчеты по темам ATLAS и CMS.

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Н.А. Гулиев (Азербайджанская Республика)
 Г.А. Вартапетян (Республика Армения)
 Н.М. Шумейко (Республика Белоруссия)
 Я. Янев (Республика Болгария)
 Нуен Ван Хьеу (Социалистическая Республика Вьетнам)
 Н.С. Амаглобели (Республика Грузия)
 В.Н. Околович (Республика Казахстан)
 Ли Зай Сен (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Д. Кодорньо (Республика Куба)

В.А. Москаленко (Республика Молдова)
 Ц. Ганцог (Монголия)
 А. Хрынкевич (Республика Польша)
 В.Е. Фортгов (Российская Федерация)
 С. Рыпеану (Румыния)
 С. Дубничка (Словацкая Республика)
 Б.С. Юлдашев (Республика Узбекистан)
 И.И. Запобовский (Украина)
 Р. Мах (Чешская Республика)

Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Председатель — В.Г. Кадышевский
 Ученый секретарь — В.М. Жабичский

Н.С. Амаглобели — Республика Грузия
 У. Амальди — Италия
 В. Андрейчев — Республика Болгария
 Ц. Баатар — Монголия
 С.Т. Беляев — Российская Федерация
 Х. Бланко — Республика Куба
 В.Г. Веселаго — Российская Федерация
 И. Вильгельм — Чешская Республика
 И.Н. Вишневский — Украина
 К. Деграз — Франция
 Ф. Дидак — ФРГ
 Г.М. Зиновьев — Украина
 Н. Кроо — Венгерская Республика

Ф. Легар — Франция
 А.А. Логунов — Российская Федерация
 В.А. Матвеев — Российская Федерация
 М. Матеев — Республика Болгария
 Р. Мир-Касимов — Азербайджанская Республика
 Л. Монтане — Швейцария
 В.А. Москаленко — Республика Молдова
 Т.М. Муминов — Республика Узбекистан
 Нго Куок Бьу — Социалистическая Республика Вьетнам
 В.Н. Околович — Республика Казахстан
 В.В. Папоян — Республика Армения
 Б. Пейо — Франция
 М. Петрашку — Румыния
 Г. Пираджинно — Италия

Д. Сангаа — Монголия
 А.Н. Сисакян — Российская Федерация
 Р. Сосновский — Республика Польша
 В.И. Стражев — Республика Белоруссия
 А.Н. Тахелидзе — Республика Грузия
 Дж. Триллинг — США
 А. Хрынкевич — Республика Польша
 Чве Зе Гон — Корейская Народно-Демократическая Республика
 Ш. Шаро — Словацкая Республика
 Х. Шоппер — ФРГ
 Н.М. Шумейко — Республика Белоруссия
 Б.С. Юлдашев — Республика Узбекистан
 Е. Яник — Республика Польша

Программно-консультативный комитет по физике частиц

Председатель — П. Спиллантини (Италия)
 Ученый секретарь — Р.Я. Зилькарнеев

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

Председатель — Ж. Дойч (Бельгия)
 Ученый секретарь — Н.К. Скобелев

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

Председатель — Ж. Пепи (Франция)
 Ученый секретарь — Г.М. Арзуманян

Дирекция
 Директор В.Г.Кадышевский
 Вне-директор А.Н.Сисякин
 Вице-директор Ц.Вылов
 Административный директор А.И.Лебедев
 Главный ученый секретарь В.М.Жабяцкий

Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова	Директор Д.В.Ширков	<i>Исследования:</i> — свойство симметрии элементарных частиц; — структуры теории поля; — взаимодействия элементарных частиц; — теории атомного ядра; — теории конденсированных состояний.
Лаборатория высоких энергий	Директор А.И.Малахов	<i>Исследования:</i> — структуры нуклонов; — сильных взаимодействий частиц; — резонансных явлений во взаимодействиях частиц; — электромагнитных взаимодействий; — в области релятивистской ядерной физики; — методов ускорения частиц; — взаимодействия многозарядных ионов в широкой области энергий.
Лаборатория ядерных проблем	Директор Н.А.Русакевич	<i>Исследования:</i> — сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц, структуры частиц; — поиск новых частиц; структуры ядра; — ядерно-спектроскопические; мезонных и мезонных процессов; — методов ускорения частиц; — радиобиологические.
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова	Директор М.Г.Иткис	<i>Исследования:</i> — свойства тяжелых элементов, спяния и деления сложных ядер, кластерной радиоактивности, реакции на изотермной мишени гафния; реакции на пучках радиоактивных ядер, структуры нейтроноизбыточных легких ядер, неравновесных процессов; — взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами; — методов ускорения частиц.
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка	Директор В.Л.Аксенов	<i>Исследования:</i> — ядер методами нейтронной спектроскопии; — фундаментальных свойств нейтронов; атомной структуры тел и жидкостей; — высокотемпературной сверхпроводимости; — реакций на легких ядрах; — материалов методами рассеяния нейтронов, нейтронно-активационного анализа и нейтронной радиографии; — динамических характеристик им-пульсного реактора ИБР-2.
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	Директор Р.Поже	<i>Исследования:</i> — развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ; — развитие средств сопряжения с компьютерными сетями и информационными системами; — исследования нелинейных проблем вычислительной и математической физики для разработки методов, алгоритмов и программ; — автоматизация физических установок; — обработка фильмовой информации.
Лаборатория сверхвысоких энергий	Директор В.Д.Кекелидзе	<i>Исследования:</i> — проведение экспериментальных исследований на внешних ускорителях в области физики элементарных частиц, направленных на изучение их структуры и законов взаимодействия; разработку приборов и методов исследований элементарных частиц; разработка методов и систем ускорения частиц до сверхвысоких энергий.
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	Начальник Е.А.Красавин	<i>Исследования:</i> — исследование полей излучений; — исследование генетического действия ионизирующих излучений; — радиационный контроль. Учебно-научный центр при ОИЯИ Директор С.П.Иванова Общенститутские службы — Общенститутские научные и информационные отделы; — административно-хозяйственные подразделения; — производственные подразделения.

ПКК счел успешной деятельность ЛВТА по улучшению сетевой связи и информационно-компьютерной инфраструктуры Института, но указал на недостаточность финансирования проекта CONET-96/98. Комитет принял к сведению информацию об объеме работ, уже выполненных в рамках эксперимента МАРУСЯ на выведенном канале нуклотрона, и отметил большой прогресс, достигнутый в работах по проекту EXCHARM на У-70.

7-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред, 3—4 ноября 1997 г. Председатель — профессор Ж.Пеппи.

Рассмотрев и обсудив программу работ ОИЯИ по физике конденсированных сред, а также радиационных и радиобиологических исследований, Комитет отметил, что, несмотря на принятые рекомендации и многочисленные обращения ПКК к Ученому совету, к Комитету Полномочных Представителей и дирекциям ЛНФ и ОИЯИ, положение дел в осуществлении программы исследований по физике конденсированных сред постепенно ухудшается.

ПКК одобрил программу исследований ЛНФ с помощью нейтронных спектрометров на ИБР-2, но выразил сожаление, что ремонт системы безопасности реактора сорвал ее выполнение.

ПКК отметил важность и высокий профессиональный уровень исследований, проводимых Отделением радиационных и радиобиологических исследований на базовых установках ОИЯИ, и подчеркнул актуальность и перспективность радиобиологических исследований с использованием радионуклидов. Он поддержал предложение о подготовке нового проекта, направленного на развитие технологий для получения радионуклидов и их использования в медицине.

Комитет с удовлетворением воспринял сообщение о том, что в результате проделанной работы введены в действие детекторы ПЧД на спектрометрах ЮМО и ДН-2 и поддержал предпринимаемые усилия по быстрому созданию соответствующего программного и технического обеспечения.

ПКК подтвердил ряд своих рекомендаций на 1997—1999 гг., сделанных на предыдущей сессии по проектам, к которым, за исключением уже реализованных, в приоритетном порядке, относятся: создание ПЧД для спектрометров СПН и «Рефлекс-Р»; завершение первого этапа модернизации СПН; завершение работ по созданию спектрометра «Рефлекс-Н». Поскольку на спектрометр ЮМО имеется наибольшее количество запросов пользователей, ПКК рекомендует провести изучение возможностей его модернизации.

ПКК удовлетворен результатами, полученными на спектрометре ФДВР как по структурным исследованиям, так и по изучению внутренних напряжений. С интересом прослушана информация о проекте решения проблем, вызванных многофункциональностью данного спектрометра и приводящих к потерям пучкового времени для экспериментов обоих типов. ПКК высоко оценил прогресс, достигнутый в рамках исследований внутренних напряжений и текстуры материалов, и отметил доклады, представленные на сессии.

ПКК поддержал предложение по организации в Дубне 6—7 апреля 1998 г. совещания пользователей из ФРГ и в связи с этим предложил провести свою следующую сессию 2—3 апреля 1998 г.

7-я сессия Программно-консультативного комитета ОИЯИ по ядерной физике, 24—26 ноября 1997 года. Председатель — профессор Ж.Дойч.

ПКК по ядерной физике на своей очередной сессии заслушал отчет о выполнении рекомендаций предыдущей сессии, а также информацию о решениях 81-й и 82-й сессий Ученого совета ОИЯИ; обсудил предложения в трехлетний план развития ОИЯИ на 1998—2000 гг. и планы исследований на 1998 г.

Комитет отметил, что в 1997 году ускорительный комплекс тяжелых ионов ЛЯР смог отработать только 25% времени от запланированного на этот период, а прямые затраты на проект ИРЕН составили примерно 1% от средств, необходимых для своевременной реализации этого проекта.

ПКК вновь рекомендовал дирекции Института пересмотреть обязательства по участию в международных коллаборациях с тем, чтобы сохранить возможность проведения научных исследований на базовых установках ОИЯИ — в области ядерной физики прежде всего на ускорителях тяжелых ионов. В этой связи признано необходимым также своевременно завершить работы по проекту ИРЕН.

Ядерная физика с использованием нейтронов. ПКК подтвердил высокую оценку, данную ранее программе исследований ОИЯИ в области ядерной физики с использованием нейтронов по следующим направлениям: свойства нейтрона, нарушения фундаментальных симметрий, высоковозбужденные состояния ядер, деление ядер — и рекомендовал продлить сроки реализации этой программы на ИБР-30 до конца 1998 г.

ПКК был ознакомлен с результатами эксперимента по исследованию нагрева ультрахолодных нейтронов на поверхности бериллия и считает, что эти результаты открывают новые возможности для уточнения периода полураспада нейтрона.

Физика тяжелых ионов. Члены ПКК высоко оценили экспериментальные результаты и поддержали сосредоточение дальнейшей программы исследований на двух первоприоритетных направлениях:

Синтез сверхтяжелых ядер. Отмечены первые результаты исследований с использованием симметричных систем, полученных в реакциях $^{86}\text{Kr} + ^{130,136}\text{Xe}$, и поддержана программа экспериментов по синтезу элементов с $Z = 110, 112$ и 114 , проводимых с применением методов химического выделения и сепараторов ВАСИЛИСА и ГНС. Эти эксперименты могут привести к новому пониманию проблемы получения сверхтяжелых элементов и их стабильности.

Изучение структуры легких экзотических ядер. Отмечены первые результаты исследований, в которых обнаружена корреляция двух нейтронов в ^6He . Эксперимент по изучению корреляции четырех нейтронов в ^8He рекомендовано проводить с высоким приоритетом.

ПКК принял к сведению информацию о продолжении программы экспериментов на установке ФОБОС, о готовности сепаратора COMBAS и установок CORSET и MULTI к работе.

ПКК положительно оценил прогресс в усовершенствовании ускорительного комплекса У-400 и У-400М ЛЯР, направленного на получение интенсивных пучков ионов, включая ^{48}Ca , что обеспечивает ему высокую конкурентоспособность.

Для использования уникальных возможностей ускорителей ЛЯР и вышеперечисленных экспериментальных установок Комитет рекомендовал обеспечить 5 тыс. часов работы ускорителя У-400 и 3 тыс. часов — У-400М в год. Комитет считает это важным для сохранения авторитета ОИЯИ как международного центра.

Физика низких и промежуточных энергий. ПКК отметил интересную научную программу в этой области физики и рекомендовал продолжить исследования в 1998—2000 гг. в рамках двух тем первого приоритета: «Исследования слабых и электромагнитных взаимодействий при низких энергиях» и «Исследования симметрий и динамики взаимодействий лептонов, адронов и ядер при промежуточных энергиях».

ПКК рассмотрел проект DUBTO («Исследование взаимодействия пионов с легкими ядрами при энергиях ниже Δ -резонанса») и рекомендовал этот проект для реализации с первым приоритетом.

Теория ядра. ПКК обсудил результаты, полученные учеными ЛТФ в области теории ядра, и особо отметил их вклад в бурно развивающуюся об-

ласть мезоскопических систем, таких, как металлические кластеры и квантовые точки.

ПКК поддержал программу исследований ЛТФ по направлениям: теория структуры ядра, ядерные реакции и структура, теории малочастичных систем, релятивистская ядерная динамика.

Комитет заслушал сообщения о развитии сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, об исследованиях окружающей среды, отметил важность участия ученых ОИЯИ в образовательной программе Института.

Восьмое заседание ПКК по ядерной физике планируется провести 20—22 апреля 1998 года.

8-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц, 27—28 ноября 1997 г. Председатель — профессор П.Спилиантини.

ПКК заслушал информацию председателя о выполнении решений предыдущей сессии комитета. С докладом о рекомендациях постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ, шагах дирекции по реформированию Института и о решениях 82-й сессии Ученого совета ОИЯИ выступил координатор ПКК вице-директор профессор А.Н.Сисакян. Комитет заслушал сообщения директоров ЛВЭ, ЛСВЭ и ЛЯП о программе исследований ОИЯИ по физике частиц на 1998—2000 гг., а также доклады об исследованиях в области теории поля и физики частиц (ЛТФ), о развитии сетевой связи и о создании суперкомпьютерного центра ОИЯИ (ЛВТА). ПКК рассмотрел предложения новых проектов и отчеты по завершаемым в 1997 г. темам. Были заслушаны также сообщения о ходе работ по проектам DIRAC и ALICE.

ПКК приветствовал первые шаги, сделанные дирекцией Института в направлении его реформирования, и высоко оценил усилия дирекции по развитию международного сотрудничества, в частности, недавнее подписание Соглашения о сотрудничестве между ЮНЕСКО и ОИЯИ. Комитет поддержал неослабевающие усилия дирекции Института в трудных финансовых условиях сохранить ОИЯИ как привлекательный международный исследовательский центр.

ПКК обратил внимание КПП на то обстоятельство, что длительное недофинансирование Института приведет к серьезным последствиям для его персонала, конкурентоспособности его научной программы, а также для сотрудничающих с ним научных центров.

Комитет рассмотрел научную программу ОИЯИ в области физики частиц на ближайшие годы, признал ее высокий уровень и рекомендовал сконцентрировать усилия и ресурсы Института в

области исследований по физике частиц только на приоритетных темах. ПКК просил представить на следующее заседание финансовый план адекватной поддержки первоприоритетных проектов с учетом реального бюджета ОИЯИ.

ПКК одобрил усилия по созданию суперкомпьютерного центра для обеспечения полноценной сетевой и информационной поддержки исследований в Институте с учетом потребностей новых крупномасштабных экспериментов, которые начнут набор данных в ближайшем будущем. Комитет принял к сведению рекомендации совещания экспериментаторов, работающих в области физики частиц и релятивистской ядерной физики и заинтересованных в создании суперкомпьютерного центра.

ПКК рекомендовал одобрить проект «Исследования поляризованных явлений и ядерных реакций со спектрометром MRS» и принял к сведению письма о намерениях осуществления проектов:

«Электроядерная установка на основе подкритической сборки в активной зоне реактора ИБР-30 и фазотроне 660 МэВ» и «Трековый калориметр в космическом пространстве». Комитет высоко оценил работу коллаборации DIRAC и рекомендовал завершить создание установки DIRAC в 1998 году.

ПКК дал рекомендации по перечню тем первого приоритета программы ОИЯИ по физике частиц на 1998—2000 гг.

Заслушаны и рассмотрены отчеты по темам второго приоритета. Комитет рекомендовал продолжить в 1998 году исследования по ряду тем при условии их финансирования из внебюджетных источников.

Комитет рекомендовал продлить полномочия председателя ПКК профессора П.Спиллантини на полгода, до следующей сессии, запланированной на 16—18 апреля 1998 г.

ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Премия имени В.И.Векслера Российской Академии наук за 1997 год присуждена научному руководителю Лаборатории высоких энергий академику А.М.Балдину за цикл работ «Создание и развитие дубненского ускорительного комплекса "синхрофазотрон — нуклотрон"; разработка и осуществление программы физических исследований по релятивистской ядерной физике».

Премия имени академика Г.Н.Флерова в области ядерной физики в 1997 году присуждена Ю.А.Лазареву (ОИЯИ), А.Собичевскому (ИЯП, Польша), З.Хофману (GSI, ФРГ) за цикл работ «Экспериментальные и теоретические исследования свойств сверхтяжелых элементов, приведшие к

открытию новой области стабильности ядер в районе $Z = 108$ и $N = 162$ ».

Премия имени Бруно Понтекорво за 1997 год присуждена профессору К. Винтеру (ФРГ) за экспериментальные исследования в области нейтринной физики на ускорителях.

Премия имени Я.А.Смородинского, учрежденная в связи с 80-летием со дня рождения выдающегося физика-теоретика и популяризатора науки, присуждена в 1997 году еженедельнику «Дубна: наука, сотрудничество, прогресс» за большой вклад в дело популяризации науки и международного сотрудничества.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

I. В области теоретической физики

Первая премия

«Новый класс нелинейных эволюционных уравнений, интегрируемый методом обратной задачи рассеяния».

Автор: В.К.Мельников

Вторая премия

«Физика тяжелых кварков».

Авторы: М.А.Иванов, В.Е.Любовицкий, А.Г.Русецкий, Ю.М.Валит.

II. В области экспериментальной физики

Первая премия

«Экспериментальное исследование поляризованных явлений во взаимодействиях поляризованных дейтронов с протонами и ядрами».

Авторы: Л.С.Ажгирей, В.П.Ладыгин, С.Недев, Л.Пенчев, Ч.Пердрисат, Н.М.Пискунов, В.Пунжаби, И.М.Ситник, Г.Д.Столетов, Е.А.Строковский

Вторые премии

1. «Исследование взаимодействий легчайших ядер с протонами».

Авторы: Ю.Главачова, В.В.Глаголев, А.К.Качарава, Р.М.Лебедев, Г.Мартинска, М.С.Ниорадзе, Т.Семярчук, И.Стэпаняк, Й.Урбан, К.Х.Хайретдинов.

2. «Нарушение четности при взаимодействии нейтронов с поляризованным лантаном и спиновая структура сечения для поляризованных нейтронов и лантана».

Авторы: В.П.Алфименков, Л.Ласонь, Ю.Д.Мареев, В.В.Новицкий, Л.Б.Пикельнер, В.Р.Ской, М.И.Цулая, А.Н.Черников.

III. В области научно-методических исследований

Первая премия

«Создание, исследование и развитие крупномасштабной криогенной системы для ускорительного комплекса ЛВЭ и ожижения гелия».

Авторы: Н.Н.Агапов, В.И.Батин, В.А.Белушкин, А.Г.Зельдович, Н.И.Иванов, В.С.Королев, В.В.Крылов, В.И.Липченко, В.Л.Мазарский, П.М.Пятибратов.

Вторая премия

«Исследование свойств кремниевых эпитаксиальных детекторов тяжелых заряженных частиц».

Авторы: Э.Бялковский, И.В.Кузнецов, В.Ф.Кушников, Ю.Г.Соболев.

IV. В области научно-технических прикладных исследований

Первая премия

«Искусственные нейронные сети и клеточные автоматы в экспериментальной физике».

Авторы: С.А.Багинян, А.Ю.Бонюшкина, М.П.Бусса, П.В.Зрелов, В.В.Иванов, И.В.Кисель, Г.А.Осоков, Д.Б.Понтекорво, И.В.Пузынин, Л.Ферреро.

Вторая премия

«Роль ионизационных и ядерных потерь энергии тяжелых ионов в формировании дефектной структуры в неметаллических кристаллах».

Авторы: В.А.Алтынов, С.Абу Аль Азм, А.Ю.Дидык, В.А.Скуратов, В.С.Вариченко, А.М.Зайцев, Л.Биро, Й.Дюлаи, К.Хаванчак.

ГРАНТЫ

Ряд научных проектов сотрудников Объединенного института ядерных исследований в 1997 году получили финансовую поддержку фондов Сороса, INTAS и МНТЦ. 8 проектов финансировано фондом Министерства науки и технологии РФ, 113 проектов — Российским фондом фундаментальных исследований. 35 сотрудникам ОИЯИ присуждены государственные стипендии Президиума Российской Академии наук.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 1997 года по международному научно-техническому сотрудничеству Объединенного института ядерных исследований отражают следующие данные:

- проведены совместные исследования с научными центрами стран-участниц, а также международными и национальными организациями других стран по 31 теме первого приоритета и по 23 темам второго приоритета;
- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2805 специалистов;
- для совместных работ и консультаций в ОИЯИ было принято 706 специалистов;
- 1143 специалиста приезжали в ОИЯИ для участия в совещаниях, конференциях, школах;
- организованы и проведены 21 международная научная конференция, 24 рабочих и 12 организационных совещаний;
- в лабораториях Института работали 30 его стипендиатов.

Международное сотрудничество ОИЯИ оформлено соответствующими соглашениями и договорами. Его развитие предусматривает проведение совместных экспериментов на базовых установках физических центров, получение научных результатов, подготовку общих публикаций участников сотрудничества, поставку оборудования и технологий для заинтересованных сторон и многое другое.

25—30 января с рабочим визитом в Объединенном институте находился Полномочный Представитель правительства Республики Болгарии, руководитель Комитета по мирному использованию атомной энергии РБ Л.Костов. Он встретился с руководителями Института, побывал в лабораториях и Учебно-научном центре ОИЯИ, познакомился с жизнью и деятельностью болгарских сотрудников в Дубне. Л.Костов высоко оценил уровень исследований, которые ведутся в лабораториях Института

и высказал намерение и далее поддерживать сотрудничество научных центров Болгарии и ОИЯИ.

6—7 февраля в Гамбурге проходило 7-е совещание Координационного комитета по выполнению соглашения между Федеральным министерством науки, технологий и образования ФРГ (ВМВФ) и ОИЯИ о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ. Представители дирекции ОИЯИ информировали комитет о важнейших научных результатах, о прогрессе в осуществлении структурной реформы ОИЯИ в 1996 году. Немецкая сторона одобрительно восприняла сообщение о развитии международного научного сотрудничества. Стороны с удовлетворением констатировали выполнение рекомендаций совещаний ученых (Дубна, Бонн, 1995 г.) по сотрудничеству ОИЯИ и немецких научных центров и рекомендаций 6-го совещания Координационного комитета (Дубна, 1996 г.) по продлению Соглашения ОИЯИ — ВМВФ на очередные 3 года.

26 февраля в Объединенном институте был принят председатель Госкомитета Словакии по стандартам и методологии доктор Л.Шутек. Он посетил Лабораторию ядерных реакций, обсудил с вице-директорами Института А.Н.Сисакяном и Ц.Выловым, научным руководителем ЛЯР Ю.Ц.Оганесяном и директором ЛЯР М.Г.Иткисом, другими учеными вопросы сотрудничества по созданию циклотронного комплекса в Словакии.

11—15 апреля в ЦЕРН находился вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян. Он участвовал в качестве постоянного наблюдателя от ОИЯИ в первом заседании совместной рабочей группы ЦЕРН — РФ по проекту LHC (сопредседатели группы — профессор Л.Фоа от ЦЕРН и профессор Г.В.Козлов от РФ). В заседании приняли участие руководители экспериментов и российские координаторы проектов ATLAS, ALICE, CMS, LHC-B. 14—15 апреля А.Н.Сисакян работал в качестве представителя ОИЯИ на заседаниях Объединенного

ресурсного комитета по экспериментам ATLAS, ALICE, CMS. Перед членами комитета выступили генеральный директор ЦЕРН К.Льюеллин-Смит, директор по LHC Л.Эванс, директор по исследованиям Л.Фоа, руководители экспериментов и ответственные руководители проектов. Были рассмотрены планы совместных работ по сооружению установок. В заседаниях от ОИЯИ участвовали координаторы дубненских групп: ATLAS — Н.А.Русакович, CMS — И.А.Голутвин, ALICE — А.С.Водопьянов.

Профессор А.Н.Сисакян был принят генеральным директором ЦЕРН профессором К.Льюеллин-Смитом, который информировал его о решении руководства Совета ЦЕРН подписать протокол с ОИЯИ об участии в проекте LHC. Решение в Объединенном институте по этому вопросу было принято Комитетом Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ по представлению дирекции и Ученого совета. Заключенный протокол открывает ОИЯИ и научным центрам стран-участниц широкие возможности долгосрочного сотрудничества в перспективных программах ЦЕРН.

23—25 апреля директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и помощник директора по международным связям П.Н.Боголюбов посетили Украину. Они встретились с академиком Б.Е.Патоном — президентом АН Украины и Международной ассоциации академий наук, координирующей деятельность академических учреждений государств СНГ. Состоялось подписание Меморандума о сотрудничестве между ОИЯИ и международной ассоциацией академий наук в области организации совместных научных исследований, проведения конференций и совещаний, обмена научной информацией. В.Г.Кадышевский и П.Н.Боголюбов приняли министр по делам науки и технологий Украины В.П.Семиноженко и его заместитель А.Я.Савченко. Обсуждались проблемы развития контактов научных центров Украины и ОИЯИ.

19 июня в Женеве директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакян встретились с генеральным директором ЦЕРН К.Льюеллин-Смитом и имели с ним беседу по широкому кругу вопросов сотрудничества. Во время встречи было подписано Приложение № 1 по ускорительной технике к протоколу между ЦЕРН и ОИЯИ относительно проекта LHC. Руководители ОИЯИ также встретились с членами Совета ЦЕРН и обсудили проблемы, представляющие общий интерес. В.Г.Кадышевский во время пребывания в Женеве участвовал в совещании по проекту ALICE.

На встрече в Кремле 8 июля директор ОИЯИ член-корреспондент РАН В.Г.Кадышевский имел продолжительную беседу по широкому кругу вопросов, связанных с деятельностью ОИЯИ, с секре-

тарем Совета обороны, помощником Президента Российской Федерации Ю.М.Батуриным.

В тот же день прошла беседа директора Института с Чрезвычайным Полномочным Послом Республики Грузия в России В.Г.Лордкипанидзе.

25 августа в Университете Осло состоялось торжественное открытие совместной выставки ОИЯИ и ЦЕРН «Наука, сближающая нации», ставшей продолжением серии, начатой в прошлом году во Дворце Наций в Женеве выставкой «Атом для мира» и выставкой «Люди рядом с атомом» в Варшавском дворце науки и культуры. На ее открытии присутствовали видные общественные деятели и ученые Норвегии, послы ряда стран, корреспонденты, представители ОИЯИ и ЦЕРН. В делегацию ОИЯИ входили В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян, П.Н.Боголюбов.

Выставка «Наука, сближающая нации», совпавшая с 40-летием начала сотрудничества между ЦЕРН и ОИЯИ, произвела глубокое впечатление на посетителей яркими примерами сотрудничества, которое подверглось многим испытаниям и проверено временем.

8 сентября ОИЯИ посетила делегация Европейского научного фонда во главе с профессором Г.Каровым, его главным ученым секретарем. Гости ознакомились с лабораториями ОИЯИ. Состоялось обсуждение широкого круга вопросов сотрудничества ЕНФ и NuPECC с ОИЯИ, в котором, в частности, приняли участие В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян, Ц.Вылов, М.Г.Иткис.

13 сентября в Москве директор ОИЯИ член-корреспондент РАН В.Г.Кадышевский был принят министром иностранных дел РФ академиком РАН Е.М.Примаковым и имел с ним продолжительную конструктивную беседу о проблемах деятельности ОИЯИ как международного центра.

24 сентября в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже в торжественной обстановке состоялось подписание Соглашения между ЮНЕСКО и ОИЯИ. Его подписали Генеральный директор ЮНЕСКО профессор Федерико Майор и директор ОИЯИ профессор В.Г.Кадышевский. Соглашение открывает широкие возможности сотрудничества как двух международных организаций, так и их стран-участниц в совместных научных и образовательных программах. В результате подписания Соглашения ОИЯИ вошел в список международных межправительственных организаций, ассоциированных с ЮНЕСКО. Стороны будут взаимно направлять наблюдателей на заседания руководящих органов.

Состоялась беседа руководителей ОИЯИ с Генеральным директором ЮНЕСКО Ф.Майором. Он был проинформирован о деятельности ОИЯИ, его научных и образовательных программах, плодотворном международном сотрудничестве. Достигнута принципиальная договоренность о проведении в

ЮНЕСКО совместной с ЦЕРН выставки под девизом «Наука, сближающая нации». По приглашению ЮНЕСКО ОИЯИ намерен принять активное участие в подготовке Всемирной научной конференции «Наука в XXI веке» в 1999 году. ЮНЕСКО проявлена готовность поддержать определенные разделы образовательной программы ОИЯИ. Дирекция ОИЯИ выразила признательность ЮНЕСКО и ее Генеральному директору Ф.Майору за поддержку в проведении в Дубне и Москве в январе 1997 г. Международного симпозиума под эгидой ЮНЕСКО «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии», посвященного 90-летию академика Н.М.Сисакяна, от имени всех его организаторов. Дирекция ОИЯИ пригласила Ф.Майора и представителей секретариата ЮНЕСКО посетить ОИЯИ.

В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян встретились в Париже с заместителем Генерального директора ЮНЕСКО по науке профессором М.Яккарино, руководителями отдела науки Секретариата ЮНЕСКО профессором В.Т.Жаровым, доктором З.Райтером, профессором А.Н.Покровским.

3 октября состоялась встреча дирекции ОИЯИ с вице-премьером правительства Российской Федерации А.С.Куликовым, прибывшим в Дубну для участия в заседании президиума РАЕН. А.С.Куликов был информирован о деятельности ОИЯИ. Он отметил высокий научный авторитет Института и выразил желание подробно ознакомиться с его исследованиями.

8—10 октября Объединенный институт посетила группа ученых из Института Макса Планка (Мюнхен) во главе с директором института профессором Ф.Зоргелем. Они побывали в Лаборатории ядерных проблем и в Опытном производстве. Состоялась встреча в дирекции, в которой приняли участие А.Н.Сисакян, В.М.Жабицкий, Н.А.Русаквич. Были обсуждены вопросы сотрудничества по совместным программам.

17 октября в Национальном центре научных исследований Франции в Париже состоялось ежегодное заседание совместного комитета по сотрудничеству между ОИЯИ и IN2P3 (CRNS). Делегация ОИЯИ: В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян, Ц.Вылов, П.Н.Боголюбов — провела переговоры с дирекцией IN2P3 во главе с К.Детразом. Были рассмотрены и утверждены отчеты и планы совместных работ более чем по 30 проектам. Во встрече участвовал также директор представительства CRNS в Москве А.Семпере.

24 октября состоялся ознакомительный визит в Дубну руководителей FNAL во главе с директором профессором Дж.Пиплсом. Делегация посетила ускорительный комплекс Лаборатории высоких энергий, Лабораторию сверхвысоких энергий, Опытное производство и встретилась с дирекцией ОИЯИ. Гости ознакомились, в частности, с процес-

сами производства проволочных детекторов и специальных катодных камер для совместных экспериментов в Фермилаб.

В конце октября вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян принял участие в работе ресурсного комитета по экспериментам на ЛНС, проходившей под руководством директора ЦЕРН по исследованиям профессора Л.Фoa. Комитет подвел итоги и наметил перспективы создания установок ATLAS, CMS, ALICE. В работе комитета в качестве экспертов от ОИЯИ приняли участие Н.А.Русаквич, И.А.Голутвин, А.С.Водопьянов.

На встрече с руководителями экспериментов на ЛНС П.Йени, М.Делла Негра и Ю.Шукрафтом А.Н.Сисакян обсудил ход работ по их подготовке. На переговорах генерального директора ЦЕРН профессора К.Льюеллина-Смита и А.Н.Сисакяна был затронут широкий круг вопросов сотрудничества, представляющих взаимный интерес.

В Женеве А.Н.Сисакян провел заседание оргкомитета по созданию Женевского отделения Международного университета «Дубна». Состоялись также встречи, проходившие в ЦЕРН и в госпитале Женевского университета, во время которых обсуждались вопросы сотрудничества в области ядерной медицины и, в частности, возможности создания на базе МСЧ-9 в Дубне отделения ядерной диагностики и терапии.

5 ноября ОИЯИ посетил первый заместитель министра науки и технологий РФ Г.В.Козлов. В Доме международных совещаний состоялась его встреча с учеными ОИЯИ, во время которой были вручены удостоверения и почетные знаки «Заслуженный деятель науки» профессорам Ю.Н.Денисову, В.П.Дмитриевскому, Е.П.Жидкову, Б.С.Неганову, А.А.Тяпкину и «Заслуженный конструктор РФ» — Л.Б.Голованову.

В тот же день состоялась рабочая встреча Г.В.Козлова с вице-директором ОИЯИ А.Н.Сисакяном и административным директором А.И.Лебедевым, во время которой обсуждались вопросы текущей деятельности ОИЯИ, проблемы реформирования Института и другие. Г.В.Козлов посетил фазотрон ЛЯП.

10 ноября ОИЯИ посетили доктор М.Хеккер — Полномочный министр, руководитель департамента и науки посольства ФРГ в Российской Федерации — и доктор У.Шёпке — советник посольства ФРГ в РФ. Гости осмотрели лаборатории Института и были приняты директором ОИЯИ профессором В.Г.Кадышевским, вице-директорами профессором А.Н.Сисакяном, профессором Ц.Выловым и другими. На встрече обсуждался большой круг вопросов сотрудничества ОИЯИ с немецкими научными центрами.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций, организованных ОИЯИ в 1997 году, наиболее крупными были восемь.

22—25 января 1997 г. в Москве и Дубне состоялся Международный симпозиум под эгидой ЮНЕСКО «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии», посвященный памяти академика Норайра Мартиросовича Сисакяна. Академик Н.М.Сисакян был крупнейшим ученым — биохимиком, основоположником космической биологии. Организаторами симпозиума выступили Российская Академия наук, Национальная академия наук Армении, Ереванский государственный университет, Институт биохимии им. А.Н.Баха, ГНЦ — Институт медикобиологических проблем, ОИЯИ.

Широта научной деятельности Н.М.Сисакяна определила и структуру симпозиума. На нем работали секции биохимии, радиобиологии, космической биологии и медицины, где выступили с докладами и многие дубненские радиобиологи. Симпозиум позволил объединить знания, накопленные к настоящему времени в этих областях исследований. В нем приняли участие ученые из многих институтов разных стран: России, Армении, Грузии, Белоруссии, Украины, США, Франции, Чехии.

Симпозиум оценил состояние и подвел итог развития всех отраслей науки, связанных с обеспечением радиационной безопасности в условиях воздействия на человека высокоэнергетичных заряженных частиц как на Земле, так и при полетах человека в космос, выявил направления дальнейших исследований на путях тесного международного сотрудничества ученых.

Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-5) «Нейтронная спектроскопия, структура ядра, прикладные вопросы» состоялся в Дубне 14—17 мая. Это уже пятый семинар в ряду традиционных встреч, посвященных вопросам нейтронной ядерной физики. В программу семинара вошли темы: фундаментальные взаимодействия и симметрии в реакциях с нейтронами, реакции на быстрых нейтронах, гамма-распад возбужденных состояний, свойства высоковозбужденных состояний ядер, методические аспекты нейтронной ядерной физики, фундаментальные свойства нейтрона, физика ультрахолодных нейтронов, деление ядер.

Семинар — практически единственный в мире проводимый ежегодно форум, посвященный этой тематике, что привлекает физиков, работающих в данной области, и обеспечивает весьма представительную научную программу. Кроме российских ученых в нем участвуют специалисты из Франции, ФРГ, США, Китая, Южной Кореи, Японии и ряда других стран.

С 25 мая по 7 июня в г. Нествед (Дания) проводилась V Европейская школа по физике высоких энергий. Основным направлением школы является изучение аспектов физики высоких энергий. В программу школы были включены курсы лекций по теории поля, «стандартной модели», КХД и другим направлениям. В ее работе принимали участие 100 слушателей из более чем 70 научных центров стран-участниц ОИЯИ и ЦЕРН. Лекции читались ведущими лекторами из Великобритании, Дании, Италии, России, ФРГ и Швейцарии.

26—29 мая в Дубне прошла «Национальная конференция по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов для исследования материалов — РСНЭ'97». Конференция была организована Национальным комитетом российских кристаллографов, объединенным научным советом РАН по комплексной проблеме «Физика конденсированных сред», Институтом кристаллографии, Институтом физики твердого тела и Лабораторией нейтронной физики ОИЯИ при поддержке Российской Академии наук, Министерства науки и технологий РФ и Российского фонда фундаментальных исследований. Более 200 участников представляли ОИЯИ и многие российские научные центры.

С 9 по 12 июня в Дубне проводились Международная конференция по проблемам ядерной медицины и 1-й съезд Межрегионального общества ядерной медицины. Научная программа конференции включала несколько десятков докладов в различных областях радиационной медицины; темы сессий: радионуклидные исследования в неврологии, кардиологии, ангиологии, онкологии, хирургии, эндокринологии; технические проблемы получения и обработки диагностической информации; радиофармацевтика; организационные вопросы ядерной медицины и радиофармацевтики. Проводились также постерная сессия и выставка нескольких российских и зарубежных фирм, поставляющих препараты, технологии, оборудование для радиационной медицины и смежных областей.

С 28 июля по 2 августа в Лаборатории теоретической физики проходила 8-я Международная конференция «Методы симметрии в физике», посвященная 80-летию со дня рождения Я.А.Смординского. В ее работе приняли участие более 150 ученых из многих стран и ОИЯИ. В середине 80-х годов Я.А.Смординский инициировал проведение рабочих совещаний, посвященных теоретико-групповому подходу в физике. После кончины Якова Абрамовича эти небольшие совещания трансформировались в крупные международные конференции. На пленарных заседаниях и параллельных секциях было заслушано более 120 докладов по

следующим направлениям: конечномерные интегрируемые системы; интегрируемость в гравитации и теории струн; нелинейные явления; геометрические методы в квантовой теории; квантовые алгебры и квантовые группы; некоммутативные и квантовые геометрии; периодические и аperiodические структуры; квантовый эффект Холла; оптика, квантовая оптика и когерентные состояния; методы симметрии в физике ядра; экзотические кулоновские системы во внешних полях; математические методы.

Конференция проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Министерства науки и технологий РФ.

С 8 по 17 августа в Гомеле (Белоруссия) проходила Международная школа-семинар «Актуальные проблемы физики частиц и ядерной физики». Школа была организована ОИЯИ совместно с Национальным центром физики частиц и физики высоких энергий (Минск).

Научная программа школы-семинара включала следующие темы: последние экспериментальные результаты с ускорителей LEP, HERA, TEVATRON; программа LHC и будущие эксперименты ATLAS, CMS, физика в рамках и вне «стандартной модели»; мягкие и жесткие процессы в КХД (возмущенные и невозмущенные подходы, струи, жесткая дифракция и т.д.); новые направления в квантовой теории поля и релятивистской ядерной физике. В школе принимали участие около 120 ученых.

22—27 сентября 1997 года в Дубне состоялась VI Международная школа по физике тяжелых ионов. Научная программа школы-семинара: тяжелые и сверхтяжелые элементы; реакции слияния ядер с последующим делением; динамики деления и моды деления; ядерная структура, свойства экзотических ядер; ядерная спектроскопия на стабильных и радиоактивных пучках; взаимодействие сложных ядер при низких и промежуточных энергиях, ядра при высокой температуре; новые установки и научная программа на них. В школе-семинаре приняли участие около 200 физиков из 20 стран мира.

Параллельно со школой-семинаром проводилось Международное рабочее совещание по прикладным исследованиям, а также Международное рабочее совещание IGISOL-6. Программа Международного совещания по прикладным исследованиям: взаимодействие тяжелых ионов с полимерами, трековые мембраны; модификация материалов под действием тяжелых ионов; радиоизотопы для медицины и экологии. Программа Международного совещания IGISOL-6: новые сепараторы для изучения продуктов ядерных реакций; лазерная спектроскопия; характеристики масс-сепараторов типа ISOL на пучках ускорителей; источники для масс-сепараторов ISOL: состояние дел и перспективы; системы транспорта продуктов ядерных реакций на основе газовой струи: усовершенствование и новые идеи.

УЧАСТИЕ ОИЯИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 1997 году ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 237 международных конференциях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на конференции «Суперсимметрия и квантовая теория поля» (Украина, Харьков), Международной школе по применениям микропроцессорных систем реального времени в физике (Италия, Триест), рабочем совещании коллаборации ATLAS (Швейцария, Женева), 2-м Международном рабочем совещании по использованию циклотронов для прикладных целей (Египет, Каир), международной конференции «Компьютинг в физике высоких энергий» (ФРГ, Берлин), 4-м Международном семинаре по исследованию конденсированных сред методом рассеяния нейтронов (Польша, Познань), EXON-97: совещании коллаборации Дубна — Орсе — Ржеж — Бухарест — Варшава (Чехия, Ржеж), Международной конференции по ускорителям заряженных частиц (Канада, Ванкувер), международной конференции «Ядерные данные для науки и технологии» (Италия, Триест), рабочем совещании по созданию циклотронного комплекса (Словакия,

Братислава), рабочем совещании коллаборации ATLAS (Швейцария, Женева), 5-й Европейской конференции по порошковой дифракции (Италия, Парма), Международном совещании по кластерным явлениям в ядерной и атомной физике (ФРГ, Раушхольцхаузен), Европейской конференции «Достижения в ядерной физике и смежных областях» (Греция, Салоники), 15-й Международной конференции по проблемам физики малонуклонных систем (Нидерланды, Гронинген), Международной конференции по криогенной технике и криогенным материалам (США, Портленд), симпозиуме по лептон-фотонным взаимодействиям (ФРГ, Гамбург), конференции «Неевклидова геометрия и современная физика» (Украина, Ужгород), Международной конференции по рассеянию нейтронов (Канада, Торонто), Международной конференции по физике высоких энергий (Израиль, Иерусалим), 17-м Европейском кристаллографическом конгрессе (Португалия, Лиссабон), 8-й Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц (Россия, Москва), 5-й Европейской конференции по применению ускорителей в прикладных исследова-

дованиях и технологии (Нидерланды, Эйндховен), Международном симпозиуме по ядерной физике (Франция, Тур), международном симпозиуме «Атомные ядра и металлические кластеры» (Чехия, Прага), международном совещании «Электронно-лучевые источники ионов и их применение» (ФРГ, Гельнхаузен), международном совещании «Ионные источники для адронных коллайдеров» (ФРГ, Гельнхаузен), Международной конференции по ионным источникам (Италия, Таормина), 5-й Оксфордской летней школе по нейтронному рассеянию (Великобритания, Оксфорд), XV Международном семинаре по линейным ускорителям заряженных частиц (Украина, Алушта), Европейской конференции по циклотронам (Нидерланды, Гронинген), 7-й Международной конференции по линейным ускорителям (Россия, Звенигород), 3-м Съезде по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэколо-

гия, радиационная безопасность (Россия, Москва), рабочем совещании ИКФА «Динамика пучков в электрон-позитронных фабриках» (Италия, Фраскати), 2-й Российской радиохимической конференции (Россия, Дмитровград), семинаре по физическому обоснованию протонного медицинского синхротрона (Чехия, Прага), Международной конференции по делению и свойствам нейтроноизбыточных ядер (США, Санибэл Айлэнд), международной конференции «Физика атомных ядер и элементарных частиц» (Египет, Каир), международной конференции «Макроскопическая электродинамика» (Польша, Краков), конференции по электростатическим ускорителям (Россия, Обнинск), 1-м Всероссийском симпозиуме по твердотельным детекторам ионизирующего излучения (Россия, Екатеринбург).

**Справка о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований в 1965—1997 гг.**

	1965	1975	1985	1990	1995	1996	1997
1. Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без учета приездов на совещания)	203	1026	1469	1050	299	291	268
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	474	600	778	682	747	670
3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	42	49	44	52	51	58
4. Количество командировок специалистов ОИЯИ на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	69	131	119	437	1451	1557	1465
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц в ОИЯИ	27	226	144	563	1036	814	1039
6. Количество стипендиатов ОИЯИ		11	3	16	28	32	30

**Перечень научных конференций и рабочих совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1997 году**

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
81-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	16—17 января	110
3-е Рабочее совещание научного комитета по использованию поляризованной мишени	Дубна	17 января	25
Международный симпозиум «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии»	Дубна	22—25 января	95
Рабочее совещание по нейтринному детектору ИФВЭ — ОИЯИ и эксперименту NOMAD	Дубна	29—31 января	29

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
III Международное рабочее совещание «Применение лазеров в исследовании атомных ядер»	Польша, Познань	3—7 февраля	13
Международное рабочее совещание по программе исследований с тяжелыми ионами в эксперименте CMS	Дубна	4—6 февраля	89
Заседание Финансового комитета	Дубна	20—21 февраля	
Рабочее совещание коллаборации NA-48	Дубна	24 февраля — 2 марта	57
Международный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения В.И.Векслера	Дубна	4 марта	65
Рабочее совещание «Структурные исследования монокристаллов»	Дубна	4—7 марта	70
Заседание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	20—21 марта	120
Сессия Международного совета по теоретической физике	Дубна	3—6 апреля	36
Международное рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	7—17 апреля	24
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	17—18 апреля	100
Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами	Дубна	14—17 мая	96
V Европейская школа по физике высоких энергий	Дания, Нествед	25 мая — 7 июня	120
Национальная конференция по рентгеновским, синхротронным и нейтронным исследованиям	Дубна	26—29 мая	220
Международное рабочее совещание «Системы сбора данных с нейтронных спектрометров»	Дубна	2—4 июня	60
Заседание Комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ	Дубна	5—6 июня	20
Совещание по проблемам физики малочастичных систем	Дубна	8 июня — 1 июля	30
82-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	9—10 июня	110
Международная конференция по проблемам ядерной медицины	Дубна	9—12 июня	150
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	10—12 июня	43
V Школа-семинар «Секреты квантовой и математической интуиции»	Дубна	17—20 июня	50
Рабочее совещание по магнитной установке ATLAS	Дубна	20—21 июня	20
Международное совещание «Нейтронный анализ текстур и напряжений»	Дубна	23—27 июня	82
Заседание Контрольной комиссии Финансового комитета	Дубна	25—26 июня	20
IV Международный симпозиум «Дейтрон-97»	Дубна	2—5 июля	100

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
VII Международный семинар по спиновым явлениям в физике высоких энергий «Спин-97»	Дубна	7—12 июля	79
Рабочее совещание «Новая физика в неускорительных экспериментах»	Дубна	7—11 июля	57
Международное совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	Дубна	22—26 июля	75
Международная конференция «Методы симметрии в физике»	Дубна	28 июля — 2 августа	186
Рабочий семинар «Интегрируемые модели, калибровочные теории и квантовая гравитация»	Дубна	4—15 августа	23
Международная школа-семинар по актуальным проблемам физики частиц и ядра	Белоруссия, Гомель	8—17 августа	120
Рабочее совещание по программе «Спин»	Чехия, Прага	25 августа — 7 сентября	70
36-я Международная школа «Сильнокоррелированные системы и критические явления»	Дубна	26 августа — 5 сентября	62
Рабочее совещание «Проблемы и методы рентгеновской спектроскопии на пучках синхротронного излучения»	Белоруссия, Минск	5—9 сентября	55
Международная конференция по структуре ядра и связанным вопросам	Дубна	9—13 сентября	52
XVII Международный симпозиум по ядерной электронике	Болгария, Варна	15—21 сентября	42
II Международный семинар «Нуклотрон для физики и технологии»	Болгария, Варна	23—27 сентября	47
Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов	Дубна	22—27 сентября	118
Мемориальный научный семинар памяти В.П.Саранцева	Дубна	23—24 сентября	50
Международное рабочее совещание «IGISOL-5»	Дубна	27—28 сентября	40
Рабочее совещание «Деконфайнмент при конечной температуре и плотности»	Дубна	1—29 октября	20
Рабочий семинар по направлениям научной деятельности ОИЯИ	Чехия, Прага; Словакия, Братислава	6—12 октября	50
Рабочее совещание по экспериментам H1 (DESY)	Дубна	6—12 октября	150
Школа-семинар по физике частиц	Узбекистан, Ташкент	6—13 октября	120
Рабочее совещание «Динамика пучков»	Дубна	13—17 октября	25
Международный семинар «Место России в мировой цивилизации III тысячелетия»	Дубна	20—21 октября	150
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	3—4 ноября	60
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	24—26 ноября	100

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Рабочее совещание по экспериментам на установке ЭКСЧАРМ	Дубна	25—27 ноября	50
Комиссия по сотрудничеству ЦЕРН.— ОИЯИ	Дубна	26 ноября	20
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	27—28 ноября	100
Рабочее совещание «Базовые установки ОИЯИ и ядерная медицина»	Дубна	1—2 декабря	45
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	2—4 декабря	43
Рабочее совещание коллабораций СФЕРА и ГИБС по перспективам исследований в области релятивистской ядерной физики	Дубна	16—18 декабря	51

Объединенный
институт
ядерных
исследований
является
международной
межправительственной
научно-
исследовательской
организацией,
строящей
свою деятельность
на принципах
ее открытости
для участия
всех
заинтересованных
государств,
их равноправного
взаимовыгодного
сотрудничества.

Дирекция ОИЯИ,
избранная на сессии
Комитета Полномочных
Представителей
20—21 марта 1997 г.:
вице-директор профессор
Ц.Д.Вьлов, директор
член-корреспондент РАН
В.Г.Кадышевский,
вице-директор профессор
А.Н.Сисакян



Вручение российского ордена Дружбы
Полномочному Представителю правительства
Республики Польша профессору
А.Хрынкевичу

Вручение ордена Дружбы Монголии профессору
Ю.Ц.Оганесяну



Дубна, 11 июня. Заседание Постоянной комиссии Комитета Полномочных Представителей
по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ



Дубна, 16 января. На заседании 81-й сессии Ученого совета ОИЯИ



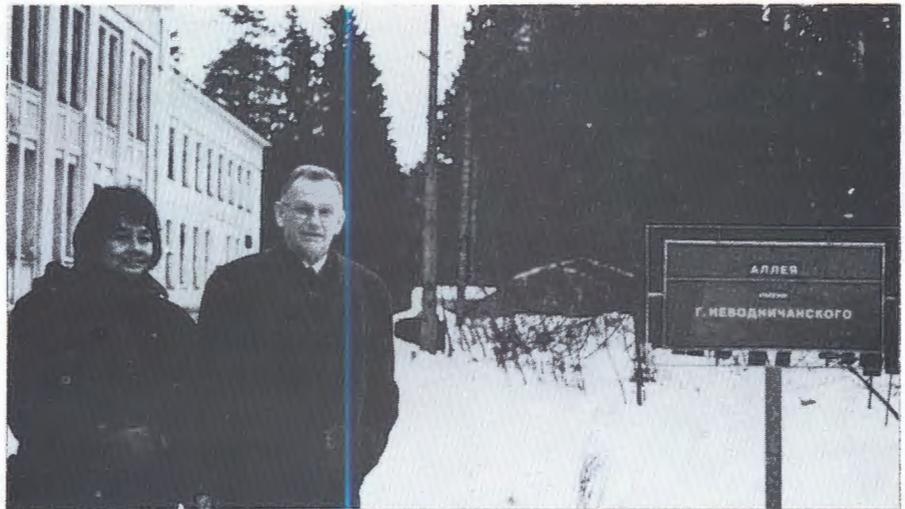
Дубна, 9 июня. На заседании 82-й сессии Ученого совета ОИЯИ



Дубна, 17 апреля. Участники заседания Программно-консультативного комитета по физике частиц



Париж, 24 сентября. Участники подписания Соглашения о сотрудничестве между ЮНЕСКО и ОИЯИ в штаб-квартире ЮНЕСКО



Дубна, 16 января. Председатель Государственного агентства по атомной энергии Республики Польша Е.Неводничанский в ОИЯИ на аллее им. Г.Неводничанского, одного из основателей Института



Дубна, 17 января. Полномочный Представитель правительства РФ в ОИЯИ вице-премьер правительства России В.Е.Фортов вручает орден Дружбы члену Ученого совета ОИЯИ Х.Шопперу (ФРГ) за выдающийся вклад в науку и развитие международного научно-технического сотрудничества



Дубна, март. Гости ОИЯИ — научная делегация из Института экспериментальной физики (г.Саров) — знакомятся с вычислительным центром Лаборатории теоретической физики



В работах по проекту СФЕРА (ОИЯИ) принимает участие группа японских ученых. На снимке: директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, директор ЛВЭ А.И.Малахов, профессор С.Фукуи (Япония) на встрече с участниками эксперимента



Дубна, 30 октября. Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Таджикистан в России Р.С.Мирзоев (справа) и вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян (второй слева) обсуждают вопрос об участии Таджикистана в деятельности Института



Дубна, 10 ноября.
Заместитель директора Лаборатории
сверхвысоких энергий И.А.Голутвин
рассказывает Полномочному
министру, руководителю
департамента экономики и науки
посольства ФРГ в России
доктору М.Хеккеру (второй справа)
о методических разработках
лаборатории



Дубна, 24 октября.
В рамках сотрудничества ОИЯИ —
FNAL (США) Институт посетил
директор FNAL профессор
Дж.Пиплс. На снимке: Дж.Пиплс
(третий справа) в Опытном
производстве ОИЯИ



Дубна, 3 октября.
Делегация руководителей
научных центров и сотрудников
Министерства науки и технологии
Республики Индии в Лаборатории
высоких энергий



Дубна, январь. Международный симпозиум «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии», посвященный 90-летию со дня рождения академика Н.М.Сисакяна



Дубна, 14 мая. Участники международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами



Дубна, 26 мая. Национальная конференция по рентгеновским, синхротронным и нейтронным исследованиям



Дубна, 2 июля. Участники IV Международного симпозиума «Дейтрон-97»



Дубна, 22 сентября. VI Международная школа по физике тяжелых ионов



Дубна, 5 мая. Директору ОИЯИ члену-корреспонденту РАН В.Г.Кадышевскому — 60 лет



Дубна, 5 ноября. Ученые ОИЯИ, которым были вручены удостоверения и почетные знаки «Заслуженный деятель науки РФ» и «Заслуженный конструктор РФ»: Б.С.Неганов, Е.П.Жидков, Л.Б.Голованов, В.П.Дмитриевский, Ю.Н.Денисов, А.А.Тяпкин



Дубна, 16 января 1998 г.
Лауреат премии ОИЯИ имени Б.М.Понтекорво за 1997 год профессор К.Винтер (ФРГ) (второй слева)

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММЫ ОИЯИ**



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

В 1997 году в лаборатории были продолжены исследования в области квантовой теории поля и теории фундаментальных взаимодействий, математической физики, теории атомного ядра и ядерных реакций, релятивистской ядерной физики, теории

ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

Основное внимание в исследованиях по этой теме было уделено следующим направлениям:

- суперсимметрия, квантовые симметрии и интегрируемые модели,
- непертурбативные методы в калибровочных теориях и в гравитации,
- физика тяжелых кварков,
- спиновая физика в КХД.

Суперсимметричные модели продолжают привлекать внимание исследователей. Интересные результаты были получены при применении метода гармонического суперпространства для изучения геометрической и квантовой структуры суперсимметричных калибровочных теорий и сигма-моделей.

В подходе гармонического суперпространства найдено низкоэнергетическое эффективное действие для заряженного гипермультиплета в кулоновской ветви $4D$, $N = 2$ калибровочной теории. Показано, что главный вклад в это действие дает гармонически-аналитический лагранжиан четвертой степени по полям гипермультиплета, причем индуцированная константа связи пропорциональна центральному заряду $N = 2$ супералгебры [1].

Интегрируемые модели играют важную роль в современных исследованиях суперструн, калибровочных полей, дуальности и квантовой гравитации.

конденсированных сред. Совершенствовалась компьютерная инфраструктура лаборатории. Теоретики участвовали также в реализации ряда экспериментальных программ ОИЯИ.

Суперсимметрия, квантовые и W -алгебры дают эффективные методы изучения известных и построения новых интегрируемых систем. Ряд результатов был получен при разработке и применении новых математических методов в этой области.

Построено матричное обобщение всех известных $N = 2$ суперсимметричных интегрируемых систем и найдены соответствующие матричные (супер-) операторы Лакса в терминах $N = 2$ суперполей [2].

Предложены новые $N = 2$ суперсимметричные иерархии матричных цепочек Тодды, важные для построения суперсимметричных матричных моделей, $N = 2$ матричные КП-иерархии и бесконечное семейство их редукций с конечным числом суперполей. Для этих систем найдены частные решения, построены гамильтоновы структуры, операторы рекурсии, дискретные симметрии и представления Лакса [3].

Исследована алгебра наблюдаемых в киральной модели Весса — Зумино — Новикова — Виттена (ВЗНВ), которая является основным блоком при построении конформных теорий поля. На основе полученных структурных результатов проведено каноническое квантование $SU(n)$ -инвариантной киральной ВЗНВ-модели [4].

Показано, что структура алгебры Хопфа на дифференциальном комплексе Вороновича позво-

ляет построить биковариантную некоммутативную алгебру, включающую координатные функции, дифференциальные формы, производные Ли и внутренние произведения, как кросс-произведение двух взаимно дуальных градуированных алгебр Хопфа. Это позволило дать адекватную алгебраическую формулировку результатов работ других авторов и получить ряд новых соотношений, а также доказать тождество Картана [5].

Доказан квантовый вариант теоремы Биркгофа для двумерной дилатонной гравитации и, в частности, для сферически-симметричной гравитации в d -мерии. Для дилатонной гравитации, порожденной струнами, проведен полный анализ соответствующей квантовой редукции полевой теории к квантовомеханической системе [6].

Продолжались исследования по суперинтегрируемой квантовой механике (СИКМ), которая является удобной базой для проведения «экспериментов» в теории поля и физике твердого тела, а также для объединения исследований в квантовой механике и в топологии. В структуру СИКМ удалось включить важную концепцию электромагнитной дуальности, которая играет центральную роль в калибровочных теориях и в конечном счете может привести к построению нового подхода вне рамок теории возмущений [7].

Непертурбативные методы в калибровочных теориях в значительной степени основываются на решеточных расчетах и на инстантонных моделях.

В сотрудничестве с учеными из Университета им. Гумбольдта (Берлин), Института ДЕЗИ — Цойтен и Университета г. Билефельда разработан новый метод расчета масс адронов в решеточной КХД. В качестве наблюдаемых рассматривались π - и ρ -мезонные корреляторы $\Gamma_{[\pi,\rho]}(\tau)$ и соответствующие массы $m_{[\pi,\rho]}$. Все расчеты выполнены на решетке $16^3 \times 32$ при $\beta = 6,0$. Разработанный метод позволяет значительно ближе подойти к киральному пределу по сравнению со стандартными подходами [8].

Получена оценка вклада непертурбативного глюон-глюонного взаимодействия, индуцированного инстантонами, в $g_1^p(x, Q^2)$ - и $F_2^p(x, Q^2)$ -структурные функции. Показано, что нетривиальная Q^2 -зависимость инстантонного вклада в $g_1^p(x, Q^2)$ позволяет объяснить наблюдаемое нарушение правила сумм Эллиса — Джаффе без привлечения предположения о большой положительной глюонной поляризации [9].

Важные результаты получены в **суперсимметричном расширении «стандартной модели»** и в квантовой хромодинамике.

Изучены перенормировочные константы в мягко нарушенной суперсимметричной калибровочной теории. Показано, что эти константы должны трактоваться как внешние суперполя, зависящие от шпурионного поля, причем их явная форма должна быть точно такой же, как и у констант в случае теории с «жесткой» суперсимметрией с учетом переопределения констант связи. Это позволяет получить заново все известные результаты по перенормировке мягких констант связи и масс в мягко нарушенной теории [10].

Развит аналитический подход к трактовке призрачных особенностей в КХД. В его рамках предложена аналитическая, свободная от призрачных сингулярностей модель для эффективного заряда КХД, которая обладает стабильностью по отношению к вкладам высших петель и хорошо коррелирует данные опыта [11]. В применении к процессу e^+e^- -аннигиляции в адроны этот подход приводит к новому, свободному от призрачных сингулярностей, выражению для известного отношения сечений $R(s)$, которое оказывается замечательно нечувствительным относительно схемной зависимости в области малых переданных импульсов [12].

Установлена интригующая связь между высокоэнергетической КХД и точно интегрируемыми моделями. Благодаря замечательному свойству КХД-реджизации, весьма вероятно, что кварки и глюоны образуют новые коллективные возбуждения, а именно, реджизованные партоны или реджионы; в результате КХД должна быть заменена эффективной реджизонной теорией, в которой реджионы играют роль элементарных полей. Таким образом, старая реджизонная теория возрождается на новом уровне. Первые расчеты реджизонных амплитуд рассеяния выявили в высокоэнергетической КХД свойства интегрируемости и дуальности [13].

Было достигнуто дальнейшее продвижение в понимании **спиновых процессов** в рамках КХД.

Главная проблема здесь — глюонный вклад в спин протона, который должен быть измерен экспериментально. В принципе, этот вклад можно наблюдать при рождении чармония в адронных процессах с ненулевым поперечным импульсом [14].

Анализ старых экспериментальных данных, полученных на магнитной искровой камере, позволил сделать вывод о том, что при дифракционном рождении трех пионов в процессе $\pi^-(40 \text{ ГэВ}) + A \rightarrow \rightarrow (\pi^-\pi^+\pi^-) + A$ впервые наблюдалась поперечная спиральность. Было установлено, что эта спиральность довольно большая — $(10 \pm 1)\%$ — и ведет себя как поперечная поляризация, т.е. растет с ростом величин p_T и x_F для тройки пионов. Это, возможно, позволит измерить поперечное распределение спина нуклонов в полуинклюзивном глубоко-

неупругом рассеянии с рождением вперед тройки пионов (например, на установке COMPASS) [15].

Продолжены исследования по **адронной спектроскопии**.

В рамках релятивистской кварковой модели предложено детальное описание полулептонных распадов тяжелых барионов. Рассчитаны характеристики *b*- и *c*-барионов: функции Изгура — Вайзэ, параметры асимметрии, скорости распадов. Модельно-независимым способом было проверено неравенство Бьеркена — Ху для Ω_Q -барионных функций Изгура — Вайзэ и для их производных в точке нулевой отдачи. Дано теоретическое описание недавних экспериментальных данных по $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 e^+ \nu_e$ распаду, полученных коллаборацией CLEO [16].

В рамках релятивистской потенциальной модели рассчитаны массы низших гибридных состояний векторных мезонов, образованных $\bar{Q}Q$ -парой ($Q = c, b$) и валентным глюоном. Впервые были учтены эффекты смешивания гибридных состояний с обычным $\bar{Q}Q$ -кварконием в основном состоянии [17].

Выявлена важная роль промежуточного состояния с квантовыми числами сигма-мезона при ко-

нечном значении температуры и химического потенциала, если выполнено пороговое условие $M_\sigma = 2M_\pi$ в канале распада $\sigma \rightarrow 2\pi$. Этот эффект должен усиливать пионную аннигиляцию $2\pi \rightarrow 2\gamma$ на несколько порядков по сравнению с вакуумным случаем и, в принципе, может наблюдаться в столкновениях тяжелых ионов [18].

Выполнена серия точных расчетов **электрослабых** поправок для упругого e^+e^- -рассеяния на малые и большие углы. Эти процессы важны для калибровки светимости мезонных фабрик и для учета фона в процессах с рождением адронов. Расчеты были выполнены до двух петель включительно в рамках электрослабой теории. Результаты представлены в терминах структурных функций с учетом не главных вкладов [19].

Крупномасштабные осцилляции нейтрино исследованы в рамках двух возможных нейтринных спектров. Получены модельно-независимые ограничения на вероятность переходов нейтрино в новых экспериментах по осцилляциям нейтрино с большой базой (CHOOZ, Palo Verde, KEK — Super-Kamiokande, MINOS, ICARUS) [20].

ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА

Основными направлениями исследований по данной теме были:

- релятивистская ядерная динамика,
- изучение экзотических ядер и атомов,
- механизмы ядро-ядерных столкновений,
- свойства ядер в экстремальных условиях,
- применение методов теории ядра для изучения других конечных ферми-систем.

В работах по **релятивистской ядерной физике** показано, что некоторые из двойных поляризационных наблюдаемых для процесса фоторождения ϕ -мезона очень чувствительны к скрытой странности протона. Это связано с тем, что вклады прямого выбивания и дифракционных процессов в эти наблюдаемые имеют существенно разную зависимость от спина (спиральности). Оптимальный интервал начальной энергии фотона для измерения $s\bar{s}$ -компоненты протона — 2+3 ГэВ [21]. Развал дейтрона при околороговых энергиях — хороший пример для изучения ненуклонных степеней свободы и релятивистских эффектов. Исследована нерелятивистская редукция амплитуды Бете — Солпитера для процесса электроразвала дейтрона вблизи порога. Этот подход при использовании приближения первой итерации дает такую же ана-

литическую структуру амплитуды, как и нерелятивистский подход с поправками парного тока [22].

Методы **теории малочастичных систем** применялись при рассмотрении различных проблем. Были рассчитаны скорости оже-переходов для ряда состояний антипротонных атомов гелия ${}^{3,4,6}\text{He}\bar{p}e$. Обнаружено, что в ${}^3\text{He}\bar{p}e$, ${}^4\text{He}\bar{p}e$ они различаются в 2—3 раза. Причина столь сильного изотопического эффекта состоит в поведении малой компоненты волновой функции электрона с угловым моментом $L \geq 2$, которая определяет скорость оже-распада и быстро меняется в зависимости от массы изотопа [23].

Информация о скоростях синтеза различных нуклидов в звездной плазме очень важна для понимания процессов производства энергии в звездах, объяснения распространенности элементов во Вселенной и др. Горение водорода в звездах главной последовательности происходит, главным образом, вдоль *pp*-цепочки. Показано, что роль реакции безрадиационного слияния $e + p + d \rightarrow {}^3\text{He} + e$ с трехлетним начальным состоянием незначительна в солнечном *pp*-цикле, но на ранней стадии развития Вселенной эта реакция должна была играть важную роль [24].

Исследовались разнообразные аспекты **теории ядро-ядерных столкновений**. В современных моделях реакций слияния или глубоконеупругих столкновений тяжелых ионов низких энергий используется ограниченный набор коллективных переменных. Среди них — расстояние между центрами сталкивающихся ядер, массовая асимметрия системы и параметр шейки. Динамика шейки исследована для начальной стадии столкновения в рамках концепции двойной ядерной системы (ДЯС). Обнаружено осциллирующее поведение шейки в момент образования ДЯС, причем характерное время осцилляций мало. Из-за этого использование параметра шейки в качестве коллективной координаты представляется сомнительным [25]. Концепция ДЯС применена также для анализа реакций синтеза сверхтяжелых элементов. Получены данные о минимальной энергии возбуждения составных ядер в реакциях холодного синтеза с $102 \leq Z \leq 114$. Показано, что в реакциях холодного слияния квазиделение является главным фактором падения сечения образования элемента с ростом Z [26]. Работа выполнена совместно с сотрудниками ЛЯР им. Г.Н.Флерова ОИЯИ.

Значительная часть исследований была посвящена **теории структуры ядра** при экстремальных значениях изоспина, энергии возбуждения и деформации. С помощью модели, в которой ядро ${}^6\text{He}$ рассматривается как трехтельная система «альфа-частица + нейтрон + нейтрон», предсказаны новые типы возбуждений его нейтронного гало в непрерывном спектре, а именно: второй 2^+ -резонанс, низкоэнергетическая дипольная мода и моды магнитного типа [27]. Работа выполнена в рамках теоретической коллаборации Россия — Скандинавия — Британия. Предсказаны свойства вибрационных состояний во втором минимуме ядра ${}^{240}\text{Pu}$. Оказалось, что коллективность вибрационных уровней во втором минимуме иная, чем в первом. Например, суммарная сила $E2$ - и $M1$ -переходов в области энергий возбуждения $0+3$ МэВ сильно редуцирова-

на в сравнении с тем же интервалом в первом минимуме, в то время как сила $E1$ -переходов на порядок больше [28]. Построено сепарабельное приближение конечного ранга для эффективных сил типа Скирма. Оно использовано для изучения свойств коллективных возбуждений в цепочке изотопов Ag, включая изотопы на границах областей нейтронной и протонной стабильности. В изотопах с $A = 48+52$ обнаружена низколежащая дипольная мода с энергией около 7 МэВ [29]. Работа выполнена в соответствии с соглашением о сотрудничестве между IN2P3 и ОИЯИ. В рамках формализма термополевой динамики сформулировано новое приближение для описания коллективного движения горячей ядерной системы. В этом приближении учитывается влияние на среднее поле температуры системы и параметров коллективного движения, а также — наличие виртуальных возбуждений тепловых квазичастиц в тепловом основном состоянии системы, что выходит, таким образом, за рамки теплового приближения случайной фазы [30].

Продолжалось изучение **металлических кластеров и квантовых точек** с использованием методов теории ядра. Предложена и исследована модель квантовой точки в однородном магнитном поле произвольного направления. Предполагалось, что электроны связаны в потенциале трехмерного гармонического осциллятора. Найдена зависимость равновесной формы системы от числа электронов, параметров магнитного поля и толщины слоя [31].

Выполнен ряд исследований в области **квантовой механики и электродинамики**. Доказано, что при ускоренном движении заряженной частицы в среде, наряду с черенковской и тормозной ударными волнами, должна существовать ударная волна, возникающая в тот момент, когда скорость частицы совпадает со скоростью света в среде. Определены области пространства-времени и условия, при которых указанная ударная волна должна наблюдаться [32].

ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Теория конденсированных сред включает в себя широкий спектр исследований от чисто прикладных аспектов до сложных точно решаемых моделей математической физики. Методы квантовой теории поля и ядерной физики, объединяющие теоретическую физику в целом, также нашли значительное применение в развитии данных исследований.

В 1997 году главными направлениями исследований были:

- сильные электронные корреляции и высокотемпературная сверхпроводимость,
- модели самоорганизованной критичности,
- физика поверхностей.

Несмотря на беспрецедентную научную активность в области высокотемпературной сверхпрово-

димости, до сих пор не появилась общепринятая теоретическая концепция, объясняющая необычные нормальные свойства и механизм спаривания в высокотемпературных сверхпроводниках. Для разрешения этой проблемы было продолжено изучение *моделей с сильными электронными корреляциями*.

Для исследования эффектов конкуренции между локальным магнетизмом и проводимостью требуется адекватное описание электронных, спиновых и зарядовых переменных в моделях с сильными электронными корреляциями. На основе представления этих переменных в методе функционального интегрирования проведен расчет статистической суммы для $(t - J)$ -модели и модели Андерсона на решетке в терминах $SU(2/1)$ -когерентных состояний для операторов Хаббарда. В результате показано, что $(t - J)$ -модель не может быть описана в терминах независимых спиновых и зарядовых переменных [33].

Разработанный ранее новый диаграммный подход к электронным моделям с сильными электронными корреляциями использован для исследования, в рамках модели Хаббарда — Холстейна, эффектов взаимодействия электронов с коллективной модой бесдисперсионных оптических фононов. На основе канонического преобразования Ланга — Фирсова выведено уравнение Дайсона, и обсужден механизм поляронных прыжков по решетке [34].

Квазичастичный спектр допированных дырочных носителей и их сверхпроводящее спаривание в плоскости CuO_2 изучены в $(t - t' - J)$ -модели. На основе численного решения уравнений Элиашберга получено d -волновое спаривание спиновых поляронов за счет обмена спиновой флуктуацией, а также эффект сильной зависимости ширины квазичастичной зоны от допирования [35].

Теоретическая интерпретация фотоэмиссионных спектров в $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_4\text{Cl}_2$ осуществлена на основе модельных вычислений. Доказано существование двух различных синглетов Жанга — Райса — один из них движется в антиферромагнитно-упорядоченной подсистеме Cu_AO_2 , а другой — в эффективно-парамагнитной подсистеме, образованной дополнительными ионами Cu_B в медном оксиде [36].

Известно, что слабосвязанная структура высокотемпературных сверхпроводников важна для понимания многих необычных свойств этих материалов. В частности, некоторые аномалии намагниченности обусловлены внутренними слабыми связями, в то время как спонтанные орбитальные магнитные моменты с так называемыми « π -контактами» ответственны за «парамагнитный эффект Мейсснера» в гранулярных сверхпроводниках. Предложено объяснение этих явлений, основанное на учете диполь-

дипольного взаимодействия между орбитальными магнитными моментами [37] и возникновения ненулевой электрической поляризации, приводящей к изменению зарядового баланса в системе слабосвязанных сверхпроводящих контактов под действием приложенного магнитного поля [38].

В области **самоорганизованной критичности** была установлена центральная роль моделей типа *Sandpile*, допускающих точное решение, и доказана связь между абелевыми моделями, остовными деревьями и конформной теорией поля.

Изучены минимальные рекуррентные конфигурации абелевой модели самоорганизованной критичности, связанные с динамикой неконсервативных моделей типа *Sandpile*. Установлено однозначное соответствие между этими конфигурациями и множеством максимально ориентированных остовных деревьев на треугольной подрешетке [39].

Рассмотрена модель самоорганизующихся эйлеровых блужданий на квадратной решетке. С помощью конечномерного анализа вычислены критические показатели распределений числа шагов (τ_e) и числа посещенных точек (τ_s), характеризующие процесс перехода от одной рекуррентной конфигурации к другой. Рассматривались два различных типа динамики. Результаты численного моделирования показали, что обе версии модели принадлежат к одному классу универсальности с критическими показателями $\tau_e = \tau_s = 1,75 \pm 0,1$ [40].

Обнаружена связь между критическими явлениями и теорией оптимального управления в рамках теории самоподобных аппроксимаций. Метод основан на некотором степенном алгебраическом преобразовании, в котором показатели играют роль контрольных функций, определяющих наиболее быструю сходимость ренормированных рядов. Критические показатели непосредственно связаны с пределами контрольных функций в критических точках. Их вычисленные значения в ряде случаев оказались в хорошем согласии с результатами численных экспериментов [41].

В области **физики поверхностей** продолжалось изучение явлений абсорбции. Было предложено рассматривать непористую поверхность, обтекаемую потоком газа или жидкости, как активную границу, которая может адсорбировать или десорбировать одну из составляющих потока. Изучалось несколько проблем: эволюция активированных комплексов, стохастизация в результате действия в адсорбате случайной силы, различные типы неравновесных состояний. Полученные результаты были включены в проект промышленной очистки нефти и газа, а также контроля над содержанием примесей [42].

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛАБОРАТОРИИ

В 1997 году на рабочих местах установлено 20 персональных компьютеров на процессорах *Pentium* 120 и 133 МГц, 2 компьютера на процессорах *Pentium Pro* 200 МГц, 4 лазерных принтера персонального пользования.

Увеличена дисковая и оперативная память на сервере *Netware*. Суммарная емкость дисков сервера составляет в настоящее время 9 Гигабайт. Проводился монтаж компьютерной сети для охвата новых рабочих мест.

Обновлялось программное обеспечение на кластере рабочих станций *Sun* и сервере *Netware*, в частности, пакет *TeX/LaTeX*, браузеры *Netscape* и *Internet Explorer*. Приобретен и установлен пакет *Jawa Workshop*.

На сервере *Sun* установлен новый пакет символьных вычислений «М», а также широко известная система аналитических вычислений *Maxima*.

Проведены необходимые работы по запуску зеркального сервера электронного журнала *JHEP* (<http://jhep.jinr.ru>). Осуществлён запуск WWW-сервера по тематике *Few-Body* (<http://few-body.jinr.ru>).

Для повышения производительности лабораторного WWW-сервера установлено программное обеспечение *Apache*.

С целью создания базы данных ресурсов сети ОИЯИ установлен *HARVEST*-сервер. Информация о рабочих совещаниях и конференциях в ЛТФ регулярно обновляется в течение года. При этом обеспечена интерактивная регистрация участников.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

В 1997 году сотрудники лаборатории участвовали в организации 14 научных мероприятий, в том числе четырех крупных конференций, прошедших в Дубне: «Дейтрон-97» (2—5 июля), «Спин-97» (7—12 июля), «Методы симметрии в физике» (28 июля — 2 августа), «Структура ядра и связанные вопросы» (9—13 сентября).

С 26 августа по 5 сентября в ЛТФ проходила Международная школа «Сильнокоррелированные системы и критические явления». В работе школы участвовало более 40 молодых ученых из университетов и институтов ФРГ, Италии, Польши, России, Румынии, Тайваня, Украины, Японии, а также из ОИЯИ. Работа школы была организована по примеру университетского семестра, и лекции профессоров из ФРГ, Грузии, Италии, России, Тайваня, Украины и ОИЯИ чередовались семинарами, на которых с докладами выступали студенты. Подобные школы стали хорошей традицией для ЛТФ, а в последние годы в их организации участвует и Учебно-научный центр ОИЯИ. Особенностью школы минувшего года стало широкое представительство в ее работе ученых Тайваня (8 студентов и 2 профессора). Школа проводилась в рамках программы Гейзенберг — Ландау (ПГЛ), при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и немецкого фонда *WE — Heraeus — Stiftung*.

В 1996 году ЛТФ выступила с инициативой проведения в Дубне исследовательских рабочих совещаний (*Research Workshops*). Эта инициатива была поддержана дирекцией ОИЯИ, и в 1997 году

проект «*Research Workshops*» успешно стартовал. Было проведено 6 рабочих совещаний, в том числе: — «Теория нуклеации и ее применение» (Дубна, 7—18 апреля), участники: Болгария (2), Чехия (1), ФРГ (1), Россия (7), Украина (2), ОИЯИ (5); при финансовой поддержке ОИЯИ, ПГЛ.

— «Проблемы физики малочастичных систем» (Дубна, 8 июня — 6 июля), участники: Бельгия (1), ФРГ (3), Россия (7), США (1), ОИЯИ (14); при финансовой поддержке ОИЯИ, ПГЛ.

— «Деконфайнмент при конечных температурах и плотностях» (Дубна, 1—25 октября), участники: Армения (3), Бельгия (1), Бразилия (1), ФРГ (7), Польша (1), Россия (2), США (2), ОИЯИ (10); при финансовой поддержке ОИЯИ, ПГЛ, программы NSF — DFG, фонда Гумбольдта и фонда «Фольксваген».

Эффективность подобных мероприятий не вызывает сомнений, и многие участники высказали пожелание продолжить такие встречи в Дубне.

В 1997 году поддержку программы Гейзенберг — Ландау получили 35 совместных проектов и 9 совещаний, опубликовано более 70 работ с коллегами из научных центров ФРГ (см. [8, 16, 22, 25, 35, 36]). Ряд работ по квантовой теории поля, физике частиц и теории ядра выполнен совместно с учеными из Италии и Франции в рамках соглашений ОИЯИ — INFN, ОИЯИ — IN2P3. Продолжает действовать соглашение между ЛТФ и теоретическим отделом ЦЕРН.

3—5 апреля 1997 г. в ЛТФ проходили заседания третьей сессии Международного совета по тео-

ретической физике (МСТФ). В составленном по итогам сессии докладе совет отметил как положительный факт продолжающееся расширение международного сотрудничества лаборатории и особую роль в этом программы Гейзенберг — Ландау. Одобрены первые шаги дирекции по реализации программы исследовательских рабочих совещаний с небольшим числом участников, идея которых была высказана членами Совета на одной из предыдущих сессий. Совет отметил важную роль системы контрактов в улучшении возрастной структуры на-

учного персонала ЛТФ, подтвердив свое отрицательное отношение к многократному продлению контрактов. Была рассмотрена преподавательская деятельность сотрудников ЛТФ. Совет рекомендовал дирекции вести более активную политику в этом направлении, расширяя контакты с МГУ и университетами близлежащих городов. Высказаны также рекомендации по дальнейшему развитию вычислительного комплекса лаборатории.

Следующую сессию МСТФ намечено провести в начале октября 1998 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ivanov E., Sutulin A. — *Clas. Quan. Grav.*, 1997, v.14, p.843.
2. Ahn C., Ivanov E., and Sorin A. — *Commun. Math. Phys.*, 1997, v.18, p.205.
3. Leznov A.N. and Sorin A. — *Phys. Lett. B*, 1997, v.402, p.87.
4. Hadjiivanov L.K., Todorov I.T., Ogievetsky O.V., Isaev A.P., and Pyatov P.N. — *Preprints: JINR E2-97-370; CPT-97/P.3570; IC/97/201; направлено в Jour. Math. Phys.*
5. Radko O.V. and Vladimirov A.A. — *J. Math. Phys.* 1997, v.38, p.5434.
6. Cavaglà M., de Alfaro V., Filippov A.T. — *hep-th/9704164*.
7. Maghakian A., Sissakian A.N., Ter-Antonyan V.M. — *Phys. Lett. A*, 1997 (accepted).
8. Cella G., Heller U.M., Mitrjushkin V.K., and Vicere A. — *Phys. Rev. D*, 1997, v.56, p.3896.
9. Dorokhov A.E., Esaibegyan S.V., Kochelev N.I., and Stefanis N.G. — *J. Phys.*, 1997, v.G23, p.643.
10. Avdeev L.V., Kazakov D.I., and Kondrashuk I.N. — *hep-ph/9709397*.
11. Shirkov D.V. and Solovtsov I.L. — *Phys. Rev. Lett.*, 1997, v.79, p.1209.
12. Shirkov D.V. and Solovtsov I.L. — *hep-ph/9711251*.
13. Korchemsky G.P. — *Nucl. Phys. B*, 1997, v.498, p.68.
14. Teryaev O. and Tkablazde A. — *Phys. Rev. D*, 1997, v.56, p.7331.
15. Efremov A.V., Ivanshin Yu.I., Tkatchev L.G., and Zulkarneev R.Ya. — *JINR Rapid Comm.*, 1997, v.3[83], p.5.
16. Ivanov M.A., Lyubovitskij V.E., Körner J.G., Kroll P. — *Phys. Rev. D*, 1997, v.56, p.348.
17. Gerasimov S.B. — *Inv. talk at Int. Workshop «Progress in Heavy Quark Physics», Rostock, Germany, 20—22 Sep. 1997.*
18. Kuraev E.A. and Volkov M.K. — *to be published in Yad. Fiz.*
19. Arbuzov A.B., Kuraev E.A. et al. — *Nucl. Phys. B*, 1997, v.483, p.83.
20. Bilenky S.M., Giunti C., Grimus W. — *In: Proc. TAUP97, Sep. 7—11, 1997, IASSNS-AST 97/67; hep-ph/9711432.*
21. Titov A.I., Oh Y., and Yang S.N. — *Phys. Rev. Lett.*, 1997, v.79, p.1634.
22. Bondarenko S.G., Burov V.V., Beyer M., Dorkin S.M. — *Preprint MPG-VT-UR 118/97, Rostock, 1997.*
23. Kartavtsev O.I., Fedotov S.I., Monakhov D.E. — *Hyperfine Interactions*, 1997, v.109, p.125.
24. Rakityansky S.A., Sofianos S.A., Howell L.L., Braun M., Belyaev V.B. — *Nucl. Phys. A*, 1997, v.613, p.132.
25. Adamian G.G., Antonenko N.V., Jolos R.V., Scheid W. — *Nucl. Phys. A*, 1997, v.619, p.241.
26. Адамьян Г.Г., Антоненко Н.В., Волков В.В., Насиров А.К., Черепанов Е.А., Шайд В. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1997, т.6[86], стр.12.
27. Danilin B.V., Rogde T., Ershov S.N., ... and Zhukov M.V. — *Phys. Rev. C*, 1997, v.55, p.R577.
28. Soloviev V.G., Sushkov A.V., Shirikova N.Yu. — *Z. Phys. A*, 1997, v.358, p.117.
29. Giai N.V., Stoyanov Ch., Voronov V.V. — *Preprint IPNO/TH 97-33, Orsay, 1997.*
30. Вдовин А.И., Косов Д.С., Навроцка В. — *ТМФ*, 1997, т.111, стр.279.
31. Heiss W.D. and Nazmitdinov R.G. — *Phys. Rev. B*, 1997, v.55, p.16310.

31. Heiss W.D. and Nazmitdinov R.G. — *Phys. Rev. B*, 1997, v.55, p.16310.
32. Afanasiev G.N., Eliseev S.M., Stepanovski Yu.P. — *JINR Rapid Commun.*, 1997, v.1[81], p.13.
33. Kochetov E.A., Yarunin B.S. — *Phys. Rev. B*, 1997, v.56, p.2703.
34. Москаленко В.А. — *ТМФ.*, 1997, т.111, стр.439.
35. Plakida N.M., Oudovenko V.S., Horsch P., Liechtenstein A. — *Physica C*, 1997, v.282—287, p.1739.
36. Golden M.S., Schmetz H.C., Knupfer M., Huffner S., Krabbes G., Fink J., Yushnkhai V.Yu., et al. — *Phys. Rev. Lett.*, 1997, v.78, p.4107.
37. Sergeenkov S.A. — *Phys. Lett. A*, 1997, v.225, p.167.
38. Sergeenkov S.A. — *J. Phys. I (France)*, 1997, v.7, p.1175.
39. Ktitarev D.V., Priezhev V.B. — *J. Stat. Phys.*, 1997, v.88, p.781.
40. Shcherbakov R.R., Papoyan V.I., Povolotsky A.M. — *Phys. Rev. E*, 1997, v.55, p.3686.
41. Yukalov V.I. and Gluzman S. — *Phys. Rev. Lett.*, 1997, v.79, p.333.
42. Fedyanin V.K., Puzynin I.V., and Kholmurov Kh.T. — *J. Phys. Chem.*, 1997, v.4, p.698; 1997, v.4, p.702; *Fluid Phase Equilibria*, 1997, v.3365, p.19.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Основу научной программы Лаборатории высоких энергий в настоящее время составляют исследования взаимодействий релятивистских ядер в области энергий от нескольких сотен МэВ до нескольких ТэВ на нуклон. Эксперименты нацелены на поиск и изучение кварк-глюонных степеней свободы в ядрах и спиновых эффектов на пучках

РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В 1997 году в Лаборатории высоких энергий успешно шло совершенствование работы с пучком нуклотрона. Проведено два сеанса. Для экспериментов на внутренней мишени достигнут высокий уровень светимости. Получен режим циркуляции пучка дейтронов в течение 5 секунд.

С целью получения поляризованного пучка на нуклотроне в режиме короткой однооборотной инжекции ($t = 8$ мкс) велись работы по созданию нового эффективного плазменного ионизатора для источника ПОЛЯРИС. В ионизаторе используется зарядово-обменная реакция $\bar{D}^{+0} + H^+ = \bar{D}^+ + H^0$. На стендовом ионизаторе получен ток поляризованного пучка дейтронов $\sim 0,5$ мА.

Выполнены эксперименты на импульсной поляризованной мишени по получению нейтрального поляризованного пучка атомов водорода и дейтерия. В ряде экспериментов наблюдалась интенсивность пучка $5 \cdot 10^{16}$ атомов/с. Велись проектные работы по размещению струйной поляризованной мишени в помещении кольца нуклотрона. Рассматривались различные варианты геометрии спектрометрических установок с целью их оптимизации для решения физических задач.

ускорительного комплекса синхрофазотрон — нуклотрон, а также на ускорителях в ЦЕРН (SPS, LHC), в брукгейвенской национальной лаборатории (RHIC) и на накопительном кольце CELSIUS (Уппсала, Швеция). ЛВЭ принимает участие в подготовке эксперимента HADES в GSI (Дармштадт).

Нуклотрон. Эксперименты на внутренней мишени.

На внутреннем пучке дейтронов (энергия 2 ТэВ на нуклон) получены первые результаты изучения корреляций протонов в реакции $d + A \rightarrow p + p + X$ под углом 109° . Сделана предварительная оценка размеров области испускания вторичных протонов. В конце 1997 года проведен дополнительный сеанс для увеличения статистики.

Группой спектрометра ДЕЛЬТА осуществлены измерения на внутренней мишени нуклотрона для изучения образования π - и K -мезонов в дейтрон-ядерных соударениях при энергии налетающего дейтрона 1,2 и 2,1 ТэВ/нуклон. Экспериментальная установка состоит из сцинтилляционного спектрометра для многократного измерения потерь энергии. Во время измерений производится набор двумерных спектров для идентификации π -, K -мезонов и протонов. Скорость набора составляла порядка $\sim 10^3$ событий за цикл ускорителя при интенсивности пучка дейтронов $\sim 5 \cdot 10^9$ частиц. Время взаимодействия пучка с мишенью ~ 2 с. Получены новые экспериментальные данные по образованию K -мезонов и протонов в (d - C)-взаимодействиях при энергиях пучка дейтронов 1,2 и 2,1 ТэВ/нуклон. Из-

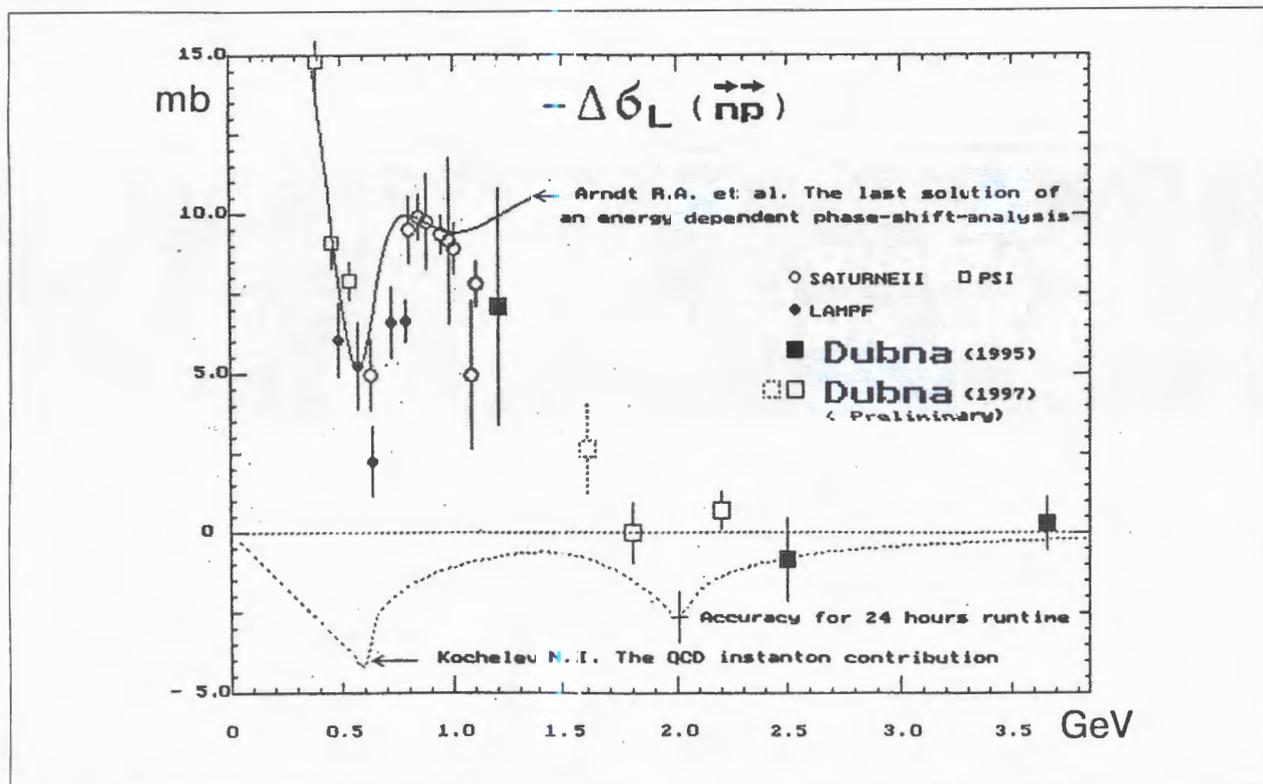


Рис.1. Новые данные по $\Delta\sigma_L(n, p)$, полученные на пучке поляризованных нейтронов

мерения проводились при лабораторных углах вылета частиц из мишени 73° и 103° .

В апреле и декабре 1997 г. на внутренних пучках нуклотрона осуществлены эксперименты по изучению рождения нейтральных π - и η -мезонов во взаимодействиях протонов и дейтронов с ядрами углерода при импульсе 2,0 ГэВ/с на нуклон. Ведется обработка экспериментальных данных. В рамках развития методики эксперимента в июле 1997 г. на пучке дейтронов синхрофазотрона проведены методические измерения с целью изучения условий работы электромагнитного калориметра на пучке: с высокой интенсивностью ($\geq 10^9$ част./цикл). Измерения проводились на жидководородной мишени толщиной 10 см с использованием двух модулей электромагнитного калориметра в сочетании со сцинтилляционными счетчиками.

Синхрофазотрон. Продолжительность работы синхрофазотрона в 1997 году составила 352 часа. Основным условием его работы является привлечение средств заинтересованных пользователей. Несмотря на непрерывное удорожание энергоресурсов, число пользователей синхрофазотрона растет. Это прежде всего — потребители пучков поляризованных дейтронов. К традиционным пучкам легких релятивистских ядер интерес пользователей по-прежнему очень высок.

ДЕЛЬТА — СИГМА. В июле 1997 года успешно проведен сеанс по набору статистики в измерениях энергозависимости разности полных np -сечений для продольно-поляризованных нейтронного пучка и протонной мишени при энергиях пучка нейтронов 1,6; 1,8 и 2,2 ГэВ. Накопленная статистика обеспечивает точность результатов лучше 1 мб при 1,8 и 2,2 ГэВ (см. рис.1). Ведется обработка и анализ накопленных данных. Предварительные результаты (представленные на международном симпозиуме в Праге) указывают на небольшой вклад вблизи 2 ГэВ в измеряемую разность полных сечений механизмов, отличных от инстантонного, для которого предсказывается минимум около 3 мб.

В рамках коллаборации **СФЕРА** выполнены измерения тензорной анализирующей способности T_{20} (см. рис.2а) в реакции фрагментации тензорно-поляризованных дейтронов в кумулятивные пионы $\vec{d} + A \rightarrow \pi^-(0^\circ) + X$ и анализирующей способности A_{yy} (см. рис.2б) в реакции $\vec{d} + A \rightarrow p(4,5^\circ) + X$. Исследования такого типа осуществлены впервые. Они дали неожиданные результаты. Импульсная зависимость T_{20} и A_{yy} демонстрирует очень сильное расхождение с предсказаниями нуклонных моделей дейтрона, основанных на импульсном приближении. Поскольку механизм обеих реакций связан со структурой дейтронного ядра, полученные резуль-

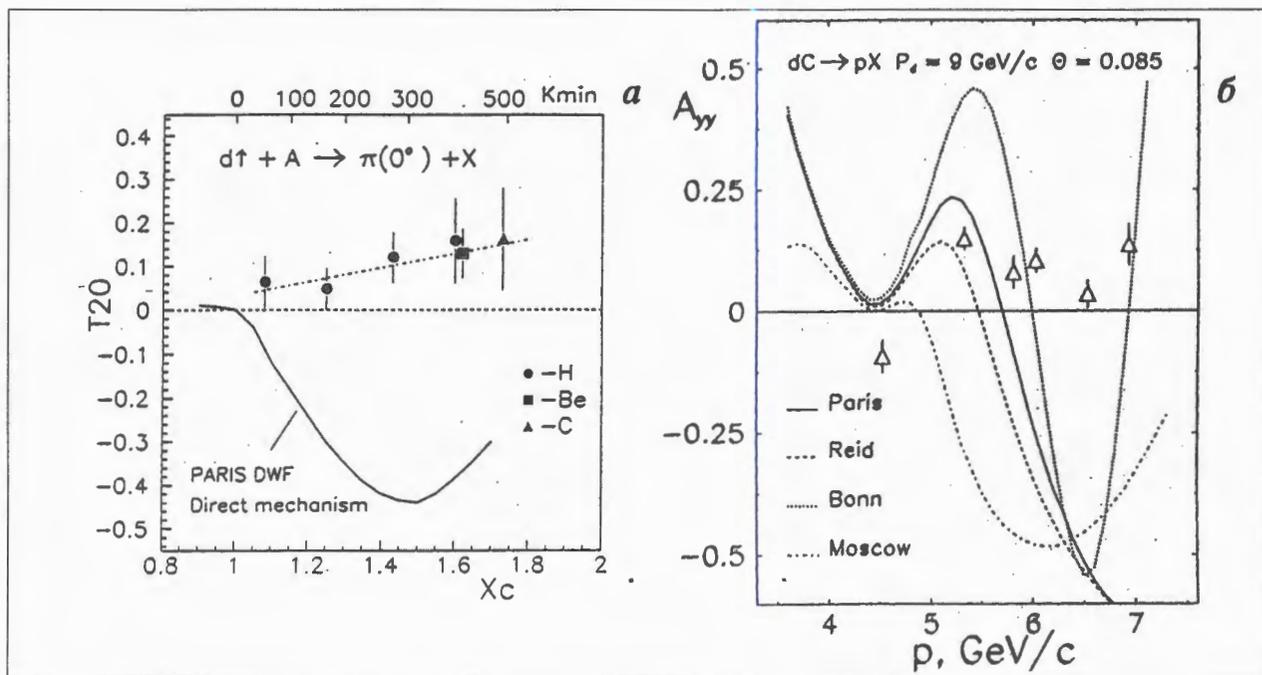


Рис.2. а) Тензорная анализирующая способность T_{20} , б) анализирующая способность A_{yy}

таты показывают, что для описания структуры ядер на малых расстояниях (< 1 фм) должны быть использованы другие модельные подходы, учитывающие внутреннюю структуру нуклонов, т.е. вводящие в рассмотрение кварковые степени свободы в ядрах. Получены первые поляризационные данные по рождению кумулятивных каонов; в этих измерениях были использованы аэрогелльные черенковские счетчики, поставленные японскими коллабораторами из Университета Нагоя. Апробирован новый метод мониторинга тензорной поляризации дейтронных пучков высокой энергии, основанный на реакции стриппинга дейтронов.

Установка ДЕЛЬТА (ЛВЭ ОИЯИ — ИЯИ, Москва). Для изучения образования η -мезонов при нуклон-нуклонных взаимодействиях вблизи кинематического порога реакции проведен первый сеанс на синхрофазотроне ЛВЭ. При калибровочных измерениях использовался пучок поляризованных нейтронов с интенсивностью до $2 \cdot 10^6$ частиц за цикл и мишень поляризованных протонов. За мишенью по ходу пучка были установлены одно плечо 150-канального черенковского калориметра на основе свинцового стекла и дополнительный черенковский детектор для организации запуска по совпадениям двух γ -квантов, вылетающих из мишени. Энергия налетающих нейтронов равнялась 1,6; 1,8 и 2,2 ГэВ. Проводились регистрация и измерение энергии, как парных, так и одиночных γ -квантов, вылетающих из мишени. Статистика за 20 часов пучкового времени составила ~ 1 млн событий.

После обработки результатов измерений получена энергетическая шкала для 150 каналов γ -спектрометра. Разрешение по инвариантной массе распадающегося π^0 -мезона для случая парных $\gamma\gamma$ -событий составило $\sim 10\%$.

Эксперимент по изучению анализирующей способности рассеяния поляризованных протонов на ядрах углерода идет в последние годы на синхрофазотроне ЛВЭ на экспериментальной установке «Сцинтилляционный магнитный спектрометр МГУ». В 1997 году завершена обработка экспериментальных данных, касающихся измерения анализирующей способности квазиупругого рассеяния [1,2]. Анализирующая способность квазиупругого канала вычислялась как асимметрия под пиком в кинематической области упругого pN -рассеяния за вычетом событий, в которых были зарегистрированы вторичные пионы. Полученные данные сравнивались с мировыми относительно рассеяния на свободных нуклонах, и вычислялось отношение анализирующей способности рассеяния протонов на внутриядерных и свободных нуклонах $R = A_{qe}/A_{pN}$. Одновременно были проанализированы данные других экспериментов по протон-углеродному рассеянию (ИТЭФ, ЛИЯФ, КЕК), и из этих данных также был определен параметр R . Окончательная картина представлена на рис.3.

В опубликованной в 1997 году работе [3] подведен итог первых экспериментов по измерению векторной анализирующей способности в реакциях инклюзивного рождения пионов в столкновениях

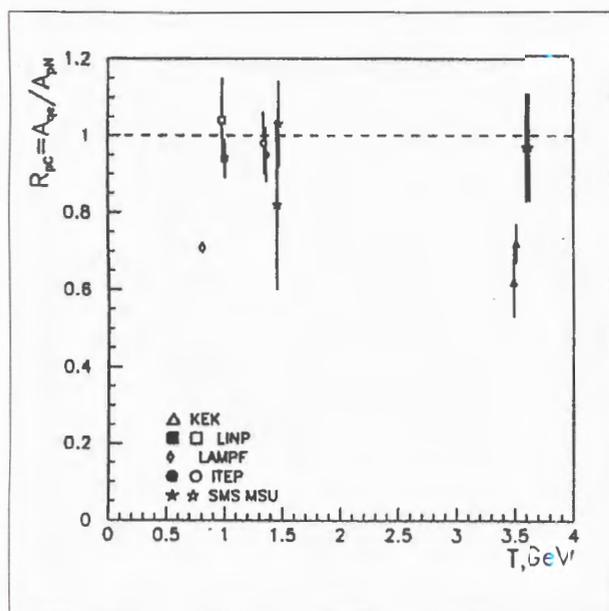


Рис.3. Сравнение данных различных экспериментов для $R = A_{qe} / A_{pN}$. Светлые и темные значки соответствуют двум методам выделения квазиупругого канала взаимодействия

поляризованных дейтронов с разными (H- и C-) мишенями, под углом около $\theta_{\pi} \cong 90^\circ$ в лабораторной системе, при импульсах пучка от 3 до 9 ГэВ/с. В этих экспериментах наблюдаются большая величина векторной анализирующей способности и разный знак асимметрий для π^+ - и π^- -мезонов в реакциях $d\uparrow + N \rightarrow \pi^\pm + X$ при относительно небольших импульсах пучка и для пионов с импульсом 300+350 МэВ/с. Для реакций $d\uparrow + C \rightarrow \pi^\pm + X$ получено указание на ненулевую величину векторной анализирующей способности. Результаты монтекарловского моделирования указывают на доминирование каналов с рождением промежуточных Δ -изобар в кинематической области, где наблюдается большая величина векторной анализирующей способности. Проведена существенная модернизация установки ДИСК, целью подготовки к экспериментам на выведенном пучке нуклотрона. В состав установки включены высокоэффективные безмагнитные спектрометры на базе органических и NaJ(Tl)-сцинтилляторов большого объема. Разработана и изготовлена система триггера на основе детектора множественности. Организация различных триггеров и возможность регистрации нейтральной компоненты (нейтронов и жестких γ -квантов) обеспечивает более полную информацию о динамике ядерных столкновений.

Продолжая исследования структуры дейтрона при малых расстояниях между его нуклонными конститuentами, коллаборация АЛЬФА завершила

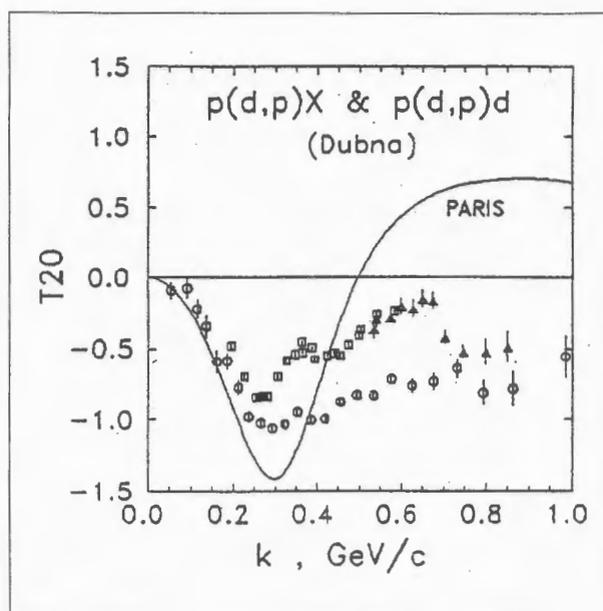


Рис.4. Данные о T_{20} для $N(d, p)X$ при 9 ГэВ/с (светлые кружки) в сравнении с данными о T_{20} для упругого рассеяния $dp \rightarrow pd$ из работ [4] (черные треугольники) и Punjabi V. et al. — Phys. Lett., 1995, v.B350, p.178 (светлые квадраты). Предсказание ИП о том, что анализирующие способности обеих реакций подобны, не подтверждается этими данными. Кривая показывает предсказанное в ИП поведение T_{20} . Рисунок взят из работы Azhgirey L.S. et al. — Phys. Lett., 1996, v.B387, p.37.

анализ данных, полученных в Дубне (на синхротроне), о тензорной анализирующей способности T_{20} реакций развала дейтрона протонами, его неупругого (d, d')-рассеяния и упругого дейтрон-протонного рассеяния назад (в системе центра масс). Инклюзивный развал дейтрона, $p(d, p)X$, с испусканием протона «вперед» под 0° , является одним из тех процессов, которые позволяют исследовать высокоимпульсную часть волновой функции дейтрона; долгое время считалось, что упругое рассеяние «назад» тоже дает такую информацию. В простейшей теоретической картине считается, что рассматривать дейтрон как двухнуклонную систему даже на малых расстояниях между ними вполне допустимо и что доминируют простейшие механизмы рассматриваемых реакций, а именно — квазиимпульсное приближение и однонуклонный обмен, соответственно. Эта схема предсказывает, что обе реакции должны иметь очень похожее (или идентичное) поведение тензорной анализирующей способности. Теперь эта величина измерена для обеих реакций в области импульсов нуклонов в дейтроне k почти вплоть до 1 ГэВ/с, что соответствует расстояниям $\sim 0,2+0,3$ фм. Это стало возможным благодаря уникальному пучку поляризованных дейтронов наивысшей сегодня в мире энергии, ускоренных в синхро-

фазотроне. Данные, опубликованные в 1997 году, показаны на рис.4. Наблюдается существенная разница в поведении T_{20} для исследуемых реакций; это различие несовместимо с традиционным предположением о том, что простейшая двухнуклонная картина дейтрона справедлива даже для малых расстояний. Впервые в мире получены также данные по T_{20} в двухчастичном эксклюзивном развале дейтрона в непосредственной близости к кинематическому пределу; эти данные неожиданного (для простейших схем) характера и нуждаются в интерпретации.

Исследование и разработка кристаллооптических систем управления пучками заряженных частиц. В рамках сотрудничества с ЦЕРН («CERN — SPS crystal extraction collaboration») группа сотрудников лаборатории принимала участие в первых экспериментах по отклонению и выводу пучка ядер свинца с импульсом 33 ТэВ/с из ускорителя CERN — SPS с помощью изогнутого кристалла кремния. С помощью моделирования исследовано отклонение изогнутым кристаллом кремния ультрарелятивистских

ядер свинца с импульсом 33 ТэВ/с. Показано, что благодаря экранировке близких столкновений с атомами кристалла и тяжелые ядра с высоким сечением неупругих ядерных и электромагнитных взаимодействий в состояниях каналирования проходят значительные длины и успешно отклоняются кристаллом. Отклоненная кристаллом фракция приблизительно та же, что и для протонов при одинаковой величине импульса на единицу заряда p_z . Предсказанные величины эффективности отклонения совпали с результатами проведенного на SPS эксперимента с точностью не хуже 15%. В численном эксперименте исследован вклад перезахвата частиц в режим каналирования на наблюдаемую величину длины деканалирования для прямого и изогнутого кристалла. Показано, что в изогнутом кристалле из-за малой вероятности перезахвата как для протонов, так и для ядер инвариантность длин деканалирования от p_z действительно имеет место. В прямом кристалле она нарушается из-за различного вклада перезахвата в режим каналирования для протонов и тяжелых ионов [5—9].

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1997 году проводился анализ экспериментального материала, полученного в 1996 г. и облучение свинцовых и урановых мишеней в пучках протонов синхрофазотрона ЛВЭ с энергиями 1,5 и 7,4 ГэВ. Эти работы позволили получить энергетическую зависимость выхода нейтронов. Измерения проведены на мишенях Cu, Pb и U в пучках p , d , He и C. Сравнение данных, полученных в разных условиях и по разной методике, позволяет установить независимость особенностей исследуемых реакций от типа используемых детекторов, что

являлось одной из главных проблем анализа результатов.

Программа исследований по проекту «ЭНЕРГИЯ» в основном завершена. Проведены эксперименты по измерению энергетической зависимости нейтронного выхода под действием протонов, показавшие, что его максимум находится в диапазоне 1+2 ГэВ. Полученные данные имеют большое значение для проектировки электроядерных установок различного назначения.

ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВНЕШНИХ ПУЧКАХ

В процессе участия физиков ЛВЭ в разработке программы экспериментов с тяжелыми ионами коллаборации CMS на LHC выполнено моделирование ядро-ядерных соударений с помощью генератора HIJING. Показано, что при столкновении тяжелых ядер в распределениях полной поперечной энергии наблюдается подъем в центральной области по псевдобыстроте, обусловленный эффектом гашения партонных струй в плотной ядерной среде. Наиболее адекватными для изучения этого явления являются установки, работающие на пучках тяже-

лых ультрарелятивистских ядер и обладающие достаточно широким аксептансом: $-5 < \eta < 5$. На основании моделирования столкновений тяжелых ионов при ультрарелятивистских энергиях, выполненного с помощью генератора HIJING, предложена схема мониторинга интенсивности ядро-ядерных столкновений. Для мониторинга интенсивности предлагается использовать временные совпадения сигнала от двух плеч калориметра с аксептансом $3 < |\eta| < 5$ (малые углы) и временным разрешением порядка 1 нс. Исследована эффектив-

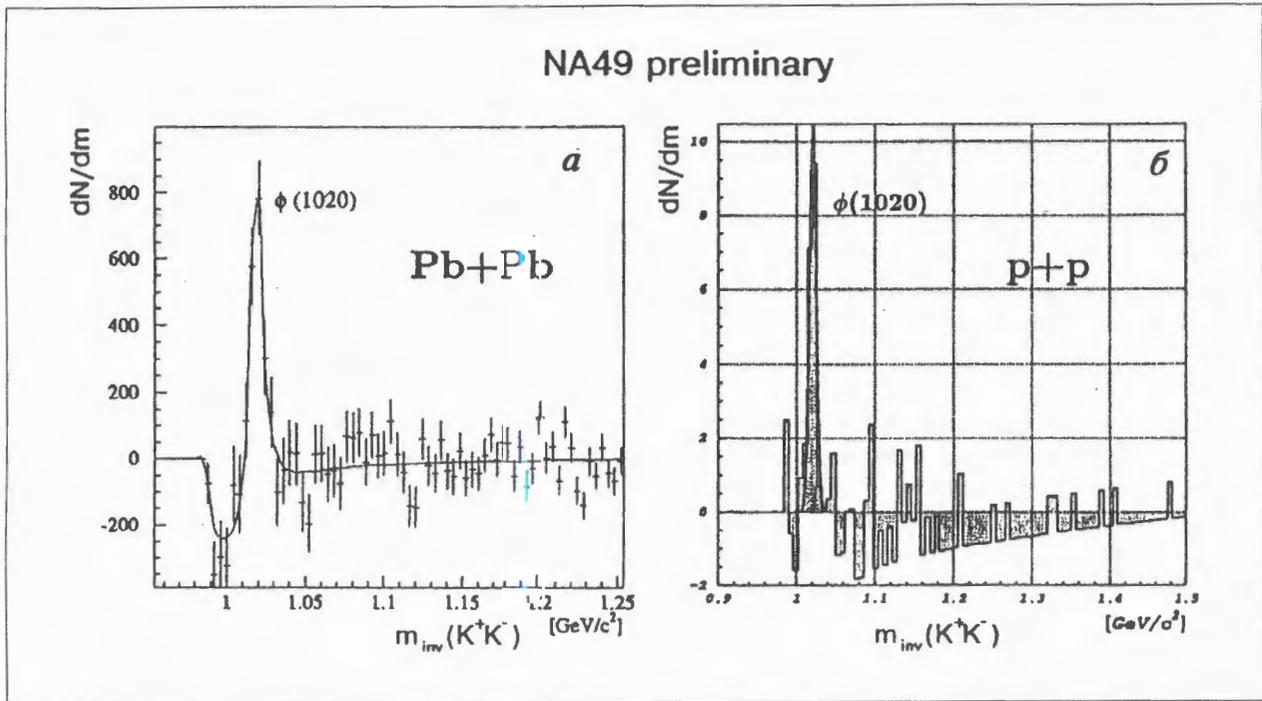


Рис.5. Спектр инвариантных масс K^+K^- -мезонов, идентифицированных по времени пролета, после вычитания фона: а) для центральных столкновений Pb + Pb и б) для $(p + p)$ -столкновений при энергии снаряда 158 ГэВ/нуклон (пока обработано 20% набранной статистики). Ширина пика FWHM — 9 МэВ/с² — обусловлена импульсным разрешением детектора

ность предложенной схемы для случаев столкновения ядер разных типов PbPb, NbNb, CaCa, OО, pPb, pCa, pp при энергии 5 ТэВ/нуклон в системе центра масс. Показано, что при столкновении ядер эффективность отбора остается стабильной (~98%) в диапазоне пороговой энергии до 100 ГэВ. В случае pp-взаимодействий эффективность быстро падает с 93 до 80 %.

Эксперимент NA-49 — адронный спектрометр с большим акцептансом, который используется для изучения ядро-ядерных ($A + A$)-, протон-ядерных ($p + A$)- и протон-протонных ($p + p$)-столкновений на ускорителе SPS в ЦЕРН. Конечная цель эксперимента — поиск состояния материи со свободными кварками и глюонами. Среди различных признаков такого состояния, являясь носителем «скрытой» странности, ϕ -мезон представляет большой интерес при изучении взаимодействий тяжелых ионов, в особенности, когда проводится сравнение с данными в протон-протонных взаимодействиях. На рис.5а и б показаны соответственно спектры инвариантных масс K^+K^- -пар для центральных (Pb + Pb)- и $(p + p)$ -взаимодействий при энергии снаряда, равной 158 ГэВ/нуклон. Несмотря на то, что при анализе использована малая часть набранной статистики, виден четкий ϕ -резонансный пик, что свидетельствует о перспективности дальнейших исследований [10—14].

WASA/PROMICE. В последние годы значительно возрос интерес к η -мезонной физике. В экспериментах WASA/PROMICE по исследованию порогового рождения π^0 - и η -мезонов в pp -взаимодействиях [15] наглядно показана роль сильного ηp -взаимодействия в конечном состоянии. Развивая эти исследования, WASA/PROMICE впервые проводит эксклюзивные измерения квазисвободной реакции $p + n \rightarrow d + \eta$, используя дейтериевую струйную мишень и 1350 МэВ протоны [16]. Ферми-импульс нейтрона мишени был найден из реконструкции кинематики события, и таким образом была получена энергетическая зависимость сечения реакции. В этой работе, по данным в диапазоне избыточной энергии (Q_{CM}) в системе центра масс от 16 до 113 МэВ, впервые ясно показан вклад резонанса $N^*(1535) S_{11}$ в сечение рождения η -мезонов в нуклон-нуклонных столкновениях. Для того чтобы исследовать область очень малых избыточных энергий Q_{CM} , группа из Дубны предложила модифицировать установку WASA/PROMICE и использовать магнитную оптику CELSIUS в качестве магнитного спектрометра. Дейтроны, рассеянные под углом менее 1° с магнитной жесткостью ниже 0,9 по отношению к импульсу первичного пучка, регистрировались телескопом мечения в районе третьего диполя CELSIUS. Так были выполнены

эсклюзивные измерения квазисвободной реакции $p + n \rightarrow d + \eta$ в области избыточной энергии Q_{CM} от 0 до 10 МэВ с использованием 1295 МэВ протонов и D2-мишени [17]. Поведение сечения реакции $p + n \rightarrow d + \eta$ при приближении к порогу заметно отличается от поведения, обусловленного изменением фазового объема, что типично для сильного взаимодействия в конечном состоянии и может быть вызвано ηNN -резонансом или квазисвязанной системой.

В рамках европейской коллаборации **HADES** в ЛВЭ создан и успешно испытан на пучке полномасштабный прототип дрейфовой камеры. Достигнуто высокое пространственное разрешение. Совместно с ЛНФ для спектрометра SPN-2 разработан и введен в строй новый позиционно-чувствительный детектор тепловых нейтронов. На 7-й школе ИКФА по аппаратуре в физике частиц (Лион) успешно проведен цикл лабораторных работ по координатным детекторам.

Совместный ОИЯИ — ЦЕРН эксперимент **CERES/NA45**, целью которого является экспериментальная проверка гипотезы о возможном восстановлении киральной симметрии в ядерной материи при плотностях и температурах, достижимых в лабораторных условиях только в столкновениях релятивистских ядер. В качестве метода исследования выбрано изучение рождения электрон-позитронных пар в интервале эффективных масс 100+2000 МэВ/c² (область континуума и векторных мезонов), несущих уникальную и неискаженную сильным взаимодействием информацию о самой ранней стадии эволюции экстремально возбужденной ядерной материи. Ранее в эксперименте CERES/NA45 было обнаружено первое экспериментальное указание на проявление фазового перехода и возможное восстановление киральной симметрии — усиление выхода e^+e^- -пар в (S-Au)- и (Pb-Au)-взаимодействиях. В 1997 году начата кардинальная модернизация спек-

трометра CERES/NA45 с целью достижения рекордного разрешения по эффективной массе в области ρ/ω -пика ~1% сравнимого с собственной шириной ω -мезона 8,4 ГэВ/c². Для решения этой задачи в состав установки будет включена новая магнитная система и время-проекционная камера большого объема. Проектирование и изготовление магнитной системы осуществлено в ОИЯИ.

Подготовка к эксперименту **STAR на RHIC**. В рамках соответствующей темы проведена работа по моделированию спиновых эффектов в процессах с рождением прямых фотонов и струй для экспериментов на RHIC. Предложен новый метод построения спин-зависимых партонных распределений на основе анализа спинзависимых структурных функций протона, дейтрона и нейтрона для процесса глубоконеупругого рассеяния. Получены указания на положительный знак глюонной функции распределения ΔG . Исследована зависимость асимметрии рождения струи от поперечной энергии и показана возможность прямого измерения спин-зависимой глюонной функции распределения в экспериментах с поляризованными протонами. Создан и испытан с использованием радиоактивного источника полномасштабный (40×120 см²) прототип газового детектора максимума ливня с 32 каналами электроники считывания аналоговых сигналов с катодной плоскости. Завершено проектирование и начато изготовление в Опытном производстве ОИЯИ первого из 12 модулей детектора максимума ливня торцового электромагнитного калориметра установки STAR.

Выполнено моделирование рождения и детектирования K^+K^- -пар в эксперименте **ALICE** для (Pb-Pb)-взаимодействий при энергии LHC. Продемонстрирована возможность выделения сигнала Φ -мезона над комбинаторным фоном с использованием реалистичных PID-эффективностей в эксперименте ALICE [18].

ЛИТЕРАТУРА

1. Anoshina E.V. et al. — *Physics of Atomic Nuclei*, 1997, v.60, No.2, p.224.
2. Anoshina E.V. et al. — In: *Proc. of the XIIIth Int. Seminar on High Energy Physics Problems*, v.2. JINR, Dubna, 1997, p.184
3. Аверичев Г.С. и др. - *ЯФ*, 1997, т.6 № 10, с.1799.
4. Ажгурей Л.С. и др. — ОИЯИ, P1-97-174, Дубна, 1997; *Phys. Lett.*, 1997, v.B391, p.22.
5. Biino C. et al. — *First Observation of the Deflection of a 33 TeV Pb Ion Beam in a Bent Silicon Crystal*. In: *Proc. Part.Acc.Conf., Vancouver, 1997*.
6. Taratin A.M. — *Dechanneling of Relativistic Protons and Nuclei in Straight and Bent Crystals: Rechanneling Role*. 3rd International Symposium «Radiation of Relativistic Electrons in Periodical Structures», *Book of abstracts, Tomsk, Polytechn. Univ.*, 1997.

7. Arduini G. et al. — *Phys. Rev. Letters*, 1997, v.79, No. 21, p.4182.
8. Carrigan R.A. et al. — *First Observation of Luminosity-Driven Channeling Extraction*. Submitted to *Phys. Rev. Letters*, 1997.
9. Taratin A.M. — *JINR Preprint E1-97-320, Dubna*, 1997.
10. Friese V., Afanasiev S.V., Alber T. et al. — ϕ -Production in 158 GeV/c Pb+Pb Collisions. Submitted to *J. Physics G*, 1997.
11. Afanasiev S.V., Alber T., Appelshauser H. et al. — *The NA49 Large Acceptance Hadron Detector for an Investigation of Pb-induced Reactions at the CERN SPS*. Submitted to *Nucl. Instr. and Meth.*, 1997.
12. Odyniec G., Afanasiev S.V., Alber T. et al. — *Cascade $\Xi(\Omega)$ Production in Pb+Pb Collisions at 158 GeV/c*. Submitted to *J. Physics G*, 1997.
13. Borman C., Afanasiev S.V., Alber T. et al. — *Kaon-, Λ - and $\bar{\Lambda}$ -Production in Pb+Pb Collisions at 158 GeV per Nucleon*. Submitted to *J. Physics G*, 1997.
14. Yate T., Afanasiev S.V., Alber T. et al. — *Λ - and $\bar{\Lambda}$ -Reconstruction in Central Pb+Pb Collisions Using a Time Projection Chamber*. Submitted to *J. Physics G*, 1997.
15. Calen H. et al. — *Phys. Lett.*, 1995, v.B356, p.8, 1996, v.B366, p.39.
16. Calen H. et al. — *Phys. Rev. Lett.*, 1997, v.79, p.2642.
17. Calen H. et al. — *TSL/ISV-97-0181*, 1997.
18. Батюня Б.В. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1997, № 5[85]-97, с.61.

ЛАБОРАТОРИЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1997 году деятельность ЛСВЭ была сосредоточена на следующих основных направлениях:

— текущие эксперименты в области физики частиц и подготовка новых экспериментов;

— разработка, создание и исследование детекторов частиц;

— разработка, создание и исследование различных ускорительных систем, развитие теории ускорителей.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ПУЧКАХ ИФВЭ (ПРОТВИНО)

В рамках проекта OSCAR на ускорителе У-70 (Протвино) продолжают работы по изучению адронного рождения и свойств очарованных частиц на спектрометре ЭКСЧАРМ. В ходе сеанса экспозиции установки записано более 130 млн первичных взаимодействий нейтронов с ядрами углерода и меди. Проведена первичная обработка всех зарегистрированных в сеансе событий. На полном статистическом материале проводятся исследования гиперонов и антигиперонов, а также характеристик и моделей образования очарованных частиц с целью определения сечения их рождения. Получе-

ны предварительные результаты наблюдения дробного рождения ϕ -мезонов [1]. Проведены детальные магнитные измерения поля спектрометра установки ЭКСЧАРМ [2]. Продолжается изучение систематических погрешностей эксперимента.

По программе эксперимента по поиску прямого CP-нарушения в распадах $K \rightarrow 3\pi$ на комплексе меченых нейтрино (КМН) проведен сеанс облучения. Ведется обработка набранной статистики по распаду $K^+ \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^+$.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ЦЕРН

Завершен эксперимент NA-47 (SMC). Обработана экспериментальная информация о событиях, зарегистрированных в 1996 году на поляризованной протонной мишени в кинематической области $0,0008 < x < 0,7$ и $0,2 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 100 \text{ ГэВ}^2$ [3]. Статистическая погрешность значений измеряемой асимметрии $A_1^p(x)$ суммарных данных SMC снижена в результате в два раза (см. рис. 1). Проведен анализ данных с целью определения спин-зависимой

структурной функции протона $g_1^p(x)$ (см. рис. 2) и проверки правила сумм Бьеркена. С привлечением результатов, полученных на поляризованных дейтронах, определена разность моментов структурных функций $g_1^{p,n}$:

$$\begin{aligned} \Gamma_1^p - \Gamma_1^n &= \frac{1}{6} \left| \frac{g_A}{g_V} \right| C_1^{NS} = \\ &= 0,195 \pm 0,029 \quad (Q_0^2 = 10 \text{ ГэВ}^2). \end{aligned}$$

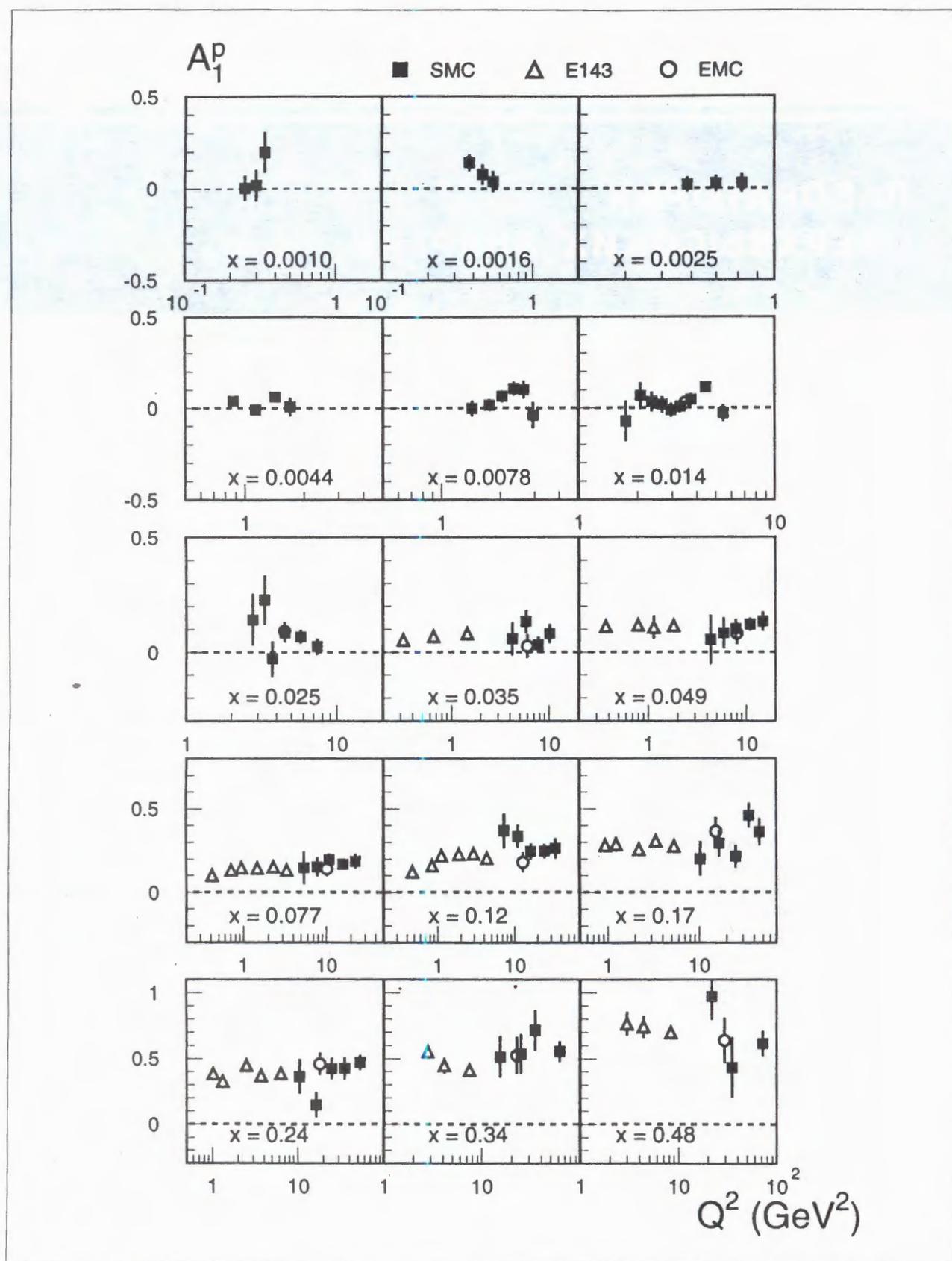


Рис.1. Зависимость асимметрии A_1^P от Q^2 для различных бинов по x . Результаты CMS объединяют данные, полученные в сеансах 1993 и 1996 гг.

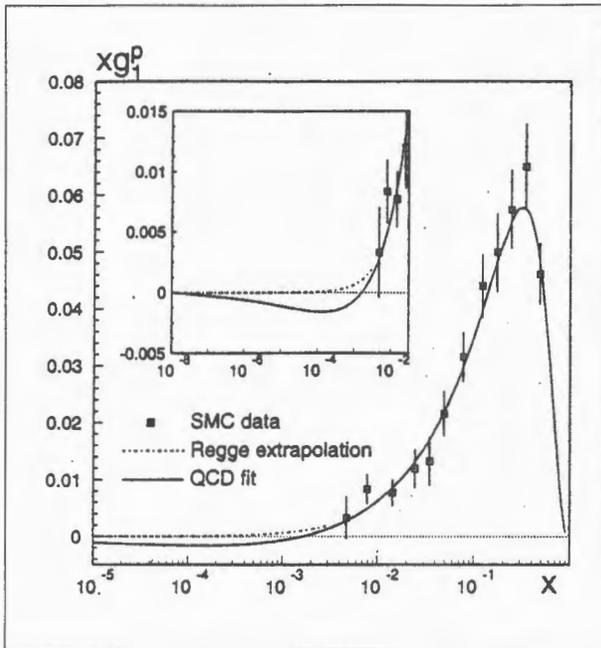


Рис.2. Спин-зависимая структурная функция xg_1^p как функция от x . Сплошные линии показывают результат фитирования данных CMS в рамках КХД при $Q^2 = 10 \text{ ГэВ}^2$. Штрихпунктирная линия показывает экстраполяцию данных в область $x < 0,003$ в предположении реджевского поведения

Тем самым показано, что правило сумм Бьеркена справедливо в пределах одного стандартного отклонения. Завершен новый анализ данных по измерению поляризации P_μ первичных мюонов методом регистрации их распада. Удалось снизить систематическую неопределенность в величине P_μ с 5 до 2%. В модели КХД выполнен анализ результатов SMC по измерению $g_1^p(x)$ совместно со всеми опубликованными ранее данными и получена оценка вклада глюонов Δg в спин-зависимую структурную функцию нуклона при $Q^2 = 1,0 \text{ ГэВ}^2$:

$$\Delta g = 0,9 \pm 0,3 \text{ (эксп.)} \pm 1,0 \text{ (теор.)}$$

Завершено создание детектора NA-48, и начат эксперимент по измерению параметра прямого CP-нарушения ϵ'/ϵ в распадах нейтральных каонов $K^0 \rightarrow 2\pi$. ОИЯИ полностью выполнены обязательства по подготовке эксперимента. В 1997 году проведен первый сеанс. Специалистами ЛСВЭ реализован быстрый алгоритм декодировки данных с жидкокриптонового калориметра (ЖКК), исследованы температурные зависимости его средних пьедесталов и шумов. Проверены точности калибровки ЖКК, и оценена возможность проведения его абсолютной калибровки на основе определения координат антисчетчика K_S . Кроме того, оценено число

зарегистрированных за сброс ускорителя K_L - и K_S -мезонов, распадающихся на два нейтральных пиона. Разработаны программы мониторингирования работы дрейфовых камер и заряженного триггера второго уровня.

В ходе работ по оценке систематических погрешностей в эксперименте NA-48 обнаружена асимметрия попадания продуктов распада K_L - и K_S -мезонов в ЖКК. Разработан пакет программ моделирования процедуры получения параметра прямого CP-нарушения для быстрой оценки влияния возможных систематических ошибок. Модернизированы используемые программы моделирования эксперимента, а также разработана программа выделения сигналов в заряженных и нейтральных модах распада нейтральных каонов. На основе анализа экспериментальной информации, зарегистрированной в 1996 году, показана возможность определения тензорного формфактора в распадах K_{e3} , а также измерена величина параметра наклона векторного формфактора λ_+ , которая в пределах ошибок согласуется с табличным значением. Проведен анализ распадов $K_L \rightarrow \mu\mu$.

В рамках подготовки эксперимента ATLAS и в соответствии с обязательствами ОИЯИ изготовлены медные поглотители и осуществлена сборка полномасштабного модуля торцового жидкоаргонового адронного калориметра. Испытания механических и электрических свойств в тепле позволяют ожидать качественной работы созданного прибора в жидкоаргоновом криостате на тестовом пучке ЦЕРН. Проведен анализ экспериментальных данных, полученных для прототипа модуля адронного калориметра на пучках мюонов и электронов ускорителя ЦЕРН, которые показали, что разработанный детектор полностью отвечает предъявляемым к нему требованиям. В частности, энергетическое разрешение калориметра соответствует $50\%/\sqrt{E} + 3\%$.

В рамках программы исследования влияния воздействия нейтронного облучения на чистоту аргона была выполнена первая ее часть — теплые тесты. Откачанный контейнер, содержащий около 700 г вольфрама, был подвергнут воздействию нейтронного потока интенсивностью $1,5 \times 10^{16} \text{ н./см}^2$ на реакторе ИБР-2 ЛНФ. Остаточный газ был исследован с помощью масс-спектрометра VS-25 («Вакуум-Прага»), который позволяет измерять состав газа в интервале атомных масс от 2 до 200. Измерения показали, что облучение не вызывает изменения скорости газоотделения с поверхности вольфрама. Верхний предел загрязнения жидкого аргона может быть оценен на основе этих измерений на уровне 10^{-4} . Готовится оборудование для

проведения холодного теста — исследования загрязнения жидкого аргона. Разработан, создан и испытан прибор для измерения температуры. Показано, что достигнутая точность измерения температуры в области -100 К составляет доли градуса. Разработана электронная схема компенсации разницы в емкости считывающих электродов жидкоаргонового адронного калориметра. Эта схема является составным элементом цепи электроники считывания информации с калориметра.

Разработаны и реализованы в виде программ для ЭВМ алгоритмы поиска и восстановления характеристик адронных струй, а также восстановления эффективной массы W -бозона из распада на 2 струи для адронных калориметров установки ATLAS.

Создан прототип детектора переходного излучения — трекера установки ATLAS, на котором выполнены термометрические исследования. Разработан оригинальный метод интегрального измерения прямизны трубок детектора. Проведены облучения прототипа на тестовом пучке ЦЕРН.

В рамках подготовки эксперимента CMS велись исследования характеристик как отдельных детекторов, входящих в состав установки, так и их совместной работы в условиях, близких к реальному эксперименту. Существенным элементом детектора CMS является передняя часть установки (Endcap), ответственность за создание которой несет ОИЯИ в рамках коллаборации России и стран-участниц ОИЯИ (RDMS). Для торцевой части CMS в качестве мюонного детектора были предложены стриповые камеры с катодным считыванием (CSC). Полномасштабный прототип такой камеры изготовлен и испытан при облучении космическими лучами и подготовлен для испытаний в пучках ускорителя ЦЕРН [4]. Анализ экспериментальных данных и результатов моделирования позволил изучить

возможность использования в триггере первого уровня информации с CSC и определить требования к разработке триггерной электроники. На основе этого анализа был предложен цифровой алгоритм нахождения центра кластера и разработан прототип схемы, позволяющей его реализовать.

Для установки CMS проведено моделирование процессов, в которых образуется один жесткий фотон с большим поперечным импульсом и одна струя адронов. Исследованы вопросы баланса импульсных характеристик струи и фотона. Определен вклад фоновых процессов, и сформулированы критерии отбора событий. Даны оценки на время набора статистики, позволяющей использовать эти события для калибровки адронного калориметра. Изучена возможность использования для этой же цели процесса с образованием мюонной пары от распада Z -бозона в одноструйных событиях. Был также рассмотрен потенциал установки CMS для физических исследований с тяжелыми ионами.

Начаты технические проработки проекта и подготовка нового эксперимента COMPASS (NA-58) по изучению инклюзивных и полунклюзивных процессов в глубоконеупругом рассеянии мюонов на поляризованной мишени, особенно в той части предложения, которая относится к измерениям вклада глюонов в спин нуклона, а также регистрации Λ -гиперонов с целью проверки поляризации странного кваркового моря в нуклоне. Для эксперимента COMPASS в ОИЯИ будут создаваться адронный калориметр типа сэндвич-сцинтиллятор — железо и мюонный фильтр на основе пропорциональных трубок. На тестовом пучке ЦЕРН успешно проведено испытание модулей адронного калориметра. Осуществлено полное моделирование мюонных станций, позволившее оптимизировать конструкцию мюонного фильтра.

СОТРУДНИЧЕСТВО С DESY

Дубненская группа внесла значительный вклад в получение первых результатов коллаборации HERMES по нейтронной структурной функции g_1^n [5]. Ею был предложен и развит новый метод выделения спиновых асимметрий и спин-зависящих структурных функций из данных по поляризованным лептон-нуклонным сечениям. Для первоначального анализа были использованы данные, полученные в 1995 году на поляризованной мишени ^3He на накопительном кольце HERA. После отбора событий и кинематических обрезаений

($Q^2 > 1$ (ГэВ/с) 2 , $W^2 > 4$ (ГэВ/с) 2 и $y < 0,85$) в анализе асимметрий участвовало около $2,7 \times 10^6$ событий. Результаты показаны на рис. 3. Для первого момента структурной функции g_1^n получена оценка

$$\Gamma_1^n = -0,037 \pm 0,013 \text{ (stat.)} \pm 0,005 \text{ (syst.)} \pm 0,006 \text{ (extrapol.)}$$

С помощью нового метода извлечения асимметрии изучены также систематические неопределенности в A_1^n . Показано, что систематические эффекты, обусловленные нестабильностью мертвого времени

тотип калориметра («сэндвич» медь — сцинтиллятор);
— выбрана и проверена в позитронном пучке синхротрона DESY система считывания данных калориметра;

— изготовлены и опробованы в качестве устройств съема данных со сцинтилляторов калориметра мелкосеточные магнитоустойчивые фотоумножители.

ДРУГИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Подготовлен технический проект механических и оптических узлов торцового электромагнитного калориметра ЕЕМС детектора STAR для экспериментов на поляризованных пучках протонов коллайдера RHIC (США). Предложено и сконструировано несколько модификаций системы крепления 30°-модуля, учитывающей так называемую «промежуточную плиту». Разработаны маршруты световолоконных линий во внутренних и внешних частях 30°-модуля. Предложена и испытана более эффективная система оптического считывания образа для сцинтилляционных пластин ЕЕМС. Проведен ряд Монте-Карло вычислений с целью изучения параметров и отклика проектируемого калориметра.

Для исследований по физике нейтрино малых энергий на спектроскопическом детекторе высокой радиочистой BOREXINO (подземная лаборатория в Гран Сассо, Италия) в подготовительной фазе эксперимента был создан 1:100 трехмерный прототип установки. На нем проверялось

качество радионуклидной очистки материалов и жидкого сцинтиллятора. Сооружена система регистрации космических мюонов высокой энергии и выработана система запрета триггера. Было продолжено изучение структуры фона и его источников. Разработаны методы и стратегия удаления радиоактивных примесей, зависящих от физической и химической формы примесей: экстракция водой, вакуумная дистилляция, применение ионообменных процессов, диффузии и микрофльтрации. Осуществлена альфа-бета-дискриминация и мюонная идентификация. В результате достигнута очень высокая степень радионуклидной чистоты жидкого сцинтиллятора. Фоновая скорость счёта в области 0,2+0,8 МэВ составляет 10^{-3} событий/день/кг сцинтиллятора. Начата разработка системы сбора данных. Создана система испытаний и калибровок больших PMT на 128 фотоумножителей одновременно. Разработан проверенный на стенде метод калибровки энергетической шкалы с точностью 1%.

РАЗВИТИЕ ДЕТЕКТОРОВ

С учетом обязательств ОИЯИ по созданию предливневого детектора установки CMS в ЛСВЭ (совместно с Зеленоградом) разработаны различные топологии стриповых кремниевых детекторов для радиационных исследований и выбора оптимальной конструкции. Изготовлены полномасштабные кремниевые детекторы (60×60 мм²) в трех вариантах: p^+ -стриповые детекторы (2 варианта), n^+ -стриповые детекторы. Проведены радиационные исследования двух вариантов детекторов: p^+ -стрипы на лицевой стороне и сплошной омический n^+ -контакт с обратной стороны; p^+ -стрипы на лицевой стороне и омический n^+ -контакт с обратной стороны, окруженный охранными кольцами. Полученные результаты показывают работоспособность таких детекторов после облучения быстрыми нейтронами $\Phi = 1,4 \cdot 10^{14}$ см⁻² (радиационная нагрузка

по быстрым нейтронам, равная 10 годам эксплуатации в условиях CMS).

Изготовлена механика прототипа предливневого детектора для CMS. Создана технология сборки микромодулей детекторов, включающая следующие основные операции: позиционирование и склейку серебряной пастой кремниевое детектора на керамическую печатную плату; ультразвуковую разварку стрипов детектора на печатную плату алюминиевой проволокой диаметром 27 мкм; точное (50 мкм) позиционирование кремниевое детектора с печатной платой на алюминиевой поддержке; контроль статических параметров детектора в процессе сборки. В технологической лаборатории ЛСВЭ изготовлены опытные детекторы из высокоомного кремния n -типа по планарной технологии, включающей следующие основные процессы: термическое выращивание пленки SiO₂, фотолитографию, ионную им-

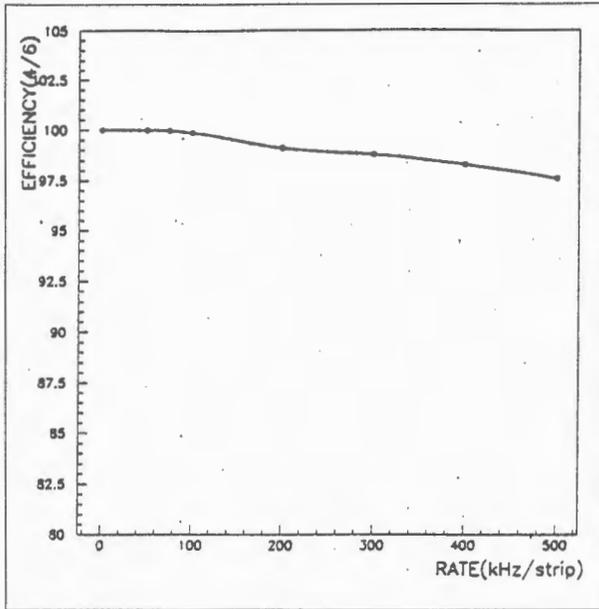


Рис.5. Относительная вероятность реконструкции мюона при срабатывании 4 из 6 слоев камер (4/6) и отклонениях в пределах ± 300 мкм как функция загрузки частицами в единицах Гц/стрип

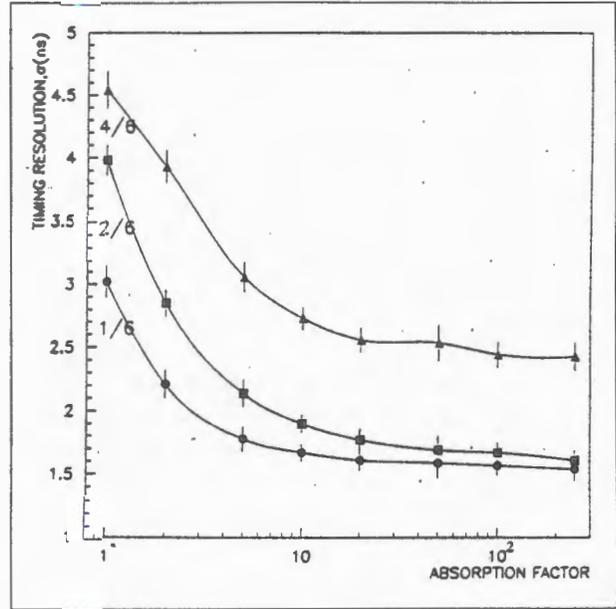


Рис.6. Увеличение ширины временного распределения в случаях 1 из 6 (1/6), 2 из 6 (2/6) и 4 из 6 (4/6) срабатываний

плантацию ионов бора (B^+) и фосфора (P^+), напыление металлических пленок (Al). Энергетическое разрешение опытных детекторов при измерении от источника ^{241}Am (5,485 МэВ) составляет примерно 30 кэВ.

Разработан и изготовлен полномасштабный 6-слойный прототип камеры с катодным считыванием мюонной станции ME1/1 эксперимента CMS. В отличие от созданных ранее, данный прототип имеет меньшее количество стрипов в слое (64 вместо 80), а сами стрипы сплошные, без деления на считывающие и плавающие. Прототип имеет форму трапеции с длиной большей стороны ~ 800 мм, меньшей ~ 390 мм и высотой ~ 1600 мм. Отличительной особенностью прототипа является также то, что сами стрипы прецизионного катода изготовлены с помощью алмазного диска на устройстве, разработанном в ЛСВЭ. Прототип был оснащен электроникой считывания, разработанной и изготовленной в ЛСВЭ ОИЯИ на основе схем с большой интеграцией, поставляемых НЦ ФЧВЭ (Минск). Испытания прототипа были проведены в ЦЕРН в магнитном поле на пучке с интенсивностью до 500 кГц/стрип и на GIF (Gamma Irradiation Facility) при фоновой загрузке до $2 \cdot 10^6$ $\mu\text{см}^2$. Испытания показали высокую эффективность регистрации треков пионов (рис.5). При фоновых условиях, соответствующих ЛНС, наблюдается незначительное ухудшение пространственного и временного (рис.6) разрешений прототипа, оснащенного новой электроникой.

В ЛСВЭ выполнены основные работы по созданию детектора переходного излучения — трекера установки ATLAS [7]. Разработан и изготовлен полномасштабный прототип модуля детектора, проведены термометрические измерения и исследования на тестовом пучке ЦЕРН. Проверен принцип газового охлаждения модуля TRT. Результаты измерений показали необходимость принудительного охлаждения детектора для снятия его радиационного нагрева. При температуре охлаждающего азота 19°C со скоростью продува 90 л/мин обеспечивается температурный разброс в прототипе в диапазоне до 15°C . Замена азота углекислым газом позволяет уменьшить продув на 19%.

В рамках подготовки установки ATLAS также исследовались пространственные характеристики детектора на основе straw с катодным считыванием [8]. Показано, что пространственное разрешение составляет 70–90 мкм. При этом использовались быстрые токовые предусилители. Регистрировались γ -кванты от источника Fe-55. Детектор имеет хорошую пространственную линейность и однородность. Подобные детекторы могут использоваться как высокоточные в экспериментах на ускорителях, а также как детекторы изображения при проведении других исследований ядерно-физическими методами. Показано, что straw длиной до 3,5 м и диаметром до 10 мм можно использовать в качестве трекового детектора, например, в установке COMPASS.

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕМАТИКА

В рамках сотрудничества DESY — ОИЯИ по проекту TESLA специалисты ЛСВЭ активно участвуют в исследованиях по физике линейных коллайдеров и лазеров на свободных электронах (ЛСЭ), в разработках компонент ускорителя, электроники и приборов [9]. Детально проработаны концептуальные проекты ЛСЭ рентгеновского диапазона, а также области вторичных $\gamma\gamma$ - и γe -взаимодействий. Для ускорителя TESLA Test Facility исследованы параметры ЛСЭ, а также рассчитан и сконструирован компрессор сгустков частиц. Изучена динамическая апертура накопительного кольца HERA-e.

Работы по ЛСЭ миллиметрового диапазона [10] для линейных коллайдеров ведутся в двух основных направлениях:

- разработка источников ВЧ-питания высокоградиентных ускоряющих структур электрон-позитронных коллайдеров,
- разработка группирователя драйверного пучка коллайдера и систем диагностики сгруппированного пучка.

Совместно с ИПФ РАН (Нижний Новгород) продолжались исследования ЛСЭ-генератора с брэгговским резонатором. В экспериментах на базе линейного индукционного ускорителя ЛИУ-3000 (0,8 МэВ; 200 А; 200 нс) на частоте 31 ГГц был достигнут КПД 26%, рекордный для ЛСЭ-генераторов. Показана возможность реализации одномодового или многомодового режимов генерации в зависимости от добротности резонатора. Ширина спектра излучения такого генератора в одномодовом режиме позволяет использовать его для запитки высокоградиентных ускоряющих структур коллайдеров. Проведена модернизация модуляторов первой секции линейного индукционного ускорителя ЛУЭК-2 (3 МэВ, 700 А, 70 нс), в результате чего был значительно снижен энергетический разброс в пучке. Совместно с ИПФ РАН разработан и изготовлен принципиально новый узел ввода СВЧ-мощности для ЛСЭ-усилителя, основанный на эффекте мультипликации волновых пучков. Измерения подтвердили высокую (до 85%) эффективность ввода мощности в канал. Разработан и изготовлен узел оптической диагностики сгруппированного электронного пучка ЛСЭ.

В ходе исследований одночастичных резонансов в накопителях с низкоэмиттансной магнитной оптикой (LEP2, HERA-e) было дано теоретическое объяснение спонтанным всплескам потерь частиц и увеличению вертикального эмиттанса пучков, наблюдавшимся на ускорителе LEP. Предложены способы устранения потерь и уменьшения вертикального эмиттанса в ускорителе LEP с 108/90 опти-

кой [11]. Теоретически обнаружена возможность радиационной раскачки продольных колебаний частиц, захваченных в «острова» бетатронного резонанса (радиационная бета-синхротронная неустойчивость) [12]. Анализ показал, что в ускорителе LEP данная неустойчивость не имеет места, но она может представлять опасность в электронных накопителях на меньшие энергии, таких, как тау-чарм-фабрика. Исследована одночастичная устойчивость в модернизированной магнитной структуре ускорителя HERA-e [13]. Показано, что при выбранной на момент исследования рабочей точке динамическая апертура ограничена синхробетатронными резонансами, и даны рекомендации по выбору другой рабочей точки.

В процессе разработки элементов будущих линейных коллайдеров и адронных ускорителей развита математически строгая теория когерентных синхробетатронных колебаний в сталкивающихся пучках, позволяющая, в частности, исследовать влияние межпучкового взаимодействия на устойчивость связанных колебаний «голова — хвост». Данный вопрос представляет интерес как для исследований на e^+e^- -фабрике, так и на больших адронных коллайдерах. Показано, что межпучковое взаимодействие в тау-чарм-фабрике с монохроматизацией по энергии приводит к неустойчивости колебаний «голова — хвост» в случае больших промашек пучков в точке встречи.

В рамках исследований по применению сверхпроводимости в линейных коллайдерах и адронных ускорителях в ЛСВЭ ведутся работы по совершенствованию параметров рабочего слоя сверхпроводящих резонаторов Nb/Cu [14]. Разработан, изготовлен и смонтирован на вакуумной камере магнетрон планарного типа с мишенью из ниобия диаметром 95 мм для работ по созданию сверхпроводящих (СП) пленок NbN методом реактивного напыления. Проведен теоретический анализ амплитудной зависимости поверхностного сопротивления NbCu-сверхпроводящих резонаторов (СПР). Предложено объяснение неквадратичных потерь в резонаторах с рабочим слоем в виде пленки сверхпроводника второго рода, основанное на проникновении флюксоидов в рабочий слой при превышении амплитудой магнитного ВЧ-поля первого критического поля сверхпроводника. Рассчитанное по известным экспериментальным результатам время проникновения флюксоидов оказывается много меньше периода ВЧ-поля. Понизить неквадратичные потери можно, заэкранировав СПР от внешних магнитных полей. В этом плане наиболее эффективным решением является создание экранирующей СП-пленки

непосредственно на резонаторе с последующим нанесением рабочего слоя *in-situ*, т.е. в одном технологическом цикле.

Для выполнения обязательств ОИЯИ по формированию структуры ускорителя ЛНС в ЛСВЭ разрабатываются и создаются электростатические кикеры и мощные широкополосные усилители для системы подавления поперечных когерентных колебаний [15]. Предложена механическая конструкция кикера, обеспечивающая автоматическое выравнивание и центрирование пластин толкателя относительно оси камеры. Ведутся исследования устройства с точки зрения вакуума, импеданса и других специфических требований. Для реализации мощного широкополосного усилителя было предложено два схмотехнических варианта. Первый (базовый) основан на традиционном широкополосном усилителе класса АВ. Второй (альтернативный) использует оригинальную разработку каскодной схемы с параллельным управлением. Оба варианта рассчитаны с использованием PSpice (на основе специально созданных моделей реальных вакуумных ламп) и исследованы на специальном стенде при мощности до 2 кВт. Показаны преимущества каскодной схемы и принципиальная возможность развития устройств на ее основе. Начаты работы по созданию стенда на полную проектную мощность (до 60 кВт).

Выполнен большой объем работ по физике источников многозарядных ионов для адронных ускорителей ОИЯИ и ЦЕРН [16]. Завершено создание камеры, предназначенной для изучения интенсивных потоков частиц при воздействии лазерного излучения на твердотельные мишени. Создана автоматизированная система сбора данных и контроля установки. Проведено изучение потоков нейтральных и заряженных частиц, входящих в состав абляционной лазерной плазмы. Отработана новая методика определения концентрации нейтралов при помощи зондирования ионным пучком. Ведутся работы по изучению влияния внешней инжекции на характеристики плазмы, создаваемой при электрическом разряде в магнитном поле пробочной конфигурации. Выбраны возможные геометрии инжекции внешних потоков в ECR-источники.

Создана библиотека компьютерных программ для расчета и оптимизации каналов транспортировки пучков многозарядных ионов на основе методов крупных частиц и полных моментов функции распределения. Проведено численное моделирование результатов проводки пучка ионов Та с целью оптимизации режимов работы «теплой» линии транспортировки ионного пучка в ЦЕРН. Анализ экспериментальных результатов для ECR-источника ионов в RIKEN (Япония) позволил оценить параметры электронной компоненты ECR-плазмы и требуемую СВЧ-мощность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Molokanova N.A. (Collaboration EXCHARM) — *Czech. J. Phys.* 1997, v.47, p.919.
2. Потребеников Ю.К. и др. — В сб.: Труды 15-го совещания по ускорителям заряженных частиц (22—24 октября 1996 г., Протвино), ИФВЭ, Протвино, 1997, с.136—141.
3. Adams D. et al. — *Preprint CERN-PPE/97-22*, 1997; hep-ex/9702005.
Adams D. et al. — *Phys. Lett. B*, 1977, v.396, p.338.
4. Ershov Yu., Golutvin I. and Karjavin V. — *CMS Internal Note 1997/003*, CERN, 1997.
5. Ackerstaff K. et al. — *Phys. Lett. B*, 1997, v.404, p.383.
6. Lanyov A. — *HERA-B Note 97-259*, Hamburg, 1997.
7. Астабатьян Р.А. и др. — *Сообщение ОИЯИ P13-96-472*, Дубна, 1996.
8. Бычков В.Н. и др. — *Препринт ОИЯИ P13-97-19*, Дубна, 1997.
9. Feldhaus J. et al. — *Optics Communications*, 1997, v.140, p.341.
Feldhaus J. et al. — *JINR Preprint E9-97-50*, Dubna, 1997.
10. Ginzburg N.S., Kaminsky A.K., Kaminsky A.A. et al. — In: *Free Electron Lasers 1996* (edited by G.Dattoli and A.Renieri), Elsevier Science B.V., 1997, v.II, p.81.
Kaminsky A.K., Kaminsky A.A., Sedykh S.N., Sergeev A.P. — *ibid*, v.II, p.109.
11. Alexahin Yu. — *Note CERN SL-97-52 (AP)*, Geneva, 1997.
12. Alexahin Yu. — *Note CERN SL-97-41 (AP)*, Geneva, 1997.
13. Alexahin Yu. — *DESY Internal Report M97-11*, Hamburg, 1997.
14. Baialykin N.I., Kuznetsov A.B. — In: *Proc. of the 8th Workshop on RF Superconductivity*, Abano Terme (Padua), Italy, October 6—10, 1997.

15. Ivanov I.N., Melnikov V.A. — *Nucl. Instr. Meth. A*, 1997, v.391, p.52.

Melnikov V.A. — *Nucl. Instr. Meth. A*, 1997, v.391, p.93.

16. Shirkov G.D. — In: *Proc. of the 13th Intern. Workshop on ECR Ion Sources, College Station, Texas, February 1997* (edited by D.P.May and J.E.Ramirez), T&M University, Texas, 1997, p.78.

Shirkov G., Batugin Y., Yano Y. — *Preprint RIKEN-AF-AC-5*, 1997.

Kartavtsev O., Shirkov G. — *Preprint RIKEN-AF-AC-6*, 1997.

Shirkov G., Nakagawa T. — *Preprint RIKEN-AF-AC-4*, 1997.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

В 1997 году научные сотрудники ЛЯП работали над реализацией 20 научно-исследовательских про-

ектов, в основном в области физики частиц и ядра, а также экспериментальной технологии.

ФИЗИКА НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

В подземной низкофоновой лаборатории в Модане (Франция) на установке NEMO-2 изучались двухнейтринные моды β -распада ядер ^{100}Mo , ^{116}Gd , ^{82}Se , и ^{96}Zr . Измеренные значения периодов полураспада этих ядер находятся на уровне 10^{19} лет. Для безнейтринной моды двойного β -распада получена нижняя граница на время полураспада 10^{23} лет. В 1997 году установка NEMO-2 демонтирована и начато создание на ее месте нового большого спектрометра NEMO-3. Значительная часть узлов установки (большое медное основание спектрометра, 50% пластических сцинтилляторов, защита из железа и т.д.) уже изготовлена в Дубне. Ведется разработка математического обеспечения на основе метода нейронных сетей [1].

В этой лаборатории проведено тестовое измерение фоновых условий для установленного там прототипа спектрометра TGV, состоящего из 16 сверхчистых германиевых детекторов. Осуществлен поиск двухнейтринной моды β -распада ядер ^{48}Ca , и установлена нижняя граница на период полураспада $T_{1/2}^{2\nu\nu} > 1,2 \cdot 10^{21}$ лет (90 % с.л.).

На тандемном ускорителе Института ядерной физики в Орсе (Франция) с помощью мультidetекторной установки (14 Si(Li)-позиционных и 2 HPGe- γ -детекторов (рис.1)) исследованы электрон-нейтринные угловые корреляции в процессе β -распада ^{18}Ne , образованного в реакции $^{16}\text{O}(^3\text{He}, n)^{18}\text{Ne}$ (проект ANCOR) [2]. Получен верхний предел для величины эффективной скалярной константы связи

слабого взаимодействия $C_S/C_V \leq 0,26$ (95% с.л.) (рис.2). С целью поиска наилучших кандидатов для проведения корреляционных экспериментов был исследован процесс μ -захвата на различных материалах (^{10}B , ^4B , B_4O , H_2O , Ne , Mg , Al , Si , S , Ca , Sn и т.д.).

Завершена обработка экспериментальных данных по изучению переходов мюоний — антимюоний в PSI (Цюрих). Проанализировано $\sim 10^{13}$ мюонов, остановившихся в мишени. Ни одного акта распада антимюония не обнаружено. В результате установлено, что вероятность переходов мюоний — антимюоний $P_{\overline{MM}} \leq 8 \cdot 10^{-11}$ (с.л. 90%), что примерно в 100 раз меняет ранее органичения в сторону улучшения [3]. Соответствующее значение константы связи перехода $G_{\overline{MM}} \leq 1,8 \cdot 10^{-3} G_F$, где G_F — константа Ферми. Это существенно ограничивает возможные значения параметров различных моделей.

Наиболее интересный результат, полученный группой ЛЯП совместно с коллегами из коллаборации OBELIX [4], состоит в наблюдении впервые реакции Понтекорво $\overline{p}d \rightarrow \phi n$ при аннигиляции остановившихся антипротонов в газообразном дейтерии. Реакции Понтекорво — это запрещенные процессы, если аннигиляция происходит на свободном нуклоне. Их вероятность очень мала. Для обнаружения реакции $\overline{p}d \rightarrow \phi n$ было набрано порядка 8 млн триггерных событий. Измерено отношение выходов этого канала и канала $\overline{p}d \rightarrow \phi p^0 n$:

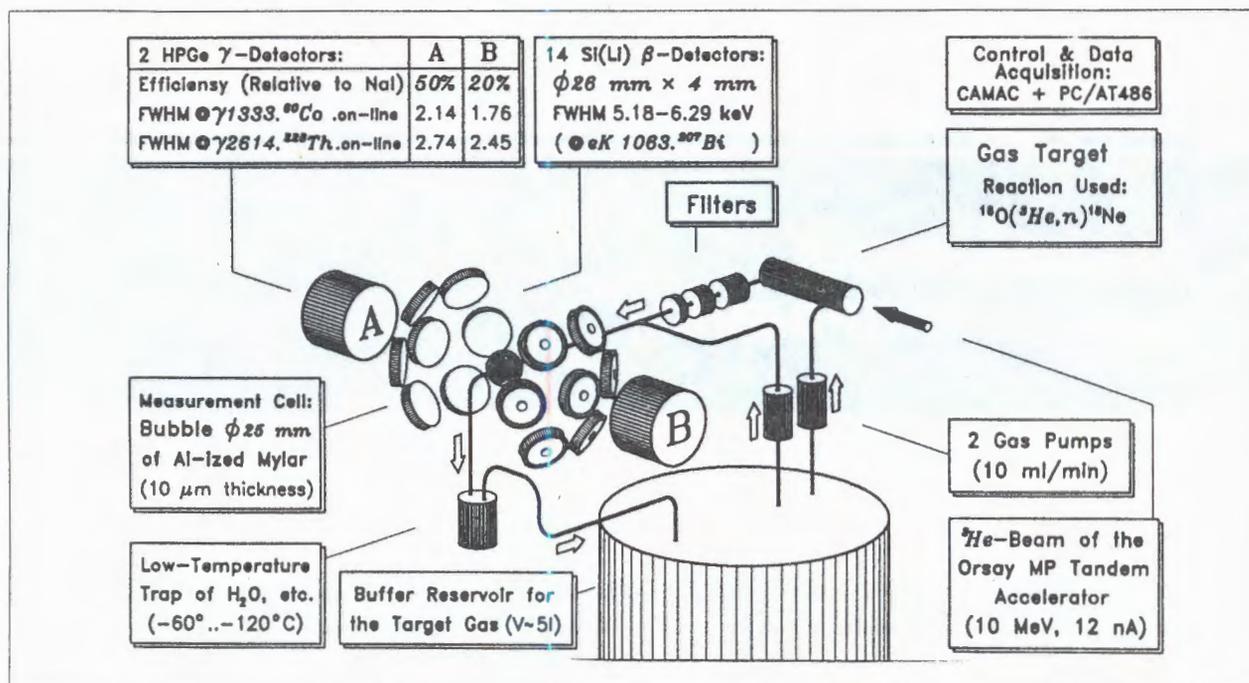


Рис.1. Установка (ANCOR) для измерения (β - γ)-корреляций в газовой мишени

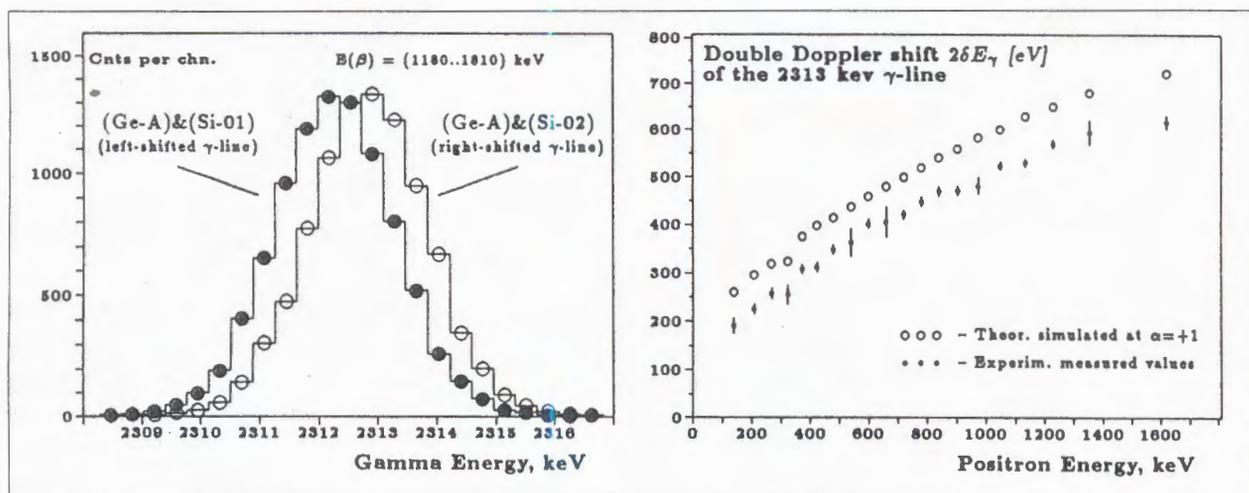


Рис.2. Угловые корреляции в β -распаде ^{14}O . Экспериментальные результаты и моделирование

$$\frac{Y(\bar{p}d \rightarrow \phi^0 n)}{Y(\bar{p}d \rightarrow \phi n)} = 58 \pm 7,$$

что позволило оценить выход реакции Понтекорво

$$Y(\bar{p}d \rightarrow \phi n) = (7,3 \pm 1,1) \cdot 10^{-6},$$

а также отношение, характеризующее степень нарушения правила ОЦИ,

$$\frac{Y(\bar{p}d \rightarrow \phi n)}{Y(\bar{p}d \rightarrow \omega n)} = (321 \pm 74) \cdot 10^{-3}.$$

Эта величина значительно превосходит предсказанное значение ($4,2 \cdot 10^{-3}$), и она заметно больше, чем

в случае аннигиляции на свободном нуклоне:
 $Y(\bar{p}p \rightarrow \phi \pi^0) / Y(\bar{p}p \rightarrow \omega \pi^0) = (96 \pm 15) \cdot 10^{-3}$.

Принципиально важным и новым достижением в исследовании μ -катализа является то, что совместно с ВНИИЭФ (г. Саров) изготовлена и смонтирована в низкофоновой лаборатории фазотрона установка с жидкотритиевой мишенью и системой ее газообеспечения для измерения скорости образования мезомолекул в двойной и тройной смеси изотопов водорода.

Основная задача эксперимента состоит в прямом измерении выхода нейтронов и коэффициента

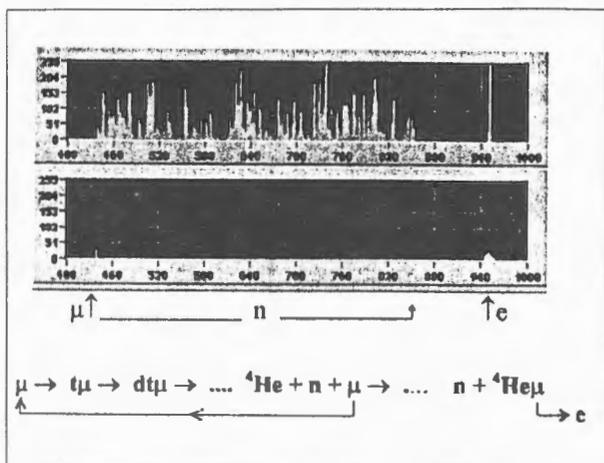


Рис.3. Процесс μ -катализа в $(d-t)$ -смеси. Первый импульс в нижнем окне соответствует моменту, когда мюон попадает в установку. Вторым импульсом — это момент распада мюона. В верхнем окне показаны циклы образования ${}^4\text{He}$, сопровождающиеся испусканием нейтронов. Всего испущено примерно 400 нейтронов. Прекращение испускания нейтронов до момента распада мюона связано с прилипанием мюона к гелию

прилипания мюона к гелию в смеси трития, дейтерия и водорода [5].

Сеансы на ускорителе в июне и сентябре показали, что принципиально новая идея проведения эксперимента очень результативна (рис.3). Успешно работали: система выделения остановок мюонов в мишени и электронов распада на основе быстродействующих пропорциональных камер оригинальной конструкции; высокоэффективная система регистрации нейтронов в 4π -геометрии на основе детекторов полного поглощения общим объемом 24 л; жидкотритиевая мишень объемом 30 см^3 с двумя рубежами радиационной безопасности; высокоэффективная система глубокой (10^{-7}) очистки больших количеств трития (до 10 кКи) от примесей на основе палладиевого фильтра; многоканальная быстродействующая спектрометрическая система; тригерная система на основе перепрограммируемых микросхем; система сбора, обработки, контроля, отображения и накопления экспериментальной информации.

В эксперименте **DISTO** исследуется рождение странных частиц при взаимодействии поляризованных протонов с протонами на ускорителе SATURN II (Сакле, Франция). Целью эксперимента является измерение дифференциальных сечений и различных спиновых переменных в реакциях с рождением Λ - и Σ -гиперонов. Усовершенствованы все детекторы и системы установки, в том числе изготовленные в Дубне проволочные пропорциональные камеры, и завершен набор статистики [6]. Продолжается развитие математического обеспече-

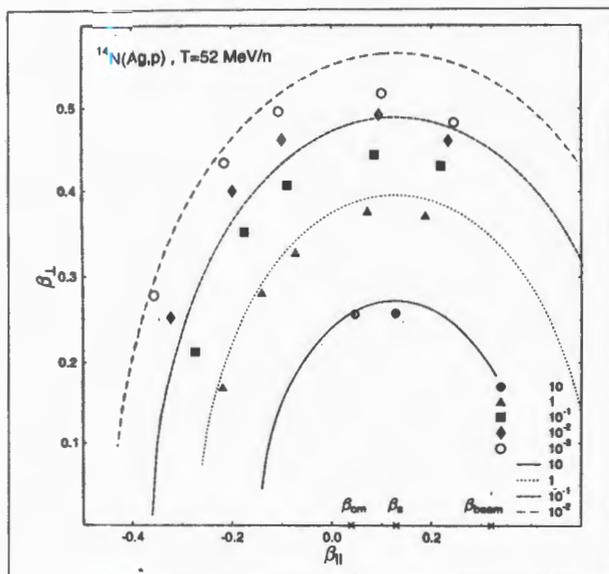


Рис.4. Контурный плот инвариантного сечения (в $\mu\text{б}$) выхода протонов в зависимости от продольной ($\beta_{||}$) и поперечной (β_{\perp}) скорости. Между соседними контурами сечение изменяется в 10 раз

ния для обработки экспериментальных данных с использованием методов клеточных автоматов и нейронных сетей.

В 1997 году завершен анализ экспериментальных данных по упругому рассеянию пионов на углеороде при энергиях $18 + 44$ МэВ (проект **МЕЗОН**), полученных на установке BGO-ball в LAMPF. Новые данные вместе с имевшимися ранее дают более полное представление о поведении сечения при низких энергиях [7].

На нейтронном пучке LANL проведен эксперимент по поиску Δ^{++} -компоненты в ядрах ${}^3,4\text{He}$ в реакции $(n, 2p)$. Данные обрабатываются.

На пучке ускорителя У-400М с помощью установки BGO-ball проведены измерения спектров легких заряженных частиц в реакции ${}^{14}\text{N} + \text{Ag}$ при энергии 52 МэВ/нуклон. На рис.4 приведена зависимость инвариантного сечения выхода протонов от продольной и поперечной скорости. Показано, что протоны, дейтроны и тритоны испускаются из одного источника [8].

В рамках программы исследования свойств мюонов и их взаимодействий с веществом (**МЮОН**) впервые экспериментально изучен захват отрицательных мюонов изотопами Кг и Хе. Для этого разработан и изготовлен новый криостат для криожидкостей. Время жизни отрицательного мюона в Кг-84 и Хе-136 равно (139 ± 3) нс и $(111 \pm 4,2)$ нс соответственно.

Продолжено изучение конденсированных сред μSR -методом. Исследованы магнитные свойства новой тяжелофермионной системы CeRuSi_2 [9]. Быс-

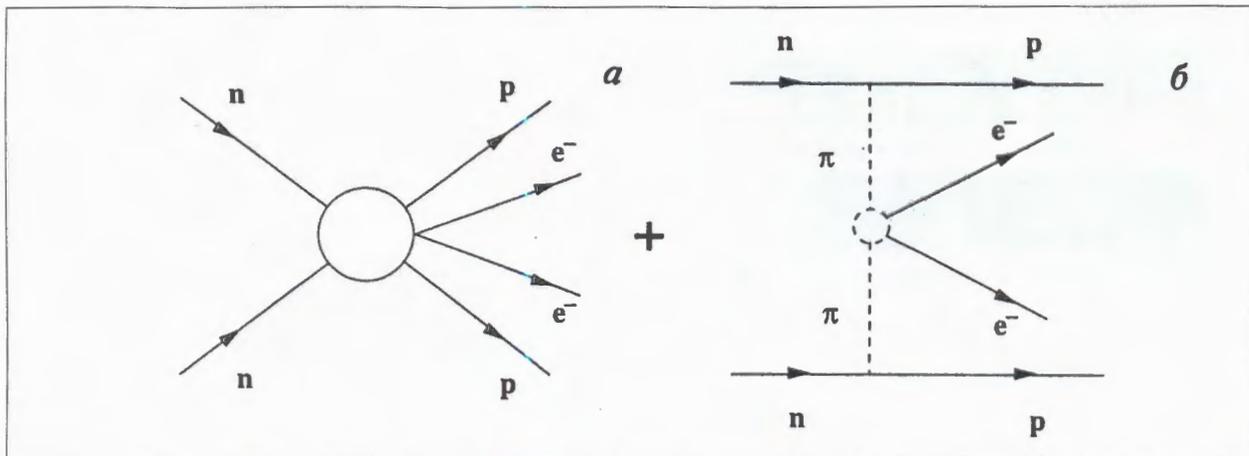


Рис.5. Обычный двухнуклонный (слева) и новый π -обменный (справа) вклады в $0\nu\beta\beta$ -распад

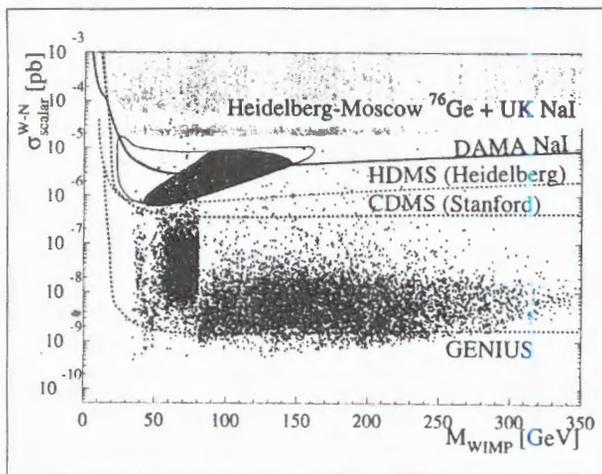


Рис.6. Наилучшие современные экспериментальные ограничения для детектирования нейтралино как частицы холодной темной материи и перспективы будущих экспериментов (сплошные и точечные кривые). Массы нейтралино (M_{WIMP}) и сечения их взаимодействия с ядрами (σ_{scalar}^{W-N}) выше контуров исключаются. Наилучшие современные ограничения получены в эксперименте DAMA. Эксперимент GENIUS (Гейдельберг) будет в состоянии исключить практически всю область значений параметров SUSY, приемлемых для нейтралино (рассеянные точки)

трый рост скорости релаксации спина мюона ниже температуры 10 К подтвердил переход в ферромагнитное состояние, обнаруженный в измерениях намагниченности. В экспериментах с продольным полем было определено, что магнитные поля от магнитных моментов церия квазистатичны: они имеют величину около 4 Гс и флуктуируют с частотой 4 МГц при температуре 4,2 К.

Наиболее реалистические модели для описания физики за рамками «стандартной модели» базируются на принципе суперсимметрии (SUSY). Уско-

рители позволяют исследователям непосредственно проверить новые теоретические представления, лежащие за рамками «стандартной модели». С их помощью путем прямого наблюдения можно либо действительно открыть новые частицы и тем самым подтвердить правильность определенных теоретических построений, либо убедиться в их неправильности, когда предсказываемые эффекты или частицы не удается наблюдать. Другой, интенсивно развивающийся в настоящее время, подход основан на косвенном поиске проявлений новой физики и главным образом связан с так называемыми неускорительными экспериментами. В этих экспериментах ведется поиск тонких эффектов, обусловленных новыми взаимодействиями и частицами на виртуальном уровне, когда обычные частицы обмениваются экзотическим объектами в промежуточных состояниях. Такие эксперименты в отличие от ускорительных не имеют ограничений по энергии и, в принципе, их чувствительность к новой физике простирается до экстремально высоких энергий. Среди неускорительных экспериментов безнейтринный двойной β -распад ядер ($0\nu\beta\beta$) уже давно признан наиболее чувствительным зондом новой физики.

Предложен новый суперсимметричный механизм $0\nu\beta\beta$, основанный на обмене виртуальными пионами между распадающимися нейтронами [10]. Эти пионы переходят в электроны конечного состояния посредством нарушающего R -четность (R_p) SUSY-взаимодействия. Такого сорта пионообменный механизм (рис.5б) полностью доминирует над обычным двухнуклонным механизмом (рис.5а) безнейтринного двойного β -распада. Последний, как известно, соответствует прямому взаимодействию между кварками из двух распадающихся нейтронов без каких-либо легких адронных промежуточных состояний типа π -мезонов.

Ограничения на параметры R_p SUSY, которые удается извлечь на основе экспериментально измеренных значений периода полураспада ядер по каналу $0\nu\beta\beta$, оказываются значительно более жесткими по сравнению с теми ограничениями, которые уже известны или ожидаемы из уже идущих ускорительных и неускорительных экспериментов.

SUSY естественным образом предлагает кандидата на роль частицы так называемой холодной темной материи во Вселенной. Это нейтрально — легчайшая из суперсимметричных частиц (LSP). В результате удается найти решение старой проблемы темной материи, связанной с возрастом Вселенной

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

За время всей работы коллайдера LEP в 1997 году была набрана статистика на уровне 80 пб^{-1} при энергии 183 ГэВ, т.е. выше порога рождения пар W -бозонов. Анализ данных с DELPHI позволил получить новые результаты. Основная их часть была представлена на международной конференции по физике высоких энергий в Иерусалиме [12]. В частности, можно отметить следующие результаты, основанной вклад в получение которых внесли физики ОИЯИ:

Выполнен поиск осцилляций $B_s^0 \leftrightarrow \bar{B}_s^0$ в событиях с большими поперечными импульсами. Получен новый предел на разность масс физических B_s^0 -состояний: $\Delta m_s > 6,5 \text{ пс}^{-1}$ (90% с.л.).

Осуществлен поиск нейтральных и заряженных бозонов Хиггса. В рамках «стандартной модели» для этих бозонов получен нижний предел на значение массы $m_h > 66,2 \text{ ГэВ}/c^2$ (95% с.л.).

Продолжался поиск $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ и $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ осцилляций в рамках эксперимента NOMAD (SPS, ЦЕРН). Было записано около 1 млн событий реакции $\nu_\mu N \rightarrow \mu + X$. На основе анализа ~ 15% этой статистики получены следующие новые ограничения на параметры осцилляций [13]:

— для $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ канала $\Delta m^2 > 10 \text{ эВ}^2$ и $\sin^2 2\theta < 3,4 \cdot 10^{-3}$, (90% с.л.), что превосходит известные ранее ограничения (рис.7);

— для $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ канала $\Delta m^2 > 10 \text{ эВ}^2$ и $\sin^2 2\theta < 2 \cdot 10^{-3}$ (90% с.л.).

Этот результат как минимум не подтверждает «наблюдение» $\bar{\nu}_\mu \leftrightarrow \bar{\nu}_e$ осцилляций при $\Delta m^2 > 10 \text{ эВ}^2$, в эксперименте LSND (Liquid Scintillation Neutrino Detector, Los Alamos, 1996).

Коллаборация Нейтринный детектор ИФВЭ — ОИЯИ подготовила два новых проекта — исследо-

и генезисом крупномасштабных структур в ней. Перспективы прямого детектирования LSP за счет упругого и неупругого рассеяния LSP на ядрах в настоящее время всесторонне изучаются как теоретически, так и экспериментально. Настоящий прорыв в этой области ожидается с вводом в строй сверхчувствительных детекторов нового поколения типа GENIUS (Germanium in Nitrogen Underground Setup, Heidelberg. CERN Courier, 1997, v.37, p.18). Последнее становится ясным после сравнения чувствительности эксперимента GENIUS с проведенными в ЛЯП [11] вычислениями ожидаемого потока событий (точки на рис.6).

вание упругого $\nu_\mu p$ -рассеяния и поиск $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ осцилляций в новой, низкоэнергетической области энергий нейтрино (~ 1 ГэВ). Оба проекта были одобрены ПКК в апреле 1997 г.

Завершена обработка данных третьего сеанса 1996 года по поиску осцилляций $\nu_e \leftrightarrow \nu_x$ в нейтринном пучке с короткой распадной базой (12 м вместо 100 м), обогащенном электронными нейтрино. Статистика увеличена на 30%. Данные двух предыдущих сеансов проанализированы с использованием нового метода определения пределов на параметры осцилляций [14].

В два раза по сравнению с 1996 г. увеличена статистика по глубоконеупругому рассеянию нейт-

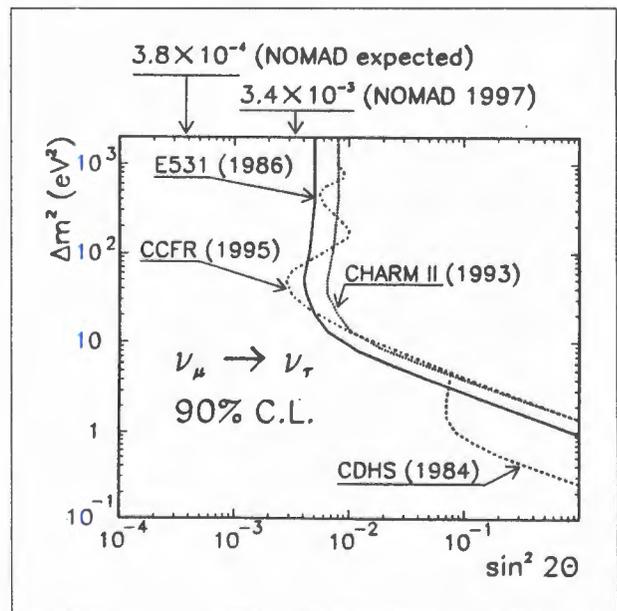


Рис.7. По вертикальной оси отложена разность квадратов масс нейтрино, по горизонтальной — параметр смешивания нейтрино. Области справа от кривых исключены

рино на нуклонах при энергиях 3+30 ГэВ (11650 $\nu_{\mu}N$ - и 1630 $\bar{\nu}_{\mu}N$ -взаимодействий по каналу заряженного тока). С учетом твистовых поправок и систематических ошибок проведен КХД-анализ структурной функции xF_3 в следующем за лидирующим приближении. Определены масштабный параметр КХД $\Lambda_{\overline{MS}} = (426 \pm 154) \text{ МэВ}$ и константа сильного взаимодействия $\alpha_s(M_Z) = 0,124^{+0,008}_{-0,009}$ [14]. Обе величины согласуются с результатами 1996 г. и последними результатами эксперимента CCFR на Tevatron FNAL.

Группа сотрудников ЛЯП, участвующая в программе реконструкции детектора DØ (Tevatron, FNAL), отвечает за создание передней мюонной системы этой установки. В 1997 году были получены следующие результаты:

- закончена разработка технологии производства мини-дрейфовых трубок (MDT);
- в ЦОЭП ОИЯИ создан участок для массового производства MDT;
- в кооперации с Институтом ядерной физики Белорусского университета разработаны и созданы прототипы front-end электроники (быстрый усилитель и дискриминатор).

Одна из главных задач ЛЯП в модернизации установки CDF (Tevatron, FNAL) заключается в разработке новой системы мюонных сцинтилляционных счетчиков.

Сотрудники ЛЯП совместно с коллегами из Пизы, Кракова, Братиславы и Удине предложили и разработали новую систему сбора света с больших (1,8+3,3 м) сцинтилляционных счетчиков. В новой системе отсутствуют традиционные световоды, которые крайне трудно использовать в условиях CDF-установки. Коллаборация CDF приняла это предложение в качестве рабочей версии.

В рамках проекта ATLAS группа TILECAL достигла следующих важных результатов [15]:

- завершена трудоемкая подготовительная работа по массовому производству поглотительных пластин для модулей BaTeI Tile калориметра;
- рабочие характеристики TileCal изучены путем off-line анализа данных от тестовой экспозиции на пучке ускорителя SPS. Получены новые данные для e/h -отношений при различных значениях быстрот, а также продольные и поперечные профили адронного ливня;
- проделана значительная работа по определению магнитных полей и магнитных сил, действующих на элементы установки ATLAS.

Главным достижением мюонной группы ATLAS можно считать создание первого полномасштабного $3,2 \times 2,0 \times 0,5 \text{ м}^3$ прототипа мюонной камеры установки ATLAS. Для этого [16]:

- на основе расчетов, проведенных методом конечных элементов, полностью спроектирована вся мюонная камера;
- собран спейсер (поддерживающая конструкция камеры);
- создана, протестирована и прокалибрована с точностью 1 мкм внутренняя система измерения деформаций (RASNIK). Эта система смонтирована в структуру спейсера;
- собран и прошел тестирование согласно требованиям контроля качества мюонного проекта ATLAS детектор, состоящий из 384 отдельных дрейфовых трубок (длиной 3200 мм и диаметром 30 мм).

Задача проекта DIRAC (PS, CERN) состоит в измерении с точностью 10% времени жизни $\pi^+\pi^-$ -атомов [17], что позволит проверить модельно-независимым образом киральную теорию возмущений, рассматриваемую ныне в качестве низкоэнергетического предела КХД, на уровне точности в 5%. В 1997 году были выполнены следующие фазы проекта:

- на тестовом пучке ускорителя PS прошел испытания набор из трех дрейфовых камер (DC), обладающих чувствительной областью $128 \times 40 \text{ см}^2$ (12 сигнальных плоскостей);
- разработан, собран и прошел тестирование прототип более современной системы съема информации с DC. Эта система включает конвертеры преобразования временного сигнала в цифровой, контроллеры считывания и вспомогательные модули;
- разработано и протестировано математическое обеспечение для набора и обработки данных.

Коллаборация WA-102 (ЦЕРН — ОИЯИ (ЛЯП)) в эксперименте на Ω -спектрометре проводила поиск мезонов не кварк-антикваркового состава в нейтральной системе X^0 , образующейся в центральной области реакции $pp \rightarrow p_{\text{fast}} + X^0 + p_{\text{slow}}$ при 450 ГэВ/с.

Исследование зависимости рождения мезонов в центральной области от разности поперечных импульсов (Δp_T) обменных частиц показало, что при малых Δp_T выход обычных $q\bar{q}$ -мезонов подавлен, тогда как выход кандидатов в глюболы растет [18]. Весной 1997 г. Ω -спектрометр полностью демонтирован. Обработка и анализ данных, полученных в эксперименте WA-102, продолжаются.

В Ядерном центре Карлова университета (Прага) на экспериментальной установке, созданной в свое время чешскими и дубненскими инженерами и физиками для исследования взаимодействий поляризованных нейтронов с поляризованными протонами при 16 МэВ, началась коренная реконструкция. Ее цель — переход к экспериментам на поляризованных дейтронах. В 1997 году закончена раз-

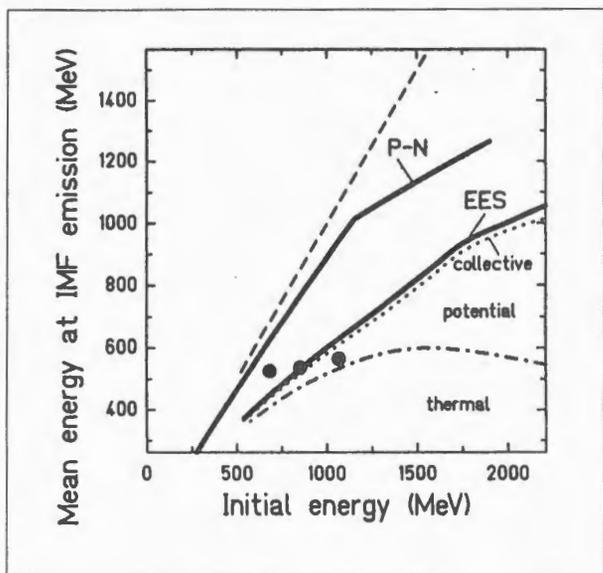


Рис.8. Сброс энергии возбуждения спектатора мишени для соударений $p + Au$, рассчитанный в EES- и (P-N)-моделях. Пунктир — начальная энергия; сплошные линии — энергия в момент развала ядра. Для EES-модели показан вклад коллективной, потенциальной и тепловой энергии. Точки — экспериментальные данные, полученные для энергии пучка 2,6; 3,6 и 8,1 ГэВ

работка новой DAQ-системы, получен положительный результат в опыте по поляризации дейтерированного вещества на существующем оборудовании замороженной поляризованной мишени.

На спектрометре ГИПЕРОН (У-70, ИФВЭ, Протвино) продолжались исследования редких и малоизученных распадов K -мезонов. В 1997 году записано около 10 млн триггеров. Измерены параметры наклона Dalitz-plot'a для $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^0$ распада [19].

В рамках программы по разработке и созданию элементов комплекса ЛНС продолжалось развитие активных методов подавления пучково-дрейфовой неустойчивости в нейтрализованных пучках. Завершена разработка электронной пушки с чистящими электродами и анализатора массового состава ионов. Разработана модель корреляционного профилометра пучка заряженных частиц, предложена схема быстродействующего датчика потерь пучка ЛНС нового типа, в котором используется сверхтекучий гелий [20].

На пучке K^- -мезонов серпуховского ускорителя с энергией ~ 30 ГэВ/с с помощью многофункциональной установки ИСТРА-М ведется исследование распадов отрицательных каонов. Одна из привлекательных возможностей этой установки состоит в хорошем разделении различных заряженных частиц после распада K^- -мезона. За последние три года исследовались полуплеитонные распады

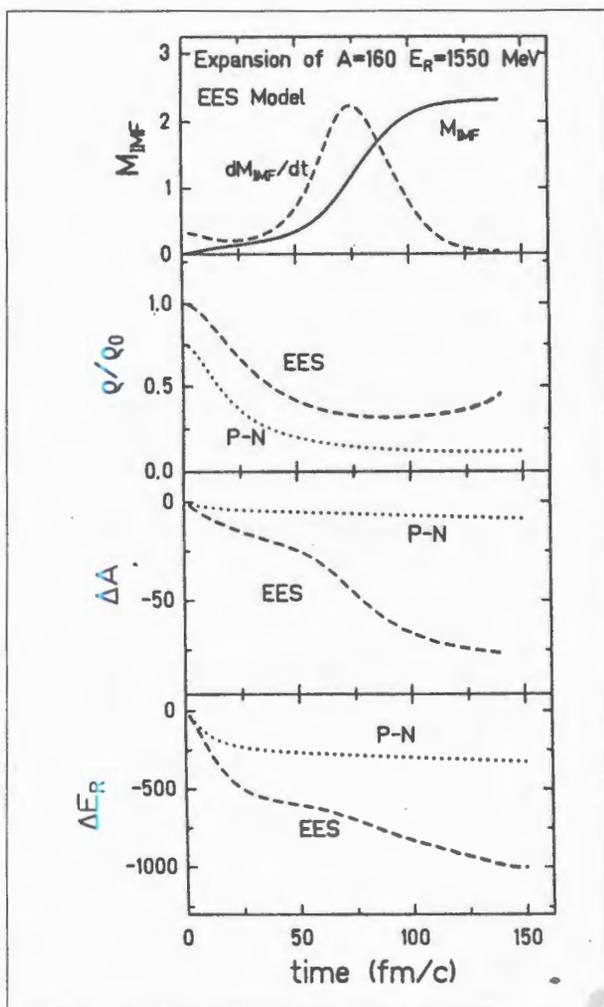


Рис.9. Иллюстрация процесса расширения горячего спектатора мишени, возникающего при взаимодействии релятивистского протона с золотом, рассчитанного в моделях Фридмана (EES) и Паппа и Неренберга (P-N). Показаны множественности фрагментов, плотность, сброс массы и энергии возбуждения в функции времени

$K^- \rightarrow e^- \nu \pi^0$ и $K^- \rightarrow \mu^- \nu \pi^0$. На основе примерно $5 \cdot 10^3$ событий для каждого из этих распадов были определены параметры соответствующих формфакторов [21].

В Краковском институте ядерной физики им. Х.Неводничанского завершено конструирование новой триггерной системы для установки ФАЗА-2. Она включает в себя 30 телескопов новой конструкции, каждый из которых состоит из ΔE -счетчика (цилиндрическая ионизационная камера, заполняемая газом C_3F_8 при низком давлении), за которым расположен Si(Au)-детектор.

Проведен анализ экспериментальных данных по ядерной мультифрагментации в соударениях $p + Au$ при энергиях 2,16; 3,6 и 8,1 ГэВ. Удовлетворительное описание экспериментальных данных получено при использовании модифицированной

модели внутриядерного каскада и статистической модели ядерной мультифрагментации. Модификация учитывает дополнительный сброс массы и энергии возбуждения в процессе расширения горячего спектатора мишени (рис.8), который предшествует его дезинтеграции [22].

Был проведен сравнительный анализ экспериментальных данных по мультифрагментации, вызванной релятивистскими легкими ядрами и тяжелыми ионами. Сравнивались множественности фрагментов, их зарядовые и энергетические спектры, временные характеристики процесса (рис.9). Сделаны следующие выводы. Мультифрагментация

на легких пучках является процессом развала разогретой равновесной системы и успешно описывается статистической моделью. Последняя может быть использована также для описания множественности фрагментов, их зарядового распределения и в случае использования тяжелых ионов, если энергии возбуждения системы не более 10 МэВ/нуклон и энергия сжатия невелика. Динамические эффекты, связанные с коллективным потоком, проявляются в энергетическом спектре фрагментов. Эти эффекты особенно велики для центральных соударений Au + Au.

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

В плане физико-технического обеспечения медико-биологических и клинических исследований по лучевой терапии на пучках фазотрона ОИЯИ проводились разработки аппаратуры на связи с ЭВМ для методики сканирования опухоли широким протонным пучком и исследования чувствительности детекторов различных типов для повышения точности клинической дозиметрии на медицинских пучках тяжелых ядерных частиц [23].

Разработаны и созданы управляющие блоки и программы, обеспечивающие перемещения в фиксированное положение независимых замедлителей и коллиматорных пластин устройства для сканирования; проведена апробация созданных блоков на широком протонном пучке. Достигнуты точности установки подвижных элементов устройства на уровне 0,19 мм для коллиматорных пластин и 0,28 мм — для подвижных замедлителей.

Проведены исследования детекторов различных типов (ионизационные камеры, полупроводниковые кремниевые детекторы, алмазные детекторы,

термолюминесцентные детекторы) для клинической дозиметрии на протонных пучках. Показано, что для измерения пространственных дозных распределений наиболее подходящими являются полупроводниковые кремниевые и алмазные детекторы. Для измерения суммарных дозных полей при подвижном и многопольном облучении пациентов преимущество имеют термолюминесцентные детекторы. Показано, что искажения глубинных дозных распределений протонных пучков, измеренных различными типами детекторов в результате энергетической зависимости их чувствительности, несущественны.

Дозиметрическая калибровка протонного пучка осуществлена с помощью ионизационных камер, прокалиброванных на эталонном источнике γ -излучения. По результатам этих исследований сделан вывод, что абсолютная точность клинической дозиметрии на протонных пучках составляет 3%, что отвечает международным требованиям к дозиметрии терапевтических протонных пучков.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ОРГАНИЗОВАННЫЕ ЛЯП

Первое международное совещание по проблемам новой физики в неускорительных экспериментах NANP-97 («Non-Accelerator New Physics») проходило в Дубне с 7 по 11 июля 1997 г.

Обсуждение современной ситуации и перспектив поиска новой физики за рамками «стандартной модели» в неускорительных экспериментах было главной целью совещания. Взаимная дополняемость поиска новой физики на ускорителях и без них также обсуждалась на этом совещании. Различные расширения «стандартной модели», включая суперсимметрию и идеи великого объединения,

рассматривались оргкомитетом как центральный вопрос для обсуждения теоретиками и экспериментаторами.

В программу совещания были включены следующие вопросы: современный статус новой физики за рамками «стандартной модели»; небарионная темная материя; возможные проявления новой физики в безнейтринном двойном β -распаде и других редких процессах; новая физика и проблема массы нейтрино; структура ядра и нуклона как фон для поиска новой физики; новые экспериментальные возможности для поиска новой физики.

Более 90 ученых приняло участие в работе совещания. Основные обзорные доклады были представлены ведущими специалистами. Среди них хорошо известные ученые Ф.Т.Авиньен (США), В.С.Березинский (Италия), А.Дар (Израиль), Г.В.Домогацкий (Россия), Э.Фиорини (Италия), П.Герцег (США), С.Джулиан (Франция), Г.В.Клапдор-Клайнротхаус (ФРГ), В.А.Кузьмин (Россия), Р.Мохapatра (США), Л.Рожковский (Англия), Х.Ф.В.Валле (Испания), Х.К. Вальтер (Швейцария), и т.д. Местный оргкомитет возглавляли В.Б.Бруданин и С.Г.Коваленко.

Международная школа-семинар «Актуальные проблемы физики частиц и ядра» была организована ОИЯИ (на базе ЛЯП) совместно с Национальным центром по физике высоких энергий и элементарных частиц (Республика Белоруссия, Минск). Эта школа проходила недалеко от Гомеля, с 8 по 17 августа 1997 г. Оргкомитет школы возглавил директор ОИЯИ профессор В.Г.Кадышевский.

Научная программа школы-семинара включала следующие темы: основные экспериментальные результаты современных ускорителей (LEP, HERA, Tevatron и т.д.); программа LHC и будущие эксперименты ATLAS, CMS и другие; «стандартная модель» и физика за ее пределами; мягкие и жесткие процессы в КХД (пертурбативный и непертурбативный подходы, струи, жесткая дифракция и т.п.); новые тенденции в квантовой теории поля и релятивистской ядерной физике. В работе школы приняло участие около 120 специалистов.

Деятнадцатое рабочее совещание по программе исследований на нейтринном детекторе ИФВЭ — ОИЯИ и установке NOMAD прошло в ЛЯП с 29 по 31 января 1997 г.

Возглавлял оргкомитет бессменный лидер этих экспериментов от ОИЯИ и неизменный председатель всех рабочих совещаний по этой программе профессор С.А.Бунятов. 28 ученых приняло участие в совещании.

Обсуждалось состояние дел в экспериментах на нейтринном детекторе и установке NOMAD. Одна из главных задач этих экспериментов состоит в поиске нового явления — нейтринных осцилляций в потоках мюонных и электронных нейтрино.

Темой выступления стали также новые данные по нуклонным структурным функциям и их КХД-анализ. Впервые был предложен и рассмотрен проект нового эксперимента по исследованию странной компоненты кваркового состава нуклона с помощью нейтринного детектора.

Обсуждались программы реконструкции для дрейфовых камер установки NOMAD, программы для выделения событий взаимодействия мюонных и электронных нейтрино в канале заряженных токов и т.д. Рассмотрен также новый проект NOMAD — STAR. Перспективы будущих исследований по нейтринной физике на ускорителях были затронуты в докладе гостя из ЦЕРН профессора Г.Конфорто.

ЛИТЕРАТУРА

1. NEMO Coll., NIM, 1997 v.A389, pp.169, 433.
2. Egorov V. et al. — Nucl. Phys., 1997, v.A621, p.745.
3. Kisel I. et al. — NIM, 1997, v.A387, p.433.
Kisel I., Konotopskaya E., Kovalenko V. — NIM, 1977, v.A389, p.167.
Bussa M.P. et al. — NIM, 1997, v.A389, p.208.
4. Bertin A. et al. — Phys. Lett., 1997, v.B403, p.177.
5. Zinov V.G. et al. — Submitted to Workshop on Exotic Atoms, Molecules and Muon Catalyzed Fusion, Monte Verita July 19—24, 1998.
6. Bussa M.P., Ivanov V.V., Kisel I.V. et al. — NIM, 1997, v.A389, p.208; DISTO Collab. «Hyperon and vector meson production at 2.85 GeV (preliminary results)», Int. Conf. in Physics since Parity Symmetry Breaking, Nanjing (China), August, 1997.
7. Pasyuk E.A. et al. — Phys. Rev., 1997, v.C55, p.1026.
8. Alexakhin V.Yu. et al. — In: VI Int. School-Seminar on Heavy Ion Physics, Dubna, 1997, Abstracts, p.63.
9. Duginov V.N. et al. — Phys. Rev. B, 1997, v.55, p.1234;
Krivosheev I.A. et al. — JETP Pis'ma, 1997, v.65, p.77.
10. Faessler A. et al. — Phys. Rev. Lett., 1997, v.78, p.183.
11. Bednyakov V.A. et al. — Z. Phys. A., 1997, v.357, p.339.
12. DELPHI Coll., CERN Preprints PPE 97-85, PPE 97-114, accepted in Phys. Lett. B.
13. Valuev V. (NOMAD Coll.) — In: Proc. of Europhys. Conf. on HEP, Jerusalem, August, 1997.
14. Материалы XX Рабочего совещания по нейтринному детектору, Дубна, 21—23 января, 1998.
15. Budagov J.A. et al. — ATLAS internal note, TILECAL-113, CERN, Geneva; Budagov J.A. et al. — JINR Preprint E1-97-318, Dubna, 1997.
16. Anosov V. et al. — ATLAS internal notes, MUON-195, MUON-182, CERN, Geneva.
17. Schacher J. — «The experiment DIRAC at CERN», In: Workshop on Chiral Dynamics 1997, Mainz.

- Germany, September 1997: Afanasyev L.G. et al. — *Yad. Fiz.*, 1997, v.60, p.1049.
18. Barberis D. et al. (WA-102 Coll.) — *Phys. Rev.*, 1997, v.B397, p.399.
19. Batusov V.Yu. et al. — «Measurement of the Dalitz Plot Slope Parameters for $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^0$ Decay», Submitted to *Nucl. Phys. B*.
20. Korotaev Yu., Meshkov I. et al. — «Neutralisation of Electron Beam Space Charge in the Electron Cooling System». Presented on the Workshop on Nonneutral Plasmas, Boulder, Colorado, USA, July 1997;
Meshkov I.N., Sidorin A.O. — In: Workshop on the Medium Energy Electron Cooling, Novosibirsk, 1997, p.183.
21. Artemov V.M. et al. — *Yad. Fiz.*, 1997, v.60, No.2, c.277; *Yad. Fiz.*, 1997, v.60, No.12, c.1.
22. Avdeyev S.P. et al. — *JINR Rapid Comm.*, 1997, No.2(82)-97, p.71.;
Avdeyev S.P. et al. — «Thermal» Multifragmentation in $p + Au$ Interactions at 2.16, 3.6 and 8.1 Incident Energies». Submitted to *Nucl. Phys. A*;
Karnaukhov V.A. — *Yad. Fiz.*, 1997, v.60, p.1780.
23. Golnik N. et al. — *Radiation Protection Dosimetry*, 1997, v.70, p.215;
Bilski P. et al. — *Radiation Protection Dosimetry*, 1997, v.70, p.501;
Borejko V.F. et al. — To be published in «*Physica Medica*», 1997, v.XIII, No.4.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ им. Г.Н.ФЛЕРОВА

ВВЕДЕНИЕ

В 1997 году Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова вела исследования в области физики тяжелых ионов в следующих трех основных направлениях: синтез сверхтяжелых и экзотических ядер в реакциях с пучками стабильных и радиоактивных изотопов, изучение механизма ядерных реакций и спонтанного и вынужденного деления ядер; работы в области ускорительной технологии; прикладные работы. Объединенные 14 проектами исследования выполнялись в международной коллаборации с другими научными центрами.

В 1997 году завершилась длительная дискуссия относительно приоритетов и названий в открытии новых элементов. В 1995 году комиссия экспертов двух международных союзов по физике и химии признала приоритет Дубны в открытии 102—105 элементов и отметила вклад в открытие 106—108 элементов. В 1997 году на генеральной ассамблее Союза по чистой и прикладной химии для элемента 105 было принято название Дубний. Этот факт можно рассматривать как признание выдающегося вклада международного центра в Дубне в химию и современную физику.

Новая область стабильности с $Z = 108$ и $N = 162$ обнаружена в последние годы в дубненских экспериментах по синтезу наиболее тяжелых изотопов 102—110 элементов. Начаты работы по синтезу изотопов 110, 112 и 114 элементов в реакциях с ионами ^{48}Ca . В 1997 году на циклотроне У-400 были выполнены первые эксперименты по синтезу $^{276,277}\text{110}$ в реакции $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$, достигнута чувствительность на уровне $3 \cdot 10^{-36} \text{ см}^2$. Новые важные физические результаты получены при изучении спонтанного и низкоэнергетического деления ядер. Впервые характеристики осколков деления (массово-энергетические корреляции) были измерены в

совпадении с нейтронами и γ -квантами для слабо-возбужденных компаунд-ядер элемента $Z = 110$, полученных в асимметричной реакции $^{249}\text{Cf} + ^{24}\text{Mg}$. Анализ экспериментальных данных показал, что этот метод является весьма перспективным для исследования динамики слияния-деления для ядер сверхтяжелых элементов.

Существенные достижения получены в исследовании экзотических ядер. Наряду с традиционными исследованиями нейтроноизбыточных изотопов легчайших ядер вблизи оболочек $N = 20$ и $N = 26$, выполняемых совместно с GANIL и RIKEN, в 1997 году на канале пучков высокого разрешения АККУЛИННА циклотрона У-400М были исследованы свойства нейтроноизбыточного ядра ^6He . Впервые проведено, в широком диапазоне углов, прецизионное измерение упругого рассеяния ^6He на ядрах ^4He . Измерения выявили аномальное возрастание сечения рассеяния на задних углах. Анализ данных показал, что возрастание сечения под задними углами практически на 100 % связано с существованием динейтронной конфигурации в гало ядра ^6He . Таким образом удалось разрешить существовавшую в течение многих лет проблему наличия гало в ядрах ^6He .

Ряд интересных результатов получен на 4п-спектрометре осколков деления ФОБОС. После модернизации в 1997 году новый эксперимент проводился с использованием передней стенки, содержащей 80 фосфич-детекторов. Анализ предыдущих экспериментов 1996—1997 гг. привел к наблюдению ряда новых феноменов. В частности, впервые был обнаружен, в массовой дисперсии осколков деления, эффект предразрывного охлаждения горячих тяжелых компаунд-ядер в диапазоне энер-

гий возбуждения 100 + 250 МэВ. После 250 МэВ наступает резкий излом в поведении величины дисперсии, что может свидетельствовать о появлении нового механизма быстрого деления. Ниже и вблизи порога мультифрагментации получена новая информация о механизме распада горячих ядер на три осколка и роли эмиссии промежуточного фрагмента из шейки делящегося ядра.

В 1997 году на ускорителе У-400М проведен совместный российско-китайский эксперимент по исследованию механизма распада возбужденных ядер.

В 1996—1997 гг. созданы, запущены и получены проектные параметры по интенсивности и энергии для новых внешних источников тяжелых ионов, основанных на принципе электронно-циклотронного резонанса DECRIS-14-2 и ECR-4M, и созданы системы вертикальной инжекции ионов в центр камер изохронных циклотронов У-400 и У-400М. Интенсивность ионов, инжектируемых источниками, составляет: N^{6+} — 50 мкА, O^{6+} — 200 мкА, Ne^{7+} — 100 мкА, Ar^{8+} — 600 мкА, Kr^{10+} — 70 мкА, Xe^{13+} — 40 мкА; для ионов, получаемых из твердых веществ, таких, как Li, Mg и Ca, интенсивность достигает 200 мкА. В эксперимен-

тах на циклотроне У-400М с использованием ECR-источников конечная энергия ионов достигает 60 МэВ/н. Для дорогостоящих изотопов Ca-48 расход веществ достигает 0,2 + 0,4 мг/ч, что в 20 раз лучше, чем при использовании источника PIG. Тем самым на базе циклотронов тяжелых ионов У-400 и У-400М, оснащенных ECR-источниками нового поколения, создан уникальный комплекс для исследований по физике ядра в области низких и средних энергий, оснащенных современными детекторными системами, кинематическими сепараторами ядер: ГНС (газонаполненный сепаратор) и ВАСИЛИСА — и 4π-спектрометрами заряженных частиц, нейтронов и γ-квантов — ФОБОС, МУЛЬТИ, КОРСЕТ + ДЕМОН.

В 1997 году лаборатория организовала четыре международных совещания по различным направлениям деятельности, в том числе 6-ю международную школу-семинар по физике тяжелых ионов. В 1997 году опубликован четвертый выпуск сборника Scientific Report 1995-1996. Heavy Ion Physics. JINR E-7-97-206, Dubna, который содержит более 150 кратких научных статей, подготовленных коллективом ЛЯР.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Теория ядерных оболочек предсказала существование сверхтяжелых элементов. Как результат появления барьера деления, обусловленного ядерной структурой, парциальное время жизни сверхтяжелых ядер относительно спонтанного деления становится на 10—20 порядков величины больше, чем это предсказывалось классической капельной моделью, и изотопы наиболее тяжелых элементов испытывают α-распад. В последние годы в этом направлении достигнуты большие успехи. Эксперименты по синтезу новых элементов были выполнены в реакциях горячего слияния коллаборацией ЛЯР-LLNL (Ливермор) на циклотроне У-400 и в реакциях холодного слияния коллаборацией GSI (Дармштадт) — ЛЯР на ускорителе УНИЛАК. Обе серии экспериментов привели к синтезу новых наиболее тяжелых ядер. Новые данные количественно согласуются с предсказаниями макро-микроскопической теории, что существует значительный стабилизирующий оболочечный эффект в области вблизи $N = 162$ и $Z = 108$ [1]. Это делает предсказания теории относительно стабильности ядер с $Z = 114$ и $N \approx 180$ более реалистичными. В то же время расчеты предсказывают, что наиболее стабильными (с $T_{1/2} > 10^8$ лет) могут оказаться ядра экасвинца, как предполагалось ранее, а ядра в области экавольфрама, экаосмия, расположенные

на 6—8 номеров ниже, с массой $A \approx 290$. На рис. 1 представлены рассчитанные периоды полураспада T_α и T_{sf} для четно-четных изотопов с $N = 180, 182$ и 184 и $Z = 104–120$. Все это может радикально изменить взгляд на возможность существования сверхтяжелых элементов в природе и пути их поиска [2].

В реакциях слияния тяжелых ионов ^{22}Ne , ^{26}Mg и ^{34}S с мишенями ^{238}U и ^{244}Pu , с использованием газонаполненного сепаратора, были измерены сечения реакций с испусканием 4 и 5 нейтронов [3]. На рис. 2 наряду с новыми данными представлены также известные из более ранних работ величины сечений реакций с испусканием 4 и 5 нейтронов, полученные в реакциях слияния ионов ^{12}C , ^{18}O и ^{22}Ne с ^{238}U [3].

Начата подготовка к длительным экспериментам 1998 года по синтезу 112 элемента в реакции $^{238}U + ^{48}Ca$ на кинематическом сепараторе ВАСИЛИСА и 114 элемента в реакции $^{244}Pu + ^{48}Ca$ на сепараторе ГНС. В последние годы модернизированы детекторные системы и электроника установок, что позволит использовать 16-стриповые позиционно-чувствительные детекторы в фокальной плоскости сепараторов и по 4 детектора в задней полусфере в каждой установке. Получено энергетичес-

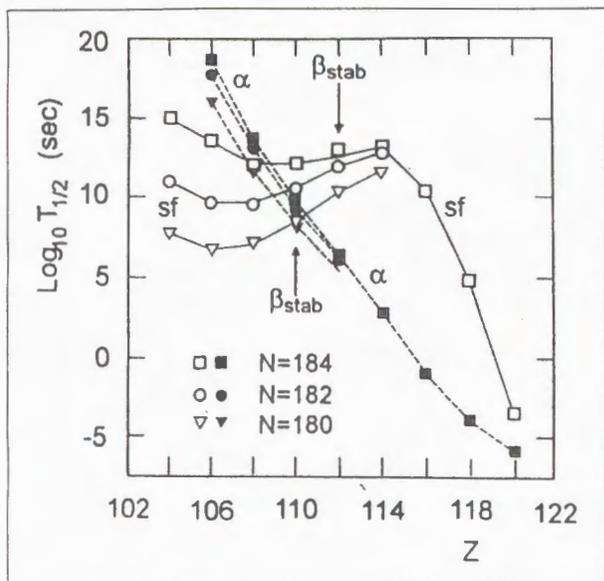


Рис.1. Зависимость периода полураспада от атомного номера Z элемента: α -распад — черные символы, S.f. — светлые символы. Данные представлены для изотопов с $N = 180, 182$ и 184 . Стрелки указывают β -стабильные ядра с $N = 180$ и 184

кое разрешение 25 кэВ для α -частиц с энергией 5,5 МэВ и позиционное разрешение лучше чем 0,5 мм для продуктов реакций, имплантированных в детектор; при этом полная эффективность регистрации α -частиц, испущенных из исследуемых ядер, будет не менее 85% [4,5].

Выполнена подготовительная работа к проведению экспериментов по синтезу сверхтяжелых ядер с $Z = 110$ в реакциях полного слияния $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$. Согласно последним теоретическим предсказаниям А.Собичевского и др. парциальные периоды полураспада относительно α -распада и спонтанного деления ядра ^{268}Sg ($Z = 106$) составляют ~ 2–3 часа, в то время как период полураспада дочернего спонтанно-делящегося ядра ^{264}Rf ($Z = 104$) оценивается в несколько секунд. Ядро ^{268}Sg должно образовываться в результате двух коротких по времени α -распадов ядра $^{276}\text{110}$, которое является продуктом испарения 4 нейтронов из компаунд-ядра $^{280}\text{110}$. Времена жизни дочерних ядер, образующихся после испарения 3 нейтронов, т.е. нечетных изотопов ^{269}Sg и ^{265}Rf , оцениваются с меньшей точностью. Однако ожидается, что время жизни ядра ^{269}Sg относительно α -распада составляет порядка одного часа, после чего с периодом полураспада, равным нескольким часам, ядро ^{265}Rf претерпит спонтанное деление. Планируемая схема модельных экспериментов предполагает накопление долгоживущего ядра ^{268}Sg в сборнике во время облучения ^{232}Th ионами ^{48}Ca , соот-

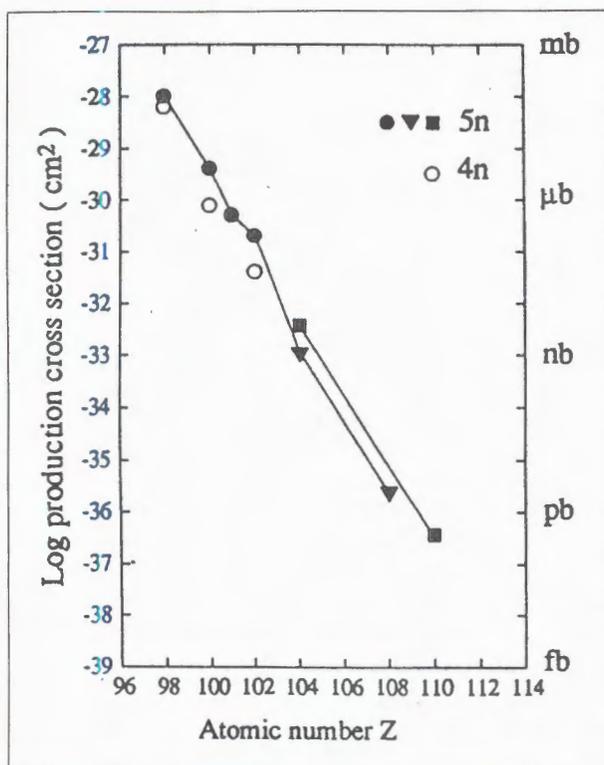


Рис.2. Измеренные сечения для 4n и 5n испарительных каналов реакций полного слияния между ядром ^{238}U и тяжелыми ионами от ^{12}C до ^{34}S . Также указаны сечения для $^{244}\text{Pu} - ^{22}\text{Ne}, ^{34}\text{S}$ реакций. Данные, показанные значками ▽ (^{238}U) и ■ — (^{244}Pu), представляют экспериментальные результаты, полученные на циклотроне У-400 с использованием установки «Газонаполненный сепаратор»

ветствующую химическую сепарацию фракции 106 элемента и измерения α -распада и событий спонтанного деления в off-line режиме. В результате экспериментов могут быть изучены свойства наиболее тяжелых изотопов $^{266,268}\text{Sg}$ ($Z = 106$) и $^{264,265}\text{Rf}$ ($Z = 104$) вблизи оболочки $N = 162$ и получен уровень сечения образования сверхтяжелых ядер в реакциях полного слияния ионов ^{48}Ca с ядрами мишеней из актинидных элементов. Были выполнены тестовые эксперименты по отработке процедуры химической сепарации фракции 106 элемента, продукта последовательного α -распада ядер $^{276,277}\text{110}$. Эксперименты показали высокую степень очистки фракции 106 элемента от фоновых продуктов Th ($\geq 3 \cdot 10^5$), Bi и Pb ($\geq 3 \cdot 10^4$). В первой серии экспериментов по синтезу $^{266,267}\text{110}$ после химической сепарации фракции 106 элемента химические образцы осаждались на углеродные фольги толщиной ~ 40 мг/см² и помещались между парами полупроводниковых детекторов α -излучения для регистрации активности в off-line режи-

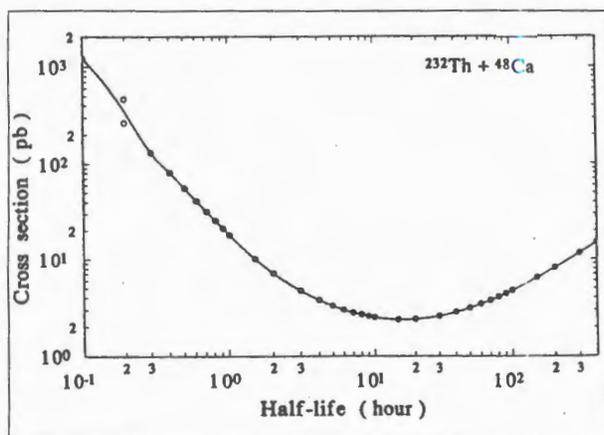


Рис.3. Зависимость чувствительности по сечению образования ядер $^{276,277}\text{110}$ как функция периода полураспада дочерних ядер 106 и 104 элементов

ме. После облучения часть ториевых мишеней со вбитыми в них продуктами реакций полного слияния помещалась между слоями твердотельных трековых детекторов для регистрации осколков спонтанного деления. Интенсивность пучка ионов ^{48}Ca в этом эксперименте достигала $4 \cdot 10^{12}$ 1/с, за двое суток была набрана полная доза $\sim 3 \cdot 10^{17}$ ионов ^{48}Ca . Обработка образцов и анализ результатов продолжают. На рис.3 представлена кривая зависимости верхней границы сечения образования ядер

ХИМИЯ ТРАНСАКТИНИДОВ

Несколько лет назад в лаборатории термохроматографическим методом было проведено сравнительное изучение тетрахлоридных и тетрабромидных соединений 104 элемента и гафния. Результаты показали, что валентность соединений 104-элемента выше, чем для гафния. Эти результаты обусловлены релятивистскими эффектами в химических свойствах. Недавно на циклотроне У-400 в коллаборации с группами химиков из PSI (Цюрих), Исследовательского центра Россендорфа проведено сравнительное изучение тетра- и оксидхлоридов

СЛИЯНИЕ И ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР

Новые свидетельства влияния оболочечных эффектов на динамику ядерного деления были получены для спонтанного и вынужденного деления в последних экспериментах в коллаборации с различными группами.

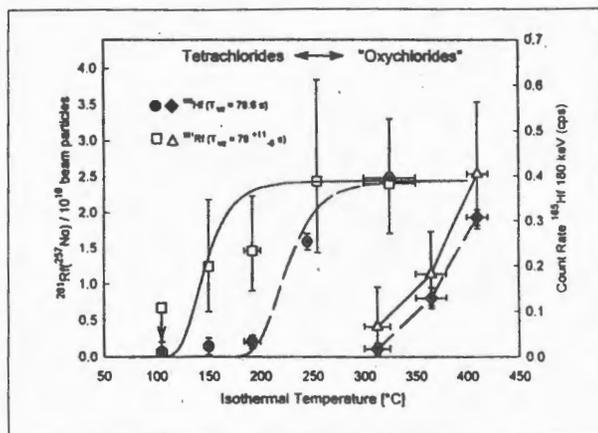


Рис.4. Величины прохождения фракции ^{261}Rf (^{257}No) как функция температуры термохроматографической колонки

$^{276,277}\text{110}$ как функция периода полураспада дочерних ядер $^{268,269}\text{Sg}$ и $^{264,265}\text{Rf}$. Чувствительность эксперимента составила ~ 3 пб ($3 \cdot 10^{-36}$ см²). Возобновление экспериментов по синтезу $^{276,277}\text{110}$ и наблюдению дочерних продуктов от α -распада $^{268,269}\text{Sg}$ или $^{264,265}\text{Rf}$ запланировано с апреля 1998 года. При средней интенсивности ионов $^{48}\text{Ca} \sim 3 \cdot 10^{12}$ 1/с чувствительность эксперимента достигнет ~ 1 пб.

этих двух элементов. Фракция радиоактивных атомов, выживших после прохождения через колонку, была измерена на выходе из колонки как функция температуры колонки. Это позволяет аккуратно измерять время удерживания, которое зависит от валентности соединения и температуры колонки. Впервые сравниваемые нуклиды имели одинаковые периоды полураспада, что позволило количественно охарактеризовать разницу в свойствах подобных элементов (рис.4) [6].

С целью изучения феномена холодной компактной и холодной деформированной фрагментации и поиска кластерных мод распада на установке КОРСЕТ + ДЕМОИ (широкоугольные детекторы осколков деления и 4π -нейтронный спектрометр) и

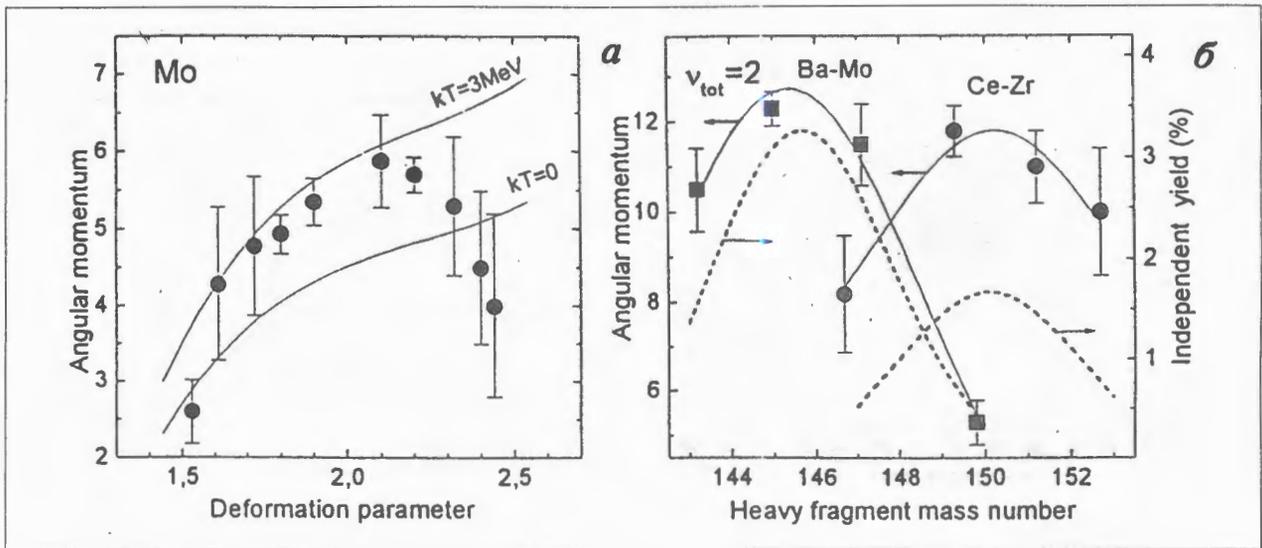


Рис.5. Спонтанное деление ядер ^{252}Cf : а) Зависимость средней величины углового момента для ядер Мо как функция параметра деформации. б) Зависимость выхода коррелированных пар осколков Ва-Мо и Се-Zr от величины суммарного углового момента (для $V_{tot} = 2$)

4 π -спектрометра осколков деления ФОБОС были проведены измерения спонтанного деления ^{248}Cm .

Проанализированы тонкая и гросс-структура первичных масс-энергетических распределений осколков деления, полученных в спонтанном делении ^{252}Cf . Имеется указание на то, что делительные моды определяются кластеризацией делящейся системы [7].

В течение длительного времени считалось, что исследование углового момента осколков деления позволяет понять природу динамики деления. Однако до настоящего времени в этом направлении исследований наблюдается не большой прогресс, что обусловлено трудностями в получении экспериментальной информации.

В 1997 году в совместном Дубна — Вандербилт эксперименте из измерений множественности γ -лучей из осколков деления были получены совершенно новые данные относительно углового момента осколков. Спектроскопические измерения (γ - γ)-совпадений при спонтанном делении ^{252}Cf были проведены на установке «Гамма-сфера». Для более чем 70 пар осколков деления Ва-Мо и Се-Zr определены угловые моменты. Анализ данных привел к общему заключению, что угловой момент осколка деления не возрастает регулярно с увеличением деформации в точке разрыва (см. рис.5а). Сравнение экспериментальных данных с результатами расчета показало, что такое поведение обусловлено уменьшением температуры поперечных осцилляций. Впервые были обнаружены корреляции между выходом пар фрагментов и величиной углового момента (см. рис.5б). Наблюдение такой корреляции дает ясное указание на существование сильной

связи между двумя коллективными степенями свободы — поперечными и дипольными осцилляциями [8,9].

В реакции $^{18}\text{O} + ^{208}\text{Pb}$ при энергиях ниже барьера кулоновского взаимодействия ядер измерены корреляции (масса — энергия — угол) осколков деления в совпадении с нейтронами и γ -квантами и получены экспериментальные данные по эмиссии предразделительных нейтронов для индивидуальных делительных мод (симметричной и асимметричной). Результаты анализа показали, что полученная зависимость ν_{pre} от массы осколка резко отличается от случая более высокой энергии возбуждения, когда исчезают оболочечные эффекты и нет делительных мод [10].

Впервые измерены характеристики осколков деления (масс-энергетические корреляции) в совпадении с нейтронами и γ -квантами для компаунд-ядра с $Z = 110$, полученного в асимметричной реакции $^{249}\text{Cf} + ^{24}\text{Mg}$. Предварительный анализ экспериментальных данных показал, что этот метод позволяет оценивать сечения реакций слияния-деления для сверхтяжелых ядер с малой энергией возбуждения (рис.6).

В 1997 году с использованием кинематического сепаратора ВАСИЛИСА и пучков тяжелых ионов циклотрона У-400 были продолжены эксперименты по изучению вероятности слияния и делимости возбужденных тяжелых компаунд-ядер [11,12]. Изучен процесс девозбуждения высоковозбужденных компаунд-ядер, включая испарение протонов, α -частиц, и вплоть до 8 нейтронов — из компаунд-ядер Fm. Получена систематическая информация относи-

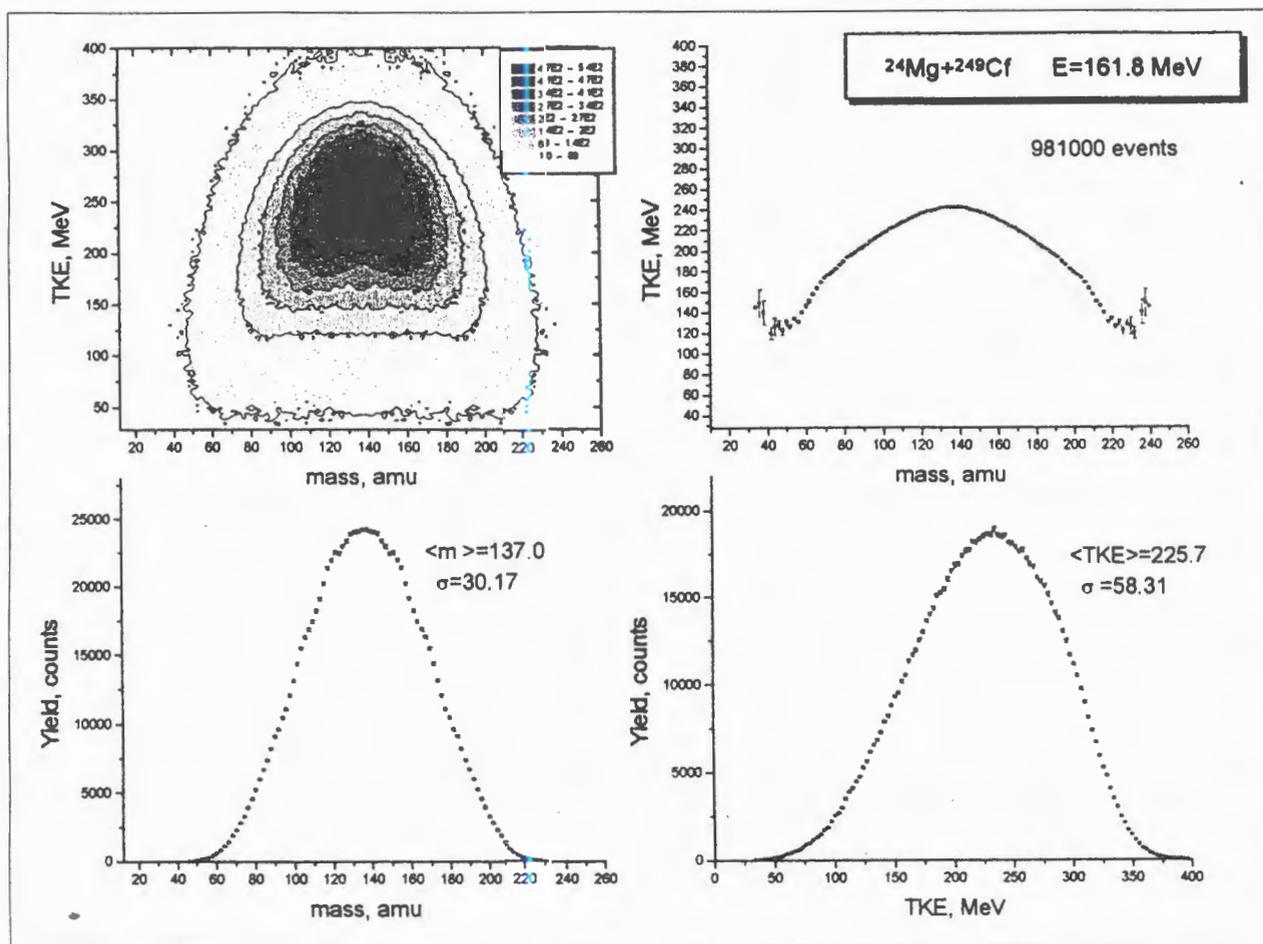


Рис.6. Масс-энергетические распределения осколков деления для компаунд-ядра с $Z = 110$, полученного в асимметричной реакции $^{24}\text{Mg} + ^{249}\text{Cf}$

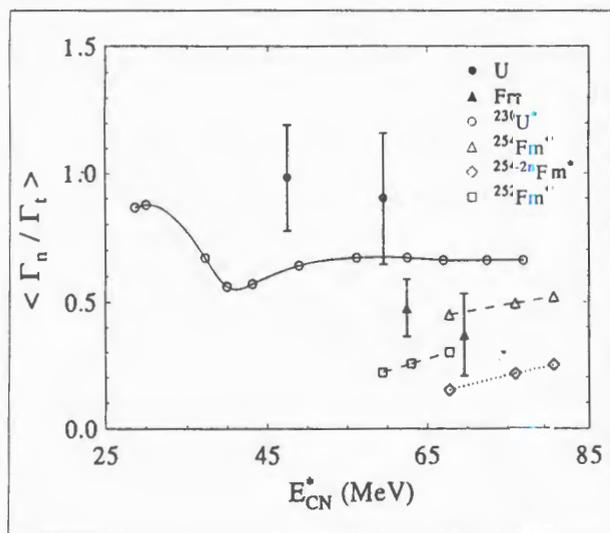


Рис.7. Отношение нейтронной и полной ширины распада для компаунд-ядер Fm как функция температуры

тельно конкуренции между различными каналами составного ядра вплоть до температуры 1,8 МэВ.

Отношения нейтронной и полной ширины распада Γ_n / Γ_{tot} были измерены для компаунд-ядер $^{254-256}\text{Fm}$ при энергиях вплоть до $E^* = 60 - 80$ МэВ

(рис.7). С использованием статистической модели расчетов из анализа соотношения ширины получены значения величины барьера деления [13].

Для исследования ограничений на слияние во входном канале были проведены эксперименты $^{16}\text{O} + ^{206,208}\text{Pb} \rightarrow ^{222,224}\text{Th}$. Сечения образования конечных ядер после испарения частиц измерены в области малых энергий возбуждения компаунд-ядер, вплоть до 10 МэВ ниже энергии возбуждения, соответствующей барьеру слияния (рис.8) [14]. Для ряда реакций влияние замкнутых оболочек на образование продуктов испарительных реакций было исследовано как во входном канале $^{16}\text{O} + ^{201,208}\text{Pb}$ ($N = 8$ и 126 соответственно) и $^{86}\text{Kr} + ^{136}\text{Xe}$ ($N = 50$ и 82 соответственно), так и для компаунд-ядер $^{86}\text{Kr} + ^{130}\text{Xe}$ ($N = 126$) [15].

Результаты анализа показали, что набор экспериментальных данных, связанных с распадом компаунд-ядра $^{222,224}\text{Th}$, может быть описан хорошо в рамках статистической модели, реализованной в

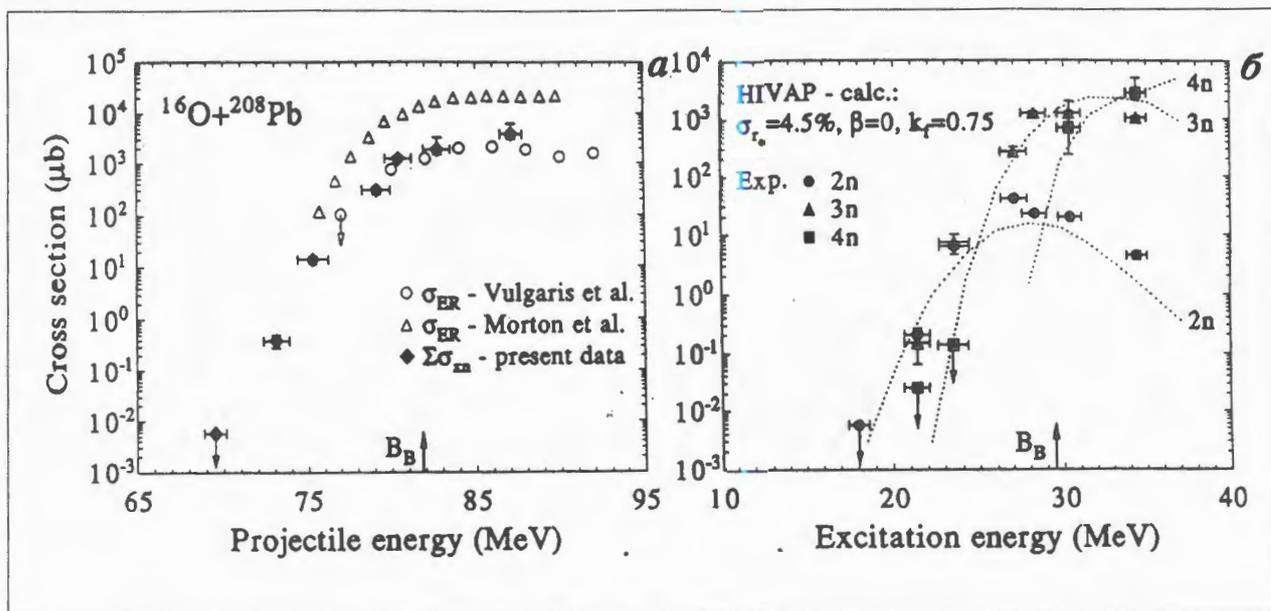


Рис.8. Функция возбуждения для каналов испарения компаунд-ядра ^{244}Th , полученного в реакции $^{16}\text{O} + ^{208}\text{Pb}$: а) Измерения различных авторов. б) Сравнение измеренных функций для $2n$ – $4n$ испарительных каналов с результатами расчетов по программе HIVAP

коде HIVAP. Результаты, полученные в реакции $^{86}\text{Kr} + ^{136}\text{Xe}$, показали, что при образовании компаунд-ядра ^{222}Th не наблюдается энергетического сдвига барьера слияния, предсказанного в модели «extra-extra push». Эти результаты показывают возможность изучения механизма холодного слияния — подбарьерное слияние тяжелых ядер открывает новые возможности для синтеза сверхтяжелых ядер.

В 1998 году планируется продолжить исследование особенностей реакции слияния в следую-

щих комбинациях, вызывающих повышенный интерес в связи с синтезом сверхтяжелых элементов: $^{136}\text{Xe} + ^{124}\text{Sn} \rightarrow ^{260}104^*$, $^{136}\text{Xe} + ^{136}\text{Xe} \rightarrow ^{272}108^*$ и $^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb} \rightarrow ^{294}118^*$. С этой целью будет продолжена модернизация установки ВАСИЛИСА для повышения в 2 раза напряженности электростатического поля и перевода сепаратора ВАСИЛИСА, ныне работающего в режиме фильтра энергии, в фильтр скоростей.

ИССЛЕДОВАНИЯ С ДОЛГОЖИВУЩИМ ИЗОМЕРОМ $^{178m2}\text{Hf}$

Проведены γ -спектроскопические измерения с интенсивным источником $^{178m2}\text{Hf}$ высокой чистоты, и выявлены слабые ($\sim 10^{-4}$) ветви переходов с уровнем $2n$ на уровни $2p$ полос ($K^\pi = 8^-$). На рис.9 экспериментально полученные значения $B(E2)$ для межполосных переходов даны в отношении к тем же величинам для переходов по полосе. Эти результаты проливают свет на амплитуду смешивания полос в зависимости от спина уровня.

По программе исследований ядерных реакций с изомерами измерена вероятность вынужденной разрядки изомера ^{180m}Ta при неупругом рассеянии

фотонов [16]. На рис.10 показан выход реакции $^{180m}\text{Ta}(\gamma, \gamma)^{180g}\text{Ta}$ в зависимости от граничной энергии тормозного излучения. С использованием мониторинговой реакции $^{232}\text{Th}(\gamma, f)$ осуществлена абсолютная калибровка выхода и получены значения средней вероятности $\sigma_g/(\sigma_g + \sigma_m)$ разрядки изомера, которые приведены на рис.10 при определенных значениях средней энергии возбуждения ядра. Таким образом, получены новые данные о функции возбуждения для K -смешивания в деформированном ядре.

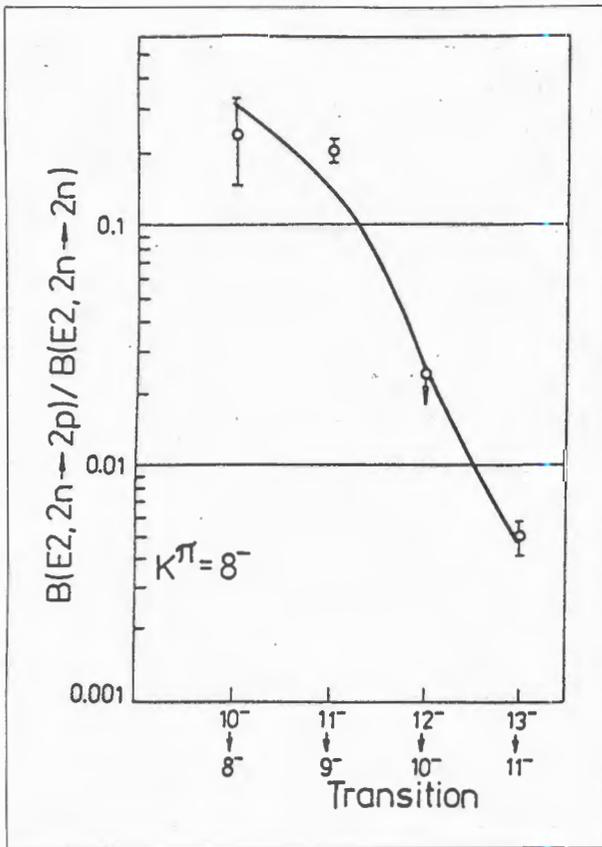


Рис.9. Отношение значений $B(E2)$ для переходов между полосами $2p$ и $2n$ к этой же величине для переходов по полосе ($K^\pi = 8^-$)

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ЯДРА

В течение длительного времени нейтроннообогатенное ядро ${}^6\text{He}$ привлекает большое внимание как с экспериментальной, так и с теоретической точки зрения. Теория описывает ${}^6\text{He}$ как трехтелную систему и дает определенные предсказания. В частности, предсказанные «динейтронная» и «сигароподобная» конфигурации ждут экспериментального подтверждения. Доступные экспериментальные данные не позволяют нам сделать определенных заключений относительно деталей структуры нейтронного гало в ${}^6\text{He}$. Хорошо известно, что реакции передачи дают хорошие возможности для изучения структурных параметров и спектроскопических факторов ядерных конфигураций. Поэтому представляется естественным использовать их как тест для внутренней структуры волновой функции ${}^6\text{He}$. В случае столкновения таких партнеров, как ${}^6\text{He}$ и ${}^4\text{He}$, будет иметь место двухнейтронная передача, т.е. обменный эффект будет наблюдаться в рамках системы центра масс, как упругое рассеяние под задними углами.

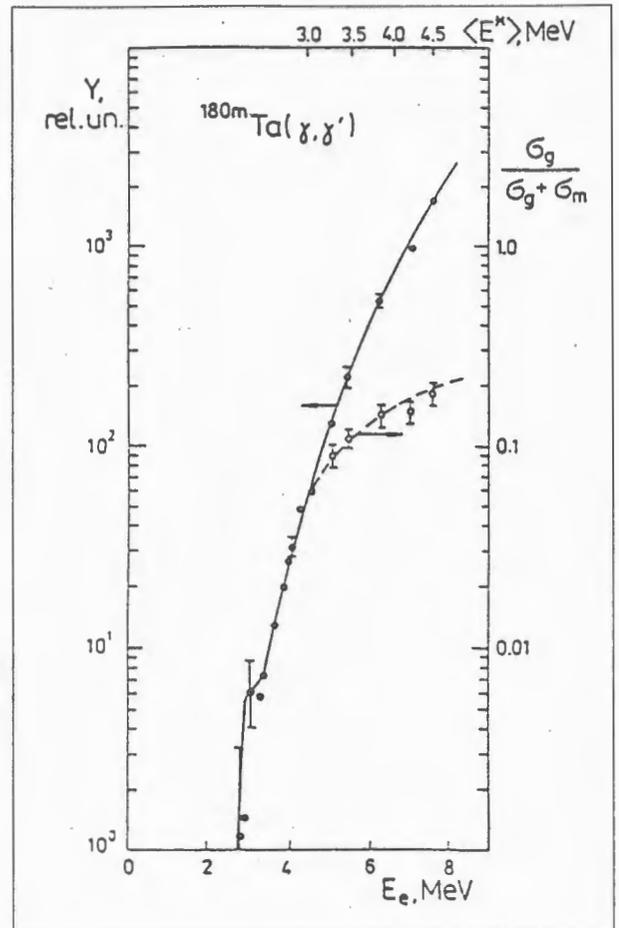


Рис.10. Выход реакции ${}^{180m}\text{Ta}(\gamma, \gamma'){}^{180g}\text{Ta}$ в зависимости от граничной энергии тормозного излучения

В реакции фрагментации 32 МэВ/н. пучка ионов ${}^7\text{Li}$ на толстой мишени ${}^9\text{Be}$ толщиной 225 мг/см² был произведен интенсивный вторичный пучок экзотических ионов ${}^6\text{He}$ высокого качества. Ионы ${}^6\text{He}$ сепарированы с использованием установки АККУЛИННА, недавно установленной на циклотроне У-400М[17].

Разброс энергий (ширина на полувысоте) и эмиттанс составляют $\pm 2\%$ и 30л мм · мрад соответственно. Интенсивность пучка ${}^6\text{He}$ такого качества составляла $2 \cdot 10^5$ л/с при интенсивности первичного пучка ${}^7\text{Li} \sim 1 \cdot 10^{12}$ л/с. Гелиевая газовая мишень была охлаждена до 78 К жидким азотом, при давлении 5 атмосфер, результирующая толщина ${}^4\text{He}$ мишени была $5,6 \cdot 10^{20}$ л/см². Экспериментальная установка включает в себя два телескопа кремниевых детекторов, установленных на двух независимо подвижных плечах. Энергетическое разрешение каждого детектора, используемого в телескопах, было лучше чем 100 кэВ для α -частиц с

энергией 5,5 МэВ, испускаемых ^{238}Pu , и составляют $\sim 0,6\%$ от 150 МэВ энергии ионов ^4He . Телесный угол каждого из двух телескопов достигает 75 мср в лабораторной системе. На рис.11 представлено результирующее угловое распределение $d\sigma/d\Omega$.

Точками показаны результаты расчета по оптической модели для системы $^6\text{He} + ^4\text{He}$. В интервале углов $122^\circ \leq \theta_{\text{см}} \leq 155^\circ$ рассчитанное сечение упругого рассеяния меняется между $5 \cdot 10^{-4}$ и $5 \cdot 10^{-6}$ мб/ср, в то время как экспериментальные точки лежат на уровне, в $10^2 + 10^4$ более высоком. Было показано, что не удается подобрать разумный набор параметров в потенциале оптической модели, чтобы воспроизвести выход ядер ^6He , наблюдаемый под задними углами.

Это указывает на то, что события ^6He -рассеяния, наблюдаемые в этой области, обязаны двухнейтронному обмену. Теоретические оценки, выполненные в рамках трехтельной модели ($\alpha + n + n$), предсказывают две выделенные компоненты для волновой функции ^6He : 1) — «динейтронную» компоненту, в которой нейтроны расположены вблизи друг друга ($r_{nn} \approx 1$ фм) с центрами тяжести, удаленными от ядра-кора ^4He ($R_{nn} \approx 4$ фм) и 2) — сигароподобную компоненту ($r_{nn} \approx 4$ фм, $R_{nn} \approx 1$ фм).

После нормализации волновой функции ^6He был изучен вклад обеих компонент в двухнейтронный обмен. Сплошная линия показывает расчетные сечения двухнейтронных реакций передач, полученные с полной двухкомпонентной волновой функцией. Видно хорошее согласие результатов расчета с экспериментальными точками. Штриховая кривая показывает результаты расчетов с модельной волновой функцией, в которой не учитывается вклад динейтронной компоненты. Видно, что расчетные сечения на два порядка величины ниже экспериментального, что указывает на малый вклад «сигароподобной» конфигурации в полную волновую функцию. Таким образом, можно считать, что спектроскопический фактор двухнейтронного кластера в ядре ^6He практически равен единице. Соответственно и вклад динейтронной конфигурации ^6He в сечение рассеяния под задними углами близок к 100%. Так подтверждены теоретические представления о наличии гало в структуре ядра ^6He .

В полном объеме реализована многодетекторная установка МУЛЬТИ на пучке циклотрона У-400М. Она состоит из 19 модулей пластиковых ВГО-спектрометров, многопроволочной пропорциональной камеры, многослойных кремниевых детекторов и пластиковых телескопов. Она также включает в себя 4л ВГО-шар. Новая установка со-

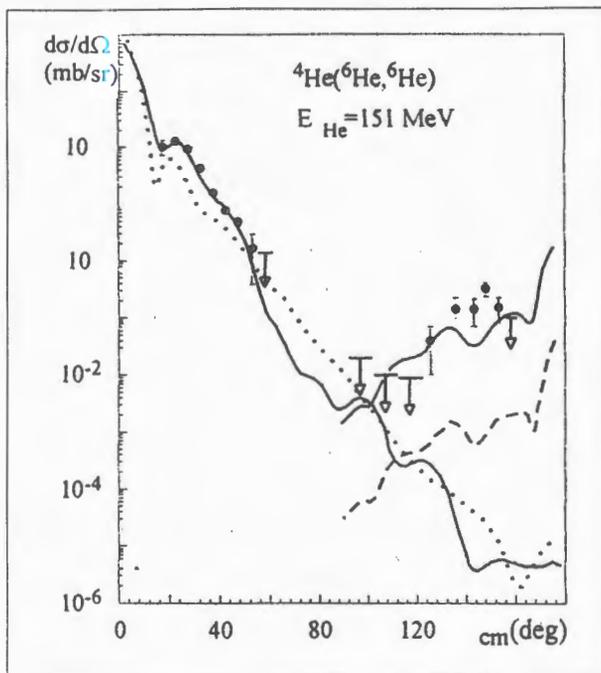


Рис.11. Результирующее угловое распределение $d\sigma/d\Omega$ для реакции $^4\text{He}(^6\text{He}, ^6\text{He})$. Сплошная линия — суммирование упругого рассеяния и сечения двухнейтронных реакций передач, полученных с полной двухкомпонентной волновой функцией (динейтронная и сигароподобная компоненты). Штриховая кривая — расчеты с модельной волновой функцией, в которой не учитывается вклад динейтронной компоненты

здана в коллаборации с ЛЯП ОИЯИ, LANCE (Лос-Аламос), Институтом ядерной физики (Ржеж), Физическим институтом (Ереван) и МИФИ (Москва).

На пучке циклотрона У-400М получены пучки протонно-избыточных ядер ^7Be , ^9C и ^8B . (ядро ^8B — кандидат на наличие «протонного гало»). Получена информация о реакции развала $^8\text{B} \rightarrow ^7\text{Be} + p$, а также измерены угловые корреляции между ^7Be и протоном. Результаты предварительного анализа показывают увеличение среднеквадратичного протонного радиуса ядра ^8B по сравнению с ^7Be и ^9C и могут быть интерпретированы как указание на наличие «протонного гало» в ядре ^8B [18].

На спектрометре МСП-144 в реакциях с ионами $^{32,34}\text{S}$ с энергией вплоть до 20 МэВ/н. были измерены сечения образования ряда ядер, лежащих далеко от области стабильности с $6 \leq Z \leq 14$. Данные были сравнены с подобными результатами, полученными на GANIL (Кан) при энергии 75 МэВ/н. Эти результаты указывают на вклад многоуклонных реакций передач при различных энергиях вплоть до $30 + 40$ МэВ/н. Можно отметить, что реакции передач имеют некоторые преимущества

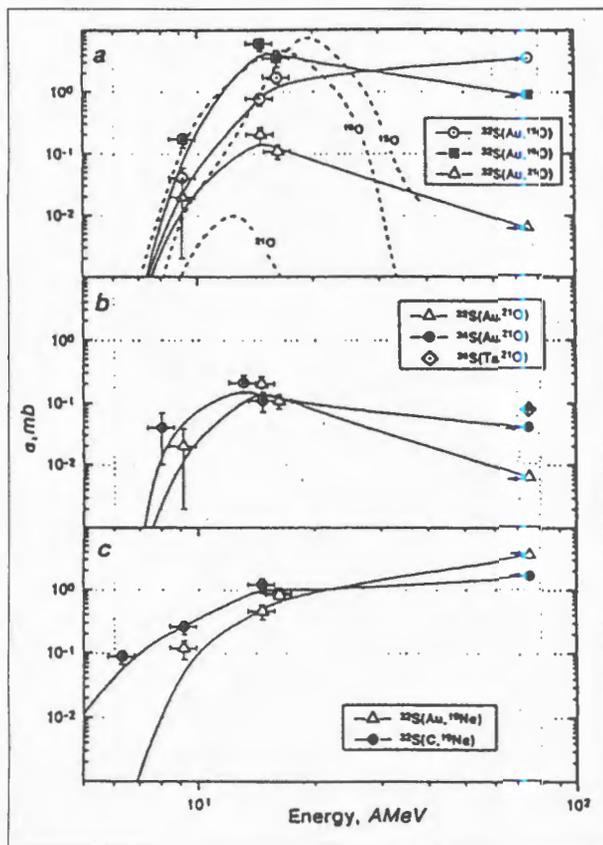


Рис.12. Сечения образования изотопов кислорода и неона в реакциях с ионами серы ^{32}S в зависимости от энергии ионов

по сравнению с реакциями фрагментации, используемыми при синтезе радиоактивных ядер (рис.12). Это существенно при выборе оптимальной реакции при получении пучков радиоактивных ядер [19].

В GANIL — ЛЯР и RIKEN — ЛЯР коллаборациях были изучены свойства сильно нейтронообогатенных изотопов ядер вблизи нейтронных оболочек с $N = 20, 28$. Массы ядер вблизи границы ядерной стабильности измерены с высокой точностью ($\Delta m/m \sim 10^{-6}$). Установлена нуклонная нестабильность ядер ^{28}O , ^{33}Ne и ^{36}Na [20,21].

В 1997 году фрагмент-сепаратор КОМБАС был полностью оттестирован на пучках ионов ^{14}N и ^{12}C при энергиях вплоть до 50 МэВ/н. Большой телесный угол (6,4 мср) и высокий акцептанс (20%) сепаратора позволяет эффективно выделять очень короткоживущие ядра, получаемые в реакциях с экстремально низким выходом. Эти ядра образуются при промежуточных энергиях в реакциях массивных передач с широким распределением по моменту и углу. Высокоинтенсивный первичный пучок (вплоть до 10^{13} 1/с) циклотрона У-400М в сочетании с высокой эффективностью сепаратора дает определенные преимущества этой установке. Первые эксперименты (декабрь 1997 г.) были посвящены изучению механизма образования тяжелых изотопов вплоть до ^{14}Be в реакции ^{18}O (45 МэВ/н.) + ^9Be .

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ. УСТАНОВКА ФОБОС

Установка ФОБОС претерпела дальнейшую модернизацию. В 1997 году новый эксперимент был выполнен с использованием передней стенки с 80 фосфич-детекторами. Анализ предыдущих экспериментов привел к наблюдению нового феномена. Впервые в ширине массового распределения осколков деления был обнаружен эффект предразрывного охлаждения при делении горячих ядер в интервале энергий возбуждения $100 + 250$ МэВ. Показано, что время деления равно $\sim 4 \cdot 10^{-20}$ с. Решения двумерного уравнения Ланжевена, применительно к данной проблеме, воспроизводят этот эффект. Медленное возрастание ширины массового распределения происходит при энергиях вплоть до 250 МэВ. При более высоких энергиях появляется дополнительная дисперсия массового распределения, которая показывает включение нового типа быстрого делительного процесса (рис.13) [22,23].

Реакции ^{14}N (53 МэВ/н.) + ^{197}Au и ^{232}Th были использованы для изучения конкуренции между бинарными и тройными распадами горячих тяжелых компаунд-подобных ядер при энергии возбуждения

меньше 3,5 МэВ на нуклон (рис.14). Так как результаты для обеих мишеней подобны, то распадающиеся компаунд-подобные системы образуются в основном в центральных взаимодействиях и влиянием краевых соударений можно пренебречь. Основным источником трехтельных распадов является последовательная эмиссия легких фрагментов из мишенеподобных ядер, образующихся после деления. Добавочно, каналы одновременного распада могут быть выделены наблюдением кулоновского эффекта фокусировки для легчайшей частицы. Зарядовое распределение группы легчайших частиц в основной моде распада занимает большую область вплоть до симметричного разделения на 3 части, с почти постоянным выходом до $Z > 10$. Слабая зависимость выхода от энергии возбуждения E^* находится в согласии с описанием этого распада как медленного делительно-подобного процесса. Относительные скорости трех фрагментов соответствуют коллинеарной конфигурации для разделения на три осколка. Основываясь на этих наблюдениях, мы предполагаем интерпретировать полученные

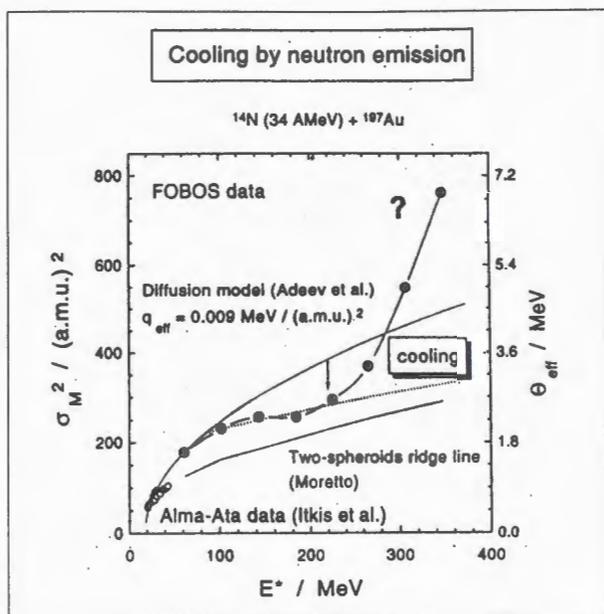


Рис.13. Зависимость ширины массовой дисперсии фрагментов деления от энергии возбуждения. Эффект предразрывного охлаждения при делении горячих ядер с $E^* \leq 250$ МэВ

данные с использованием картины плавного перехода от эмиссии из шейки делящегося ядра к процессу симметричного тройного деления. Похожая мода деления на три осколка, которая характеризуется экстремально низкой относительной скоростью и изотропной эмиссией третьей частицы по отношению к оси деления, связывается с запаздывающим разрывом шейки.

В проведенном российско-китайском эксперименте по изучению γ -лучей и спектров протонов, а также выходов ядер, образующихся в реакциях

ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ

Благодаря введению в строй системы аксиальной инжекции тяжелых ионов на циклотронах У-400 и У-400М в 1997 году получены новые результаты, касающиеся интенсивности и качества пучков ускоренных ионов. Наиболее заметные из них связаны с ускорением Li (35 МэВ/н.) на циклотроне У-400М: интенсивность внутреннего пучка достигала ~ 6 мкА, а интенсивность на мишени ~ 1 мкА. Полностью завершена модернизация центральной части циклотрона У-400М.

Создание системы банчеров позволило увеличить интенсивность ускоренного пучка ионов в 2—3 раза. На стенде с использованием системы аксиальной инжекции проведены тестовые эксперименты по выявлению возможности получения интенсивных пучков ускоренных ионов Li и Ca из

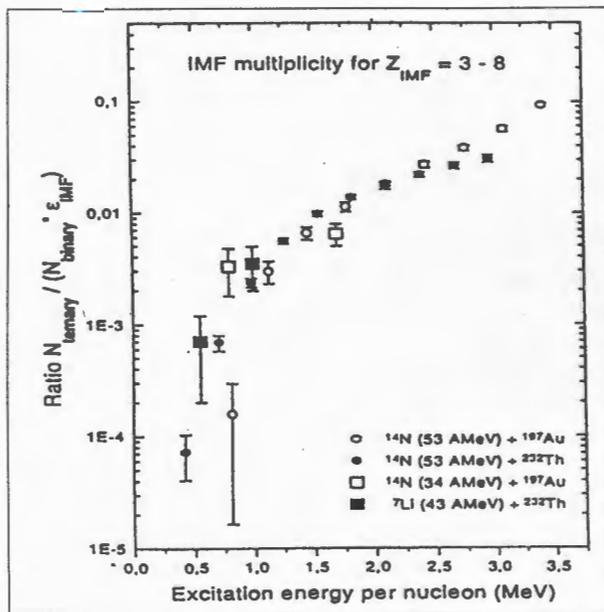


Рис.14. Зависимость отношения тройных распадов к двойным от энергии возбуждения для высоковозбужденных составных ядер

$^{92}\text{Mo} + ^{40}\text{Ca}$ и $^{97}\text{Mo} + ^{40}\text{Ca}$ при энергии $E_{\text{лаб.}} = 280$ МэВ, зарегистрировано образование нового изотопа ^{130}Sm , являющегося легчайшим нуклонностабильным протоном Sm. Измерен выход более чем для двадцати изотопов, и показано, что каналы с испусканием одних только нейтронов подавлены. Компаунд-ядра ^{132}Sm и ^{137}Sm , образующиеся в этих реакциях, распадаются в основном с вылетом протонов или α -частиц.

ЭЦП-источников DECRIС-14-2 и ECR-4M. Применение новой микрочастицы с максимальной температурой ~ 900°C привело к значительному прогрессу при получении ионов из металлов. Эта печь в комбинации с добавочным титановым вкладышем, установленным внутри разрядной камеры, позволяет получать пучки ионов $^7\text{Li}^{2+}$, $^{26}\text{Mg}^{3+}$ с интенсивностью вплоть до 200 эл.мкА. На стенде и на циклотроне У-400 были проведены тестовые эксперименты по экономному расходованию рабочего материала (Ca, CaO) при получении интенсивных пучков $^{48}\text{Ca}^{5+}$. Во время длительных экспериментов на источнике ECR-4M при средней интенсивности ионов Ca из источника на уровне 50 мкА расход вещества $^{48}\text{Ca}^{5+}$ достигал ~04 мг/ч. Ионы газообразных веществ, таких, как He, N₂, O₂ и Ar, были ус-

пешно получены от источника DECRI-14-2 и ускорены на циклотроне У-400М. Источник показывает хорошие возможности в случае ионов сред-

него заряда (например, достигнута интенсивность ~ 600 эл.мкА для ионов Ag^{8+}), а также высокие эксплуатационные характеристики.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Радиационная физика твердого тела. Выполнены комплексные исследования радиационного дефектообразования в ряде полупроводниковых (Si, GaAs, монокристаллический природный и искусственный алмаз, пиролитический графит) и диэлектрических материалов (LiF , Al_2O_3 , слюда). Исследование облученных полимеров позволило создать новые методы изготовления трековых мембран с ультратонкими порами и различной формы.

Проведены детальные исследования структуры поверхности в алмазе, Si, слюде и пиролитическом графите, облученных ионами K_g (210 МэВ), с использованием сканирующей электронной микроскопии, туннельной и атомной силовой микроскопии высокого разрешения. Впервые показано, что в месте прохождения тяжелых ионов через поверхность вышеперечисленных материалов образуются кратероподобные структуры, а на неповрежденной поверхности происходит осаждение удаленного материала. Предложен и реализован новый метод облучения материалов тяжелыми ионами высоких энергий, что позволило изучить структуру треков ионов, ориентированных вдоль поверхности.

Изучена микроструктура дефектной зоны, обнаружен новый эффект — образование второго пика дефектов за брегговским пиком смещений при

увеличении флюенса облучения в Si и GaAs. Развита феноменологическая модель структуры треков тяжелых ионов с высокими удельными ионизационными потерями энергии в полупроводниковых и диэлектрических монокристаллах.

На основе развитой модели трека выполнены исследования диффузии электрически активных примесей по трекам тяжелых ионов. Показано, что при оптимизированных температурах отжига наблюдается ускоренная диффузия примесей. Это позволяет создавать проводящие многослойные структуры в материалах.

Обнаруженные эффекты, несомненно, имеют важное прикладное значение в создании новой технологии электронной промышленности, основанной на высокоэнергетической ионной имплантации.

Получение ультрачистых радионуклидов для биомедицинских и экологических исследований. Завершена разработка методов и получены практически моноизотопные препараты ^{237}Pu и ^{244}Pu с изотопной чистотой 99,997%. Данные препараты использовались в совместных экспериментах с Харвелловской лабораторией (Великобритания) по изучению метаболизма плутония в человеческом организме (in vivo). Это позволило выполнить цикл исследований и получить существенно новые данные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lazarev Yu.A. et al. — *Phys. Rev. C*, 1996, v.54, p.620.
2. Oganessian Yu.Ts. — *JINR Rapid Communications*, 1996, No.6[80]-96, p.49.
3. Lazarev Yu.A. et al. — In: *Heavy Ion Physics, Sc. Report 1995—1996 JINR, E7-97-206, Dubna, 1997*, p.43.
4. Labanov Yu.V. et al. — *Nucl. Instr. and Meth. A*, 1997, v.397, p.26.
5. Yeregin A.V. et al. — *Nucl. Instr. and Meth. B*, 1996, v.126, p.329.
6. Pfrepper G. et al. — *Radiochimia Acta*, 1997, v.77, p.201.
7. Pyatkov Yu.V. et al. — *Nucl. Phys.*, 1997, v.A624, p.140.
8. Ter-Akopian G.M. et al. — *Phys. Rev. C*, 1997, v.55, p.1146.
9. Тер-Акопян Г.М. и др. — *ЭЧАЯ*, 1997, т.28, с.1357.
10. Itkis M.G. et al. — Submitted to *Nucl. Phys. A*.
11. Andreyev A.N. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1997, v.620, p.229.
12. Andreyev A.N. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1997, v.626, p.857.
13. Sagaidak R.N. et al. — *Journ. of Phys. G. Nucl. Part. Phys.* 1998, v.24.
14. Sagaidak R.N. et al. — In: *Heavy Ion Physics, Sc. Report 1995—1996 JINR, E7-97-206, Dubna, 1997*, p.60.
15. Oganessian Yu. Ts. et al. — p.62.
16. Karamian S.A. et al. — In: *Proc. Intern. Workshop on Induced Gamma Emission, Predeal, Romania, 1997*, p.21.
17. Rodin A.M. et al. — *Nucl. Instr. and Meth. B*, 1997, v.1267, p.236.
18. Penionzhkevich Yu.E. — *Nucl. Phys.*, 1997, v.A616, p.247.
19. Tarasov O.B. et al. — *JINR Rapid Communication No.2[82]-97, Dubna, 1997*, p.47.
20. Tarasov O.B. et al. — *Phys. Lett.*, 1997, v.B409, p.64.
21. Sakurai H. et al. — *Nucl. Phys.*, 1997, v.A616, p.311.
22. Aleksandrov A.A. et al. — In: *Proc. of the Third Int. Conf DANF'96, Casta-Papernichka, Slovak Republic, 1996; JINR, E15-96-395, Dubna, 1996*.
23. Wagner W. et al. — In: *Proceed of the 2nd Workshop on «Nucl. and Heavy Ion Phys.», Caracas, Venezuela, 1997*.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ им. И. М. ФРАНКА

Научная программа ЛНФ в 1997 году определялась шестью темами Проблемно-тематического плана (ПТП) научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ. Она была нацелена на получение новых результатов по физике конденсированных сред (тема: «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов» — 07-4-0864-89/98, руководитель А.М.Балагуров), по нейтронной ядерной физике (тема: «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер» — 06-4-0974-92/99, руководитель В.И.Фурман) и в прикладных исследованиях (тема: «Активационный анализ и радиационные исследования на ИБР-2» — 07-4-0975-92/96, руководитель В.А.Сарин). Для обеспечения физических исследований осуществлялось развитие и

создание базовых установок лаборатории ИБР-2 (тема: «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2» — 07-4-0851-87/97, руководитель В.Д.Анарьев) и ИРЕН (тема: «Разработка проекта ИРЕН» — 06-4-0993-94/96, руководитель В.И.Фурман), а также развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ (тема: «Развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ» — 07-4-1012-96/2000, руководитель В.И.Приходько).

Актуальные вопросы исследований, проводимых в кооперации с ведущими ядерными центрами, были рассмотрены на международных семинарах по взаимодействию нейтронов с ядрами, по структурным исследованиям материалов, на Национальной конференции по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов.

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Нейтроннографические исследования по физике конденсированных сред на реакторе ИБР-2 ведутся с использованием четырех основных методов: дифракции, малоуглового рассеяния, неупругого рассеяния и оптики с поляризованными нейтронами. Распределение времени на эксперименты на спектрометрах реактора производится в соответствии с рекомендациями экспертов по поступившим заявкам и имеющимися долгосрочными обязательствами.

В экспериментальные залы реактора ИБР-2 выведено 12 нейтронных пучков, на которых располагаются физические установки. В настоящее время в распоряжении экспериментаторов для исследований по физике твердого тела находятся 12 спектрометров. Из них работа в режиме пользователей в 1997 году шла на 9 установках: HRFD, DN-2,

NSVR, YuMO, SPN, REFLEX-P, KDSOG, NERA и DIN. На DN-12 проходила радикальная модернизация, которая завершилась к лету 1997 г., спектрометр SNIM в соответствии с рекомендациями ПКК был выведен из работы с пользователями, DIFRAN работает по особой программе. Главные параметры спектрометров, включенных в расписание, и их возможности по заданию специальных условий на образце в основном сформировались и в целом соответствуют мировому уровню. В ходе летней остановки реактора на профилактику закончился монтаж спектрометра SKAT, предназначенного для исследований текстуры объемных образцов. В конце 1997 г. SKAT будет введен в эксплуатацию вместо спектрометра NSVR.

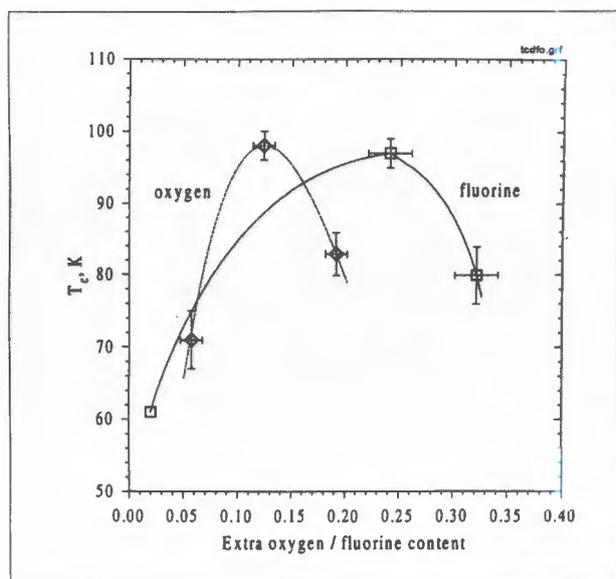


Рис.1. Зависимость критической температуры $\text{HgBa}_2\text{CuO}_4\text{F}_\delta$ от уровня допирования

Совместная с Химическим факультетом МГУ программа исследований ртутьсодержащих высокотемпературных сверхпроводников была продолжена изучением атомной структуры соединения $\text{HgBa}_2\text{CuO}_4\text{F}_\delta$, т.е. соединения, в котором сверхстехиометрический кислород был замещен на атомы фтора. Идея эксперимента основывалась на замене двухвалентного допирующего элемента на одновалентный. Сохранение баланса заряда и ионная природа формирования носителей в сверхпроводящей плоскости потребовали бы в этом случае удвоения количества допирующего атома для достижения эквивалентной температуры сверхпроводящего перехода.

Исходная Hg-1201 фаза с $T_c = 61$ К была успешно фторирована в МГУ (лаборатория -Е.В.Антипова) с помощью XeF_2 , что привело сначала к увеличению T_c до 97 К а затем к ее уменьшению с последующим подавлением сверхпроводящих свойств при увеличении содержания фтора в образце. Нейтронографический анализ (эксперименты проведены на реакторе ИБР-2 на фурье-дифрактометре высокого разрешения HRFD в мае 1997 г.), выполненный с двумя составами $\text{HgBa}_2\text{CuO}_4\text{F}_\delta$, подтвердил внедрение фтора в зарядовый резервуар (Hg -плоскость) и действительно показал удвоенное содержание фтора в структуре, по сравнению с кислородными Hg-1201 фазами, имеющими близкие значения T_c (см. рис.1). Этот факт является сильным аргументом в пользу ионной модели образо-

вания носителей электрического заряда (дырок) в Hg-1201 при допировании [1].

В рамках исследования явления макроскопического фазового расслоения в кристаллах сверхпроводников на дифрактометре DN-2 проведена серия экспериментов по изучению трансформационного двойникования кристаллов $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$. Параллельно эксперименты были проведены и на рентгеновском дифрактометре в ИФТТ (г.Черноголовка). Эксперименты на DN-2 выполнены с помощью нового двухкоординатного позиционно-чувствительного детектора, позволяющего проводить трех- или двумерное сканирование обратного пространства кристалла без каких-либо поворотов образца. Измерения показали, что доменная (двойниковая) структура этих кристаллов заметно отличается от классической схемы, реализующейся при потере оси 4-го порядка и наблюдаемой, например, в кристаллах KDP или Y-123. Оказалось, что границы между доменами в $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ в основном являются когерентными (доля доменов, сопряженных некогерентной границей, невелика). Более того, в кристаллах, испытывающих макроскопическое фазовое расслоение, эта доля составляет не более нескольких процентов, что, по-видимому, и способствует диффузии сверхстехиометрического кислорода, приводящей к расслоению [2].

На спектрометре малоуглового рассеяния YuMO в коллаборации с ИБХ (Москва), ИФТТ (Будапешт) и LURE (Орсэ) проведены исследования мицело-везикулярного перехода в системе фосфолипид — холат натрия — вода. Изучались морфологические и структурные изменения, происходящие в этой системе при смене температуры или концентрации детергента. Для системы на основе димиристоил-фосфатидил-холина наблюдался переход из мультислойной структуры в унислойную, формирование которой идет через стадию образования протяженных стержнеобразных мицелл. Анализ данных малоуглового рассеяния нейтронов позволил, кроме того, определить геометрические характеристики образующихся мицелл.

На SPN проведены первые эксперименты по генерации и регистрации нейтронной стоячей волны. Развитие этого метода может способствовать решению задачи определения структурного положения атомов в приповерхностной области вещества. В эксперименте регистрировалась зависимость интенсивности γ -квантов, испущенных при захвате нейтронов гадолинием, нанесенным в виде тонкого слоя (~ 50 Å) на намагниченный слой Fe (толщиной ~ 1000 Å), от поляризации падающего нейтронного пучка. Предварительный анализ измеренной зави-

симости позволяет говорить о наблюдении стоячей нейтронной волны с вероятностью около 90 %.

На новом рефлектометре поляризованных нейтронов REFLEX параллельно с его подробной аттестацией были выполнены эксперименты по изучению свойств некоторых нейтронно-оптических систем: многослойных зеркал, создаваемых в СПБИЯФ (Гатчина) и ЦИФИ (Будапешт), интерференционного фильтра спектрометра УХН (сотрудничество Дубна — Гренобль — Мельбурн) и др. Благодаря высокому разрешению рефлектометра, в настоящее время являющемуся, по-видимому, рекордным, на нем удается получить информацию о тонких деталях поверхностных слоев (см. рис.2).

Основной тематикой исследований на спектрометре NERA была динамика аммониевых и метило-вых групп при фазовых переходах в стехиометрических соединениях (типа $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) и в твердых растворах (типа $(\text{NH}_4)_{2-x}\text{Rb}_x\text{SO}_4$). Замещение ионов аммония на Rb, имеющий почти одинаковый с ними ионный радиус, привносит некоторый беспорядок в систему водородных связей, что позволяет проследить влияние разупорядочения на динамику аммония. Система $(\text{NH}_4)_{2-x}\text{Rb}_x\text{SO}_4$ изучена во всем диапазоне концентраций ($0 \leq x \leq 2$) и в широком диапазоне температур ($10 \leq T \leq 300$ K) путем регистрации нейтронной дифракции, неупругого и квазиупругого рассеяния, что позволило завершить определение фазовой диаграммы соединения, на которой была выявлена трикритическая точка перехода в сегнетоэлектрическую фазу. Зарегистрированные спектры неупругого рассеяния были использованы для проверки микроскопической модели динамики этих кристаллов. Модель позволила удовлетворительно объяснить механизм наблюдаемых фазовых переходов и роль динамики аммония в формировании сегнетоэлектрических свойств кристаллов.

На спектрометре KDSOG в 1997 году резко увеличилось число внешних пользователей и, соответственно, число решаемых задач, которые включали, в частности, измерение кристаллических полей в ВТСП- и GMR-материалах, определение фононных спектров в сегнетоэлектриках, интерметал-

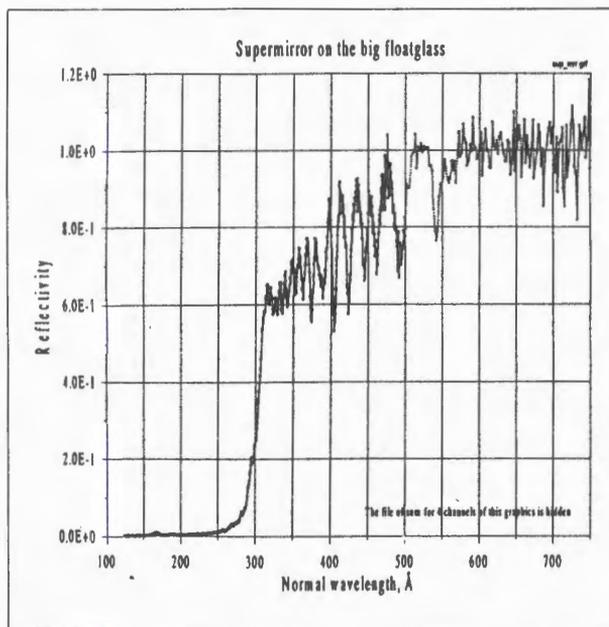


Рис.2. Зависимость коэффициента отражения для многослойного зеркала

лидах на основе Ni_3Al , изотопнозамещенных аморфных сплавов в системе Zr-Ni и в азотистых сталях, изучение колебаний водорода в неравновесных ω -Ti и Zr, интерметаллиде FeTi, в сложных карбо- и нитридах. Одним из полученных интересных результатов является обнаружение изменения магнитного отклика при допировании соединения $\text{AlSr}_2\text{Er}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_2\text{O}_7$ (1212), позволившее построить модель «перераспределения заряда» в плоскостях CuO_2 . Запланированы эксперименты по проверке модели в широком диапазоне допирования.

На спектрометре DIN продолжались эксперименты по традиционным темам — атомная динамика жидкометаллических систем с газовыми примесями, релаксационные характеристики жидкого гелия, динамика водорода в тройных системах внедрения на основе переходных металлов V группы — направленные на уточнение и систематизацию полученных ранее данных.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Согласно рекомендациям седьмой сессии Программно-консультативного комитета по ядерной физике научная программа в рамках научной темы 0974 реализовывалась на базе ИБР-30 и других нейтронных источников. Получены следующие главные результаты.

Методические работы. Первые тестовые измерения на установке УГРА показали, что необходимо модернизировать конструкцию нейтронных детекторов для работы в условиях высокого вакуума. Эта работа была выполнена к концу 1997 г., но плановая остановка ИБР-30 не позволила протести-

ровать новые детекторы. Новая установка КОЛХИ-ДА, привезенная из Грузии, смонтирована на 11-м пучке реактора ИБР-2. Эта установка позволит использовать интенсивные пучки поляризованных нейтронов для исследований псевдомagnetизма и некоторых новых эффектов нарушения четности в нейтронной оптике.

Новая ионизационная камера для измерений (n, p)- и (n, α)-реакций на газовых ядерных мишенях была смонтирована и оттестирована. Созданная установка может быть использована для измерений на радиоактивных ^{37}Ag и ^{39}Ag , что внесет ясность в природу нуклеосинтеза редкоземельного изотопа ^{36}S .

Экспериментальные исследования. Успешно продолжалась программа исследований деления ядер резонансными нейтронами. Закончен анализ экспериментальных данных по P -четной асимметрии осколков деления α^{r1} и P -нечетной угловой корреляции α^{nf} между ориентацией спина нейтрона и импульсом осколка на поляризованных нейтронах. Величины α^{r1} и α^{nf} были измерены как функции энергии нейтронов с высокой точностью до 30 эВ, что сделало возможным количественный анализ данных. Поскольку эти корреляции связаны с интерференцией s - и p -волновых нейтронных резонансов в (n, f)-реакциях, для количественного анализа необходимо получить информацию об s -волновой амплитуде. Для этого экспериментальная статистика измерения угловой анизотропии оскол-

ков деления ядра ^{235}U была увеличена вдвое в диапазоне энергий $0 \leq E_n \leq 30$ эВ. Многоуровневый четырехканальный анализ данных, полученных в 1996—97 гг., выполнен в широком интервале энергии нейтронов с помощью разработанного в ЛНФ кодировщика.

Впервые измерены нейтронные резонансы в $^{243}\text{Am}(n, f)$ -реакции в быстрой ионизационной камере. Это открывает хорошие возможности для измерений ранее неизвестных сечений деления других актинидов выше резонансной области.

Очень высокая статистика ($50 \cdot 10^6$ событий) набрана в измерениях массы и ТКЕ-распределения осколков деления в $^{235}\text{U}(n, f)$ -реакции для $E_n \leq 15$ эВ.

В рамках коллаборации TRIPLE измерено P -нечетное пропускание нейтронов ядрами $^{106,108}\text{Pd}$ для изучения зависимости масс псевдоскалярных компонент в слабых ядерных взаимодействиях.

На базе модифицированного спектрометра ультрахолодных нейтронов с интерференционными фильтрами в ИЛЛ (Гренобль) были проведены эксперименты по прецизионной проверке закона дисперсии нейтронных волн в веществе. Полученные результаты показывают существование аномалий в дисперсии УХН. Эти эксперименты будут продолжены в 1998 году.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нейтронный активационный анализ. В 1997 году на облучательном канале ИБР-2 проводились исследования по многоэлементному анализу экологических образцов и новых материалов [5].

Завершен цикл работ по анализу образцов с Кольского полуострова в связи с изучением техногенных трансформаций подзолистых Al—Fe почв в условиях воздушного загрязнения медно-никелевым производством. Эти работы, начиная с 1992 года, проводились совместно с Институтом проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра. Выполнен первый этап Международной программы по изучению атмосферных выпадений тяжелых металлов на территории Румынии. Аналитические работы по нейтронному активационному анализу горных пород, почв, донных отложений и воды внесли свой вклад в разработку экспериментальной межреспубликанской системы экологического мониторинга бассейна реки Терек.

В 1997 году продолжались исследования полупроводниковых кристаллов типа $\text{A}^3\text{B}^6\text{-A}^3\text{B}^3\text{C}_2^6$ с сильноанизотропным строением кристаллической решетки. Электрофизические и фотоэлектрические свойства гетероперехода (ГП) в системе TlSe — TlInSe_2 , обнаруженные методом жидкофазной эпитаксии из расплава TlSe на поверхности (110) TlInSe_2 , описаны в рамках модели изотопного ГП без локальных состояний в интерфейсе.

Дифракция нейтронов. Исследования прикладного характера активно велись на дифрактометре HRFD (изучение внутренних напряжений в объемных изделиях, определение структуры активированных катализаторов) и на спектрометре NSVR (текстура геологических материалов). В частности, на HRFD изучались $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$ -композиты с керамической матрицей. Развитие технологии получения передовых материалов дало новый способ

изготовления композитов, при котором металл инфильтрируется в пористую керамическую матрицу при помощи газового давления, формируя глубокопроникающую сетчатую микроструктуру. При этом хрупкие керамические материалы упрочняются включением эластичной фазы, обычно металлом,

что позволяет улучшать механические характеристики таких композитов. Обработка экспериментальных данных показала, что в исследуемых композитах фаза $A_{12}O_3$, в основном, находилась под действием напряжений сжатия, а металлическая фаза — под действием напряжений растяжения.

НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Импульсный реактор ИБР-2

В первой половине 1997 г. выполнение физической программы измерений на пучках реактора заняло 1060 часов. В июне ИБР-2 был остановлен на ремонт из-за возникшей неисправности в системе быстрой аварийной защиты. Принятое техническое решение потребовало длительного времени на его выполнение. Запуск ИБР-2 был вновь осуществлен в ноябре 1997 г., и в декабре реактор отработал на физические эксперименты еще один трехнедельный цикл.

Работы по модернизации системы оборотного водоснабжения позволили установить более экономичный режим водоснабжения при неработающем реакторе. Выполнены экспериментальные исследования динамических свойств реактора ИБР-2, основным результатом которых состоит в том, что после второй перегрузки (1996 г.) ИБР-2 работает устойчиво во всем диапазоне мощности (до 2 МВт) и расхода натрия ($80 + 120 \text{ м}^2/\text{ч}$).

В основном завершены работы по изготовлению криогенного замедлителя. Однако после заводских испытаний на прочность выявлена необходимость существенных доработок конструкции с целью обеспечения прочности изделия, что приведет к задержке окончательного срока изготовления (до середины 1998 г.).

Проект ИРЕН

В соответствии с рекомендацией Комитета Полномочных Представителей (март 1993 г.) дирекция приняла решение, одобренное 76-й сессией Ученого Совета ОИЯИ (июнь 1994 г.), о реализации проекта по созданию нового современного

источника резонансных нейтронов (ИРЕН) для исследований в области фундаментальной ядерной физики. Срок завершения проекта (физический пуск) был установлен на конец 1997 г. — начало 1998 г. Для нового источника нейтронов выбрана аналогичная ИБР-30 схема, а именно, комбинация мощного линейного ускорителя электронов и подкритической размножающей мишени. Новая установка ИРЕН даст возможность на порядок улучшить разрешение по энергии нейтронов, подняв при этом вдвое его светосилу.

В 1997 году финансирование работ по проекту ИРЕН было еще меньше, чем в 1996 г. (30 тыс. долл. в год) и только экстраординарные усилия руководителя проекта позволили сохранить ключевые договоры на разработку и поставку оборудования. Таким образом, дата завершения проекта ИРЕН, изначально установленная в 1994 г., сдвигается минимум на два года. К концу 1997 г. в проект было вложено 870 тыс. долл., а общая стоимость проекта составляет 2700 тыс. долл. Но, несмотря на это, достигнут прогресс в создании и разработке электронной пушки (в ЛВЭ и ЛСВЭ), радиочастотной системы для ЛУЭ-200, а также полномасштабного стенда для тестирования ускоряющих систем линейного ускорителя (в ЛНФ). Первый вариант системы контроля для ИРЕН создан и будет испытан в течение 1998 года на ИБР-30.

Ситуация с реализацией проекта ИРЕН была рассмотрена на специальных экспертных комиссиях, сформированных дирекцией ОИЯИ и 7-й сессией ПКК по ядерной физике, которые рекомендовали дирекции ОИЯИ найти возможность для завершения проекта в 1999—2000 гг.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЛНФ

Сетевая и компьютерная инфраструктура. В 1997 году в локальной вычислительной сети (ЛВС) ЛНФ установлено и введено в эксплуатацию новое

коммуникационное оборудование фирмы CISCO, что позволило перейти к скорости передачи данных в сети ЛНФ до 100 Мбит/с. Она базируется на

Switch технологии, позволяющей использовать в одной сети различные стандарты ЛВС. Установка нового сетевого оборудования и программного обеспечения позволила резко сократить количество коллизий в сети и разгрузить Backbone при обмене большими массивами данных.

Развитие электронного оборудования. В течение года накоплен опыт применения VME-систем сбора данных на спектрометрах NERA-PR, NSVR и SKAT. В новых циклах ИБР-2 будет вы-

полнена отладка программного обеспечения VME-системы на HRED. Завершаются изготовление и наладка унифицированной электроники для позиционно-чувствительных детекторов на спектрометрах DN-2 и YuMO. Аналогичная электроника создается для SPN и DN-12.

Обеспечена практически бесперебойная эксплуатация действующих систем автоматизации экспериментов на ИБР-2 и ИБР-30.

ЛИТЕРАТУРА

1. Antipov E.V. et.al. — *Physica C*, 1997, v.282–287, p.61.
2. Pomjakushin V.Yu. et.al. — *Physica C*, 1997, v.282–287, p.1353.
3. Sumin V.V., Gantulga Ch. — *Journal of Alloys and Compounds*, 1997, v.253, p.275.
4. Puchkov A.V. et al. — *Physica B*, 1997, v.234–236, p.4.
5. Переседов В.Ф. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, №5[85]-97, Дубна, 1997.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Основные усилия Лаборатории вычислительной техники и автоматизации в 1997 году были направлены на обеспечение адекватной сетевой, информационной, вычислительной, алгоритмической поддержки научных исследований и образовательной программы Института (проект CONET) и совершенствование локальной сети ОИЯИ, которая представляет собой уникальное сооружение по протяженности, сложности топологии, разнообразию оборудования, сетевых протоколов, операционных систем, программного обеспечения при огромных потоках передаваемой информации.

Научная программа ЛВТА в 1997 году была нацелена на получение новых результатов:

— по вычислительной физике (тема «Нелинейные проблемы вычислительной и математической

физики: исследования, математическое и программное обеспечение»);

— по моделированию и обработке экспериментальных данных (тема «Разработка математических алгоритмов и создание программного обеспечения экспериментов в физике частиц»).

Продолжалось активное участие лаборатории в нескольких национальных межведомственных программах с целью создания в ОИЯИ современного центра обработки информации. Это реализация программы «Создание национальной сети телекоммуникаций для науки и высшей школы» и разработка программы «Создание сети суперкомпьютерных центров России».

СЕТЕВАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

В 1997 году ЛВТА, следуя мировым тенденциям в области развития компьютеринга для науки и высшей школы и возросшим требованиям пользователей, приступила к реализации концепции создания Суперкомпьютерного центра (High Performance Computing Center — HPCC) в ОИЯИ, которая соответствует основным целям и задачам проекта CONET. Под HPCC следует понимать сбалансированное развитие четырех основных компонент:

1. Системы телекоммуникаций:

— внешние каналы связи (Internet);
— высокоскоростная опорная сеть ОИЯИ (Backbone).

2. Системы мощных вычислений и массовой обработки данных:

— центральный сервер высокой производительности;

— кластеры рабочих станций лабораторий и экспериментов;

— вычислительные фермы.

3. Системы хранения данных:

— система файловых серверов (на базе AFS);

— система массовой памяти;

— информационные серверы и серверы баз данных.

4. Системы программного обеспечения:

— система создания и сопровождения программного обеспечения;

— системы визуализации.

Система телекоммуникаций

В 1997 году запущен в действие скоростной оптический канал связи ОИЯИ—ЦКС «Дубна» — Шаболовка — Московская опорная сеть — М9

пропускной способностью 2 Мбит/с. Финансирование этого канала осуществлено Министерством науки и технологий в рамках межведомственной программы «Создание национальной сети телекоммуникаций для науки и высшей школы» по проекту «Создание инфраструктуры сети RBNet (наземные каналы)». Таким образом решена проблема создания высокоскоростной линии связи «ОИЯИ — Москва (М9)». Новый канал в 16 раз превосходит по пропускной способности существовавший ранее. В настоящее время ОИЯИ использует интегрированный наземно-спутниковый канал, связывающий сеть RUHEP и немецкую сеть DFN для выхода в Германию. В стадии проработки находится вариант совместного использования двух каналов: RADIO MSU — на Европу и DEMOS — на Северную Америку.

В 1997 году начались пусконаладочные работы по переводу локальной сети ОИЯИ на ATM-технологии. Проект этого перехода был одобрен комитетом пользователей ОИЯИ, и только финансовые трудности не позволили приступить к его полномасштабной реализации. Работы в этом направлении позволят создать надежную, высокопроизводительную и хорошо управляемую опорную сеть Института. Для этих целей получена часть оборудования и программное обеспечение HP-Open View для анализа и мониторинга сети, запуск которого произведен в конце года.

Для улучшения работы пользователей в сети проведена модернизация основного сервера баз данных (AlphaServer 2100) и запущен PROXY-сервер. Разработана и реализована база данных IP адресов ОИЯИ, основанная на технологии «клиент — сервер» и имеющая WWW-интерфейс для визуализации.

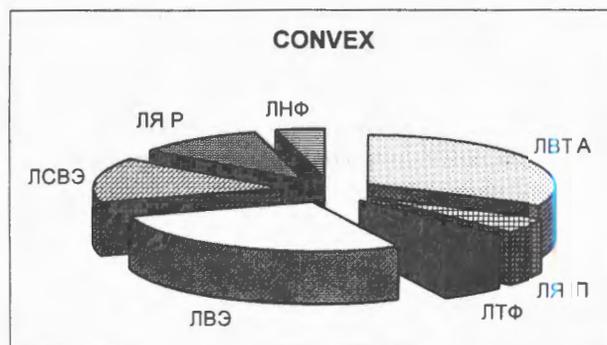


Рис.1. Распределение времени центрального процессора на ЭВМ CONVEX в 1997 году

Системы мощных вычислений и массовой обработки данных

В 1997 году продолжался рост загрузки основных серверов ОИЯИ. На рис.1 приведены результаты использования одного из основных серверов ОИЯИ (CONVEX) подразделениями Института.

В вычислительном плане в Институте существует целый пласт задач в различных областях физики, который требует огромных вычислительных ресурсов — это и задачи теоретической и математической физики, задачи физики твердого тела, задачи обработки экспериментальных данных, особенно в физике высоких энергий. Для решения подобных проблем в ЛВТА ОИЯИ совместно с представителями других лабораторий Института разработан проект создания в ОИЯИ современного высокопроизводительного вычислительного центра. Во второй половине 1997 г. Министерство науки финансировало реализацию первого этапа этого проекта. В 1998 году ожидается поставка массивно-параллельной вычислительной системы S-класса фирмы Hewlett Packard (HP) SPP2000 с 8 процессорами (общая пиковая производительность 6,4 GFlops), файлового сервера D-класса с системой массовой памяти до 10 Терабайт. В рамках этого направления деятельности находится и создание CONVEX-кластера. В 1997 года запущена система С3840, состоящая из 4 векторно-параллельных процессоров, полученная по соглашению с Германией.

В 1997 году создан SUN/SPARC-кластер с операционной системой Solaris 2.5.1., как базовый сервер для этой системы в ОИЯИ. На этом сервере размещено программное обеспечение, на которое в ОИЯИ имеются site-лицензии (Fortran F77-4.0, C++ - 4.1). Это математическое обеспечение доступно с любого сервера ОИЯИ, работающего под OS Solaris. Кроме того, на этом сервере размещены последние версии популярного в ОИЯИ программного обеспечения — CERNLIB, FSF/GNU и т.п.

Создан специализированный распределенный SUN-кластер для эксперимента CMS в ОИЯИ. Программное обеспечение и организация кластера аналогичны подобному кластеру CMS в ЦЕРН, что обеспечивает работы как по моделированию, так и по обработке данных.

Для поддержки CUTE-среды в ОИЯИ создан LINUX-сервер, работы по которому проведены при поддержке РФФИ.

В 1997 году в ЛВТА совместно с ЛСВЭ и ЛВЭ разработан проект «Вычислительная ферма для решения задач моделирования и массовой обработки однородной физической информации». Задача проекта — создание в ОИЯИ вычислительной фермы

персональных машин, предоставляющей качественно новые возможности для моделирования физических экспериментов, массовой обработки и анализа однотипных массивов экспериментальной физической информации.

Информационные серверы и серверы баз данных

Дальнейшее развитие получили системы баз данных и информационной поддержки всех сторон деятельности ОИЯИ. Продолжались работы с целью реализации проекта БАФИЗ по созданию в ОИЯИ информационного центра для организаций, объединенных исследованиями в области фундаментальной и прикладной ядерной физики (ОИЯИ, ИФВЭ в Протвино, ИЯФ в Санкт-Петербурге и Новосибирске, ИЯИ в Троицке, ИТЭФ и НИИЯФ в Москве). В 1997 году на базовом сервере dbserv.jinr.ru этого центра, оснащенный WWW-ORACLE-системой, начала поддерживаться база данных, относящаяся к справочной системе по научно-технической библиотеке ОИЯИ [1] (<http://dbserv.jinr.dubna.su/library>); в подсистеме «Physics Information Servers and Data Bases» модифицированы подразделы «High Energy Physics», «Low and Medium Energy Physics», «Physics Conferences, Workshops and Summer Schools» и «Publishing Offices».

Одним из основных направлений работ по созданию приложений баз данных (БД) является разработка программного обеспечения для автоматизации административно-хозяйственной деятельности Управления и подразделений ОИЯИ. Это прежде всего развитие и построение новых вариантов программных подсистем в соответствии с новыми требованиями различных служб Управления ОИЯИ. Данные программные комплексы выполнены с использованием современных технологий, включающих технологию создания приложений клиент-сервер, объектно-ориентированное программирование и т.п. В частности, широко применялись визуальные средства быстрой разработки приложений RAD (Rapid Application Design): MS Visual Basic, Delphi, а также профессиональные среды визуального программирования типа MS Visual C++. Для работы с БД в рамках корпоративной Intranet-сети ОИЯИ, а также для доступа через Internet разработаны WWW-интерфейсы к БД, при построении которых с успехом использовались такие современные технологии, как Java и JavaScript. В результате сотрудниками ЛВТА совместно с НТО АСУ ОИЯИ разработаны и внедрены на соответствующих рабочих местах такие программные подсистемы как, «Учет МНТС», «Кадры», «Учет материальных

ценностей», «Учет МБП», «Учет и расчет заработной платы», «Учет банковских и кассовых операций».

Реализовано несколько версий включения текста Проблемно-тематического плана (ПТП) ОИЯИ и относящихся к нему дополнительных данных в информационно-поисковые системы, в том числе в WWW.

Продолжались работы по координации развития информационного наполнения многоуровневого набора WWW-серверов ОИЯИ, и, в частности, базовых серверов ОИЯИ и ЛВТА. В структуре наполнения базового сервера ОИЯИ основные модификации относились к разделам INFO и NEWS. На сервере ЛВТА введено новое оглавление (home page) и, соответственно, модернизированы относящиеся к нему подразделы.

В настоящее время информационная система эксперимента CMS базируется на системе WWW. Web-сервер <http://sunct2.jinr.dubna.su> создан в ЛВТА и содержит информацию о работах коллаборации RDMS CMS. Этот сервер является официальным информационным сервером RDMS CMS, и ссылки на него можно найти в разделах CMSDOC и CMSINFO Web-сервера коллаборации CMS в ЦЕРН.

Создана и постоянно поддерживается домашняя страница газеты «Дубна» на WWW-сервере ОИЯИ.

Методически проработана технология размещения полнотекстовых баз данных издательского отдела и т.п. Решение вопроса сдерживается необходимостью приобретения лицензионных программных продуктов для обеспечения современного уровня доступа к информации.

Системы программного обеспечения

В 1997 году традиционно продолжалось развитие и сопровождение библиотек программ общего назначения и специального математического обеспечения: свободно распространяемого программного обеспечения (<http://jicom.jinr.ru/LCTA/freesoft.html>); лицензионного программного обеспечения (http://jicom.jinr.ru/LCTA/Soft_lic_1.html); библиотек — JINRLIB (<http://www.jinr.ru/tsap/Koi/Jinrlib/project.htm>); NAGLIB, CPC, //CERNLIB (<http://www.jinr.ru/tsap/Koi/sss.htm>); FTP-хранилища.

В ЛВТА разработана и реализована оригинальная система оцифровки графиков (СОГ), позволяющая преобразовывать представленные в печатном виде графики в табличную форму [2]. Сопровождение процедуры измерения, а затем и восстановление цифровой информации осуществляется специально разработанным программным обеспечением.

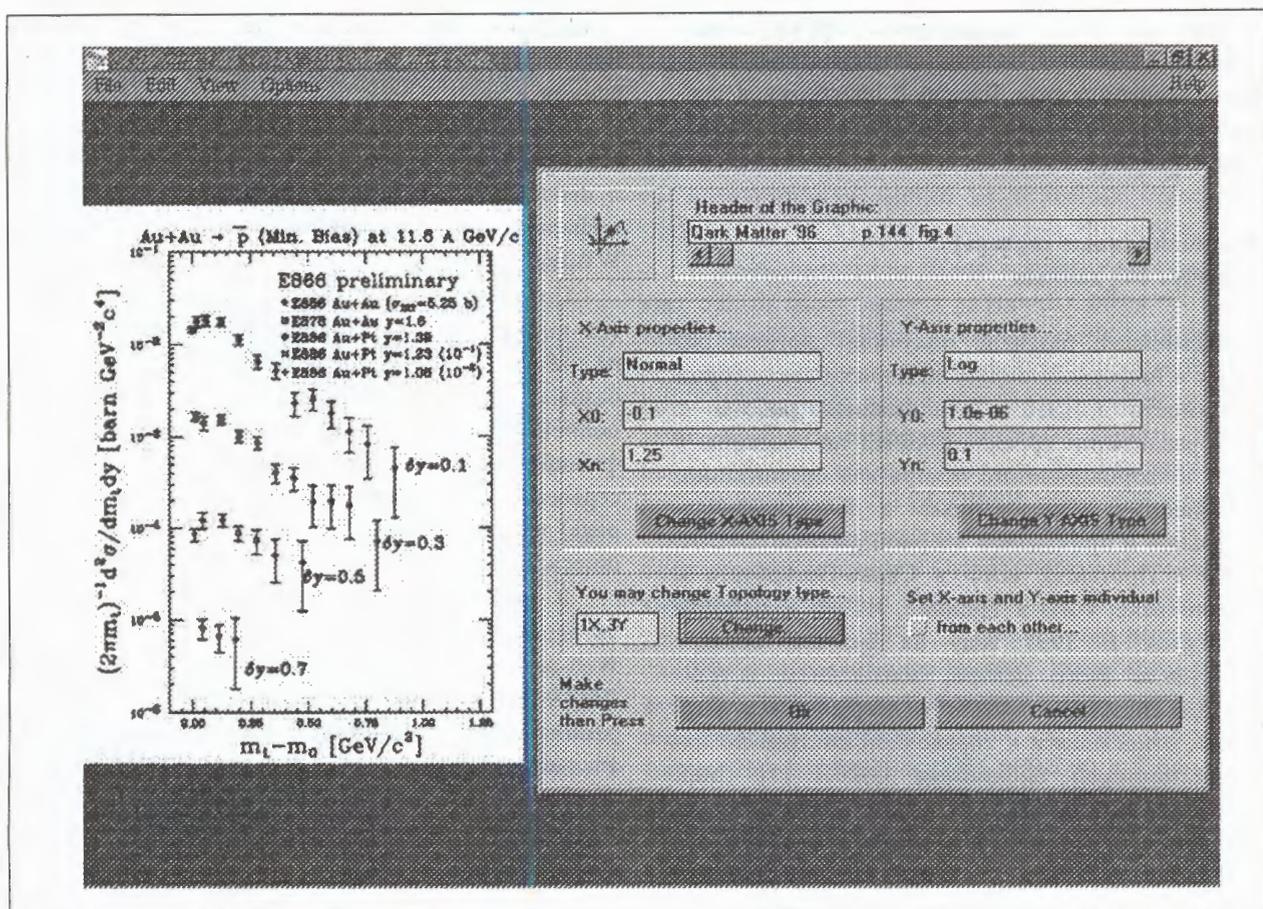


Рис.2. Инструментальная панель пакета СОГ

ем. Непрерывные линии на графике могут оцифровываться в автоматическом режиме. Проведенные тестовые испытания СОГ по восстановлению числовых данных с графиков показали, что процедура измерения не вносит заметных погрешностей в исходные данные. Система снабжена удобным пользовательским интерфейсом (рис.2).

Создано программное обеспечение, использующее современные технологии (Web-Oracle gateway Oralink (<http://oradb1.jinr.dubna.su/software/oralink/>), Russian Web Survey (<http://oradb1.jinr.dubna.su/rws/>),

Java-приложения и др.). Проект Russian Web Survey сегодня является источником наиболее полной и достоверной информации о количестве WWW-серверов в России, используемом программном обеспечении HTTP-серверов.

Разработан специализированный клиент-серверный интерфейс на базе возможностей языка IDL для 3D-визуализации и анализа данных эксперимента DEMON+CORSET. На рис.3. представлен результат обработки с использованием созданного программного обеспечения.

ПРОГРАММНО-СЕТЕВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УНЦ ОИЯИ

В 1997 году сотрудники ЛВТА и УНЦ совместно продолжили работы по модернизации и расширению подсети Учебно-научного центра:

- Введен в эксплуатацию UNIX-сервер (компьютер ALPHA-400 с операционной системой UNIX Digital); установлены система Samba, обеспечивающая сетевой доступ к домашним (home) директориям (монтирование дисков) с персональных

компьютеров, система обеспечения ведения WWW-страничек, система обеспечения почтовой службы для сотрудников и студентов УНЦ, включая систему POP3.

- Введен в эксплуатацию мультимедийный сервер MMS для обработки графической, аудио- и видеoinформации).

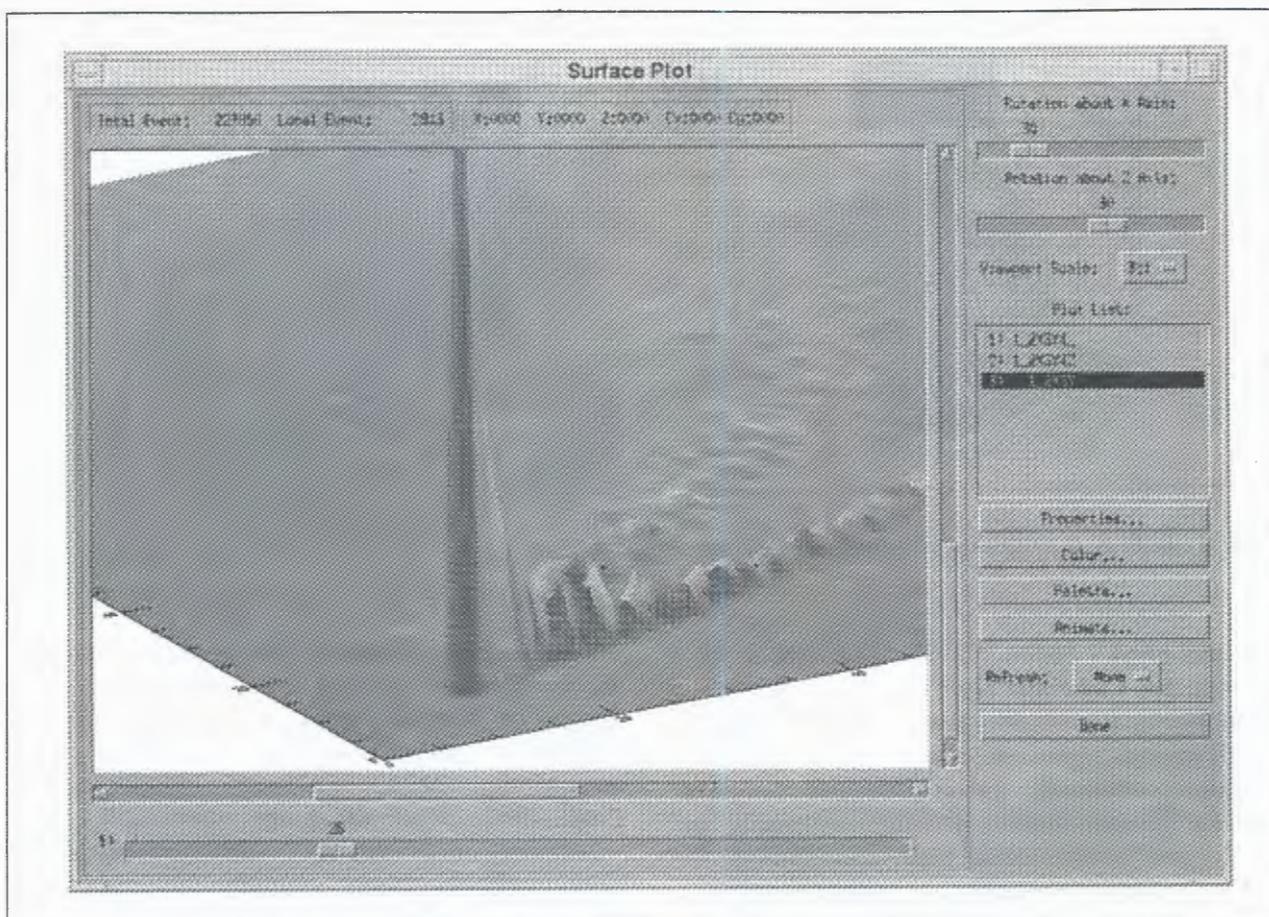


Рис.3. Инструментальная панель пакета IDL

- Установлены дополнительные рабочие места для учащихся УНЦ (оборудована вторая компьютерная аудитория).
- Реорганизована архитектура подсети УНЦ — все компьютеры переведены на работу в сетевой среде с витой парой.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В 1997 году активно продолжались работы по вычислительной физике. Более 100 научных работ опубликовано и представлено на международных конференциях.

Математическое моделирование

Путем использования разработанной в ЛВТА математической модели неупругих столкновений высокоэнергетических ядер при анализе экспериментальных данных международной коллаборации EMU-01/12 по взаимодействиям ионов золота с ядрами фотоэмульсий установлено неизвестное ранее свойство высокоэнергетических реакций расщепле-

ния — сферически-симметричное испускание сразу большого числа ядерных фрагментов [3].

В рамках сотрудничества с ЛЯР, НИФИ СПбГУ и РИЦ «Курчатовский институт» продолжены расчеты и полумикроскопический анализ экспериментальных данных по квазиупругому рассеянию и полному сечению для систем $^{11}\text{Li} + ^{12}\text{C}$, $^8\text{B} + ^{12}\text{C}$, $^{11}\text{Li} + ^{12}\text{C}$, $^8\text{B} + ^{12}\text{C}$, $^{11}\text{Li} + ^{12}\text{C}$, $^8\text{B} + ^{12}\text{C}$ с использованием плотностей, построенных в ядерно-структурных моделях, и эффективных нуклон-нуклонных сил [4].

По комплексу программ, разработанному в ЛВТА, выполнены расчеты M1- и E1-переходов в рамках КФМЯ в четно-четных деформированных ядрах. Показано, что рассчитанная фрагментация

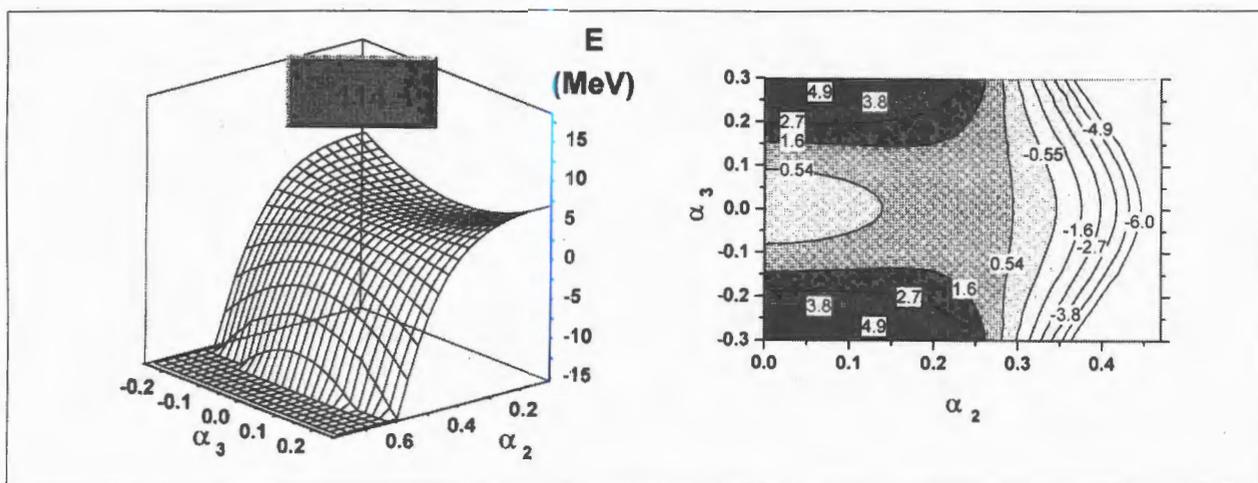


Рис.4. Вычисленный макроскопический барьер симметричного деления ядра сверхтяжелого элемента $^{298}114$

M1-силы ниже 4 МэВ в $^{166,168}\text{Er}$, $^{172,174}\text{Yb}$ и ^{178}Hf сильнее, чем в изотопах Dy и Gd, что согласуется с экспериментальными данными [5].

Продолжены расчеты, разработка алгоритмов и программ, связанных с развитием теории волновой природы элементарных частиц, изучением их структуры и распределения масс резонансов [6].

Разработана эластодинамическая модель макроскопической динамики симметричного ядерного деления. Проведено моделирование, и, например, вычислен макроскопический барьер симметричного деления ядра сверхтяжелого элемента $^{298}114$ (рис.4), синтез которого запланирован в экспериментах, проводимых в ЛЯР ОИЯИ [7].

Путем математического моделирования изучена энергетическая зависимость ионизационных потерь и коэффициента амплификации в подкритических электроядерных системах и показано, что, несмотря на большую величину ионизационных потерь, этот коэффициент при переходе от 1 ГэВ к 200 МэВ уменьшается всего лишь вдвое, что легко компенсировать увеличением интенсивности пучка ускоренных частиц [8].

На основе численного решения нелинейного уравнения теплопроводности проведено исследование теплового поля, возникающего в образце металла при облучении сильноточным ионным пучком. Построены зависимости температуры разогрева и глубины проплава облучаемого образца от интенсивности ионного тока пучка [9].

Разработка новых методов и моделей обработки данных

Были продолжены исследования по модификации и совершенствованию разработанных на базе

математического аппарата клеточных автоматов и искусственных нейронных сетей программных продуктов для решения задач распознавания треков, поиска и идентификации вторичных вершин в экспериментах DISTO, ATLAS, CERES/NA-45, EXCHARM и STAR [10,11,12].

В сотрудничестве с ЛЯП ОИЯИ в рамках коллаборации DIRAC было продолжено развитие и сопровождение программы моделирования GEANT — DIRAC, а также исследования по построению нейроносетевого триггера третьего уровня для эксперимента по измерению времени жизни димезоатомов DIRAC [13]. Разработаны методы для параметрических и непараметрических способов разделения пиков гауссовой формы [14]. Созданные алгоритмы опробованы как на результатах моделирования, так и на реальных данных. Задача решалась с применением wavelet преобразования начальных данных.

Расчеты магнитных систем

Для эксперимента ALICE разработаны расчетные модели для двух проектов дипольных магнитов VULKAN-1 и VULKAN-2. Проведены расчеты трехмерных магнитных полей и характеристик магнитов (рис.5) [15].

Рассмотрена проблема пересчета поля магнита СП-40А спектрометра ЭКСЧАРМ из одного рабочего режима в другой. Расчетным путем получены распределения поля для двух рабочих режимов, причем для одного из них существуют экспериментальные данные. Проведено сравнение расчетного распределения с экспериментально измеренным, которое оказалось удовлетворительным. Из сравнения двух расчетных распределений получен алгоритм пересчета распределения поля из режима с экспериментально известными данными в другой

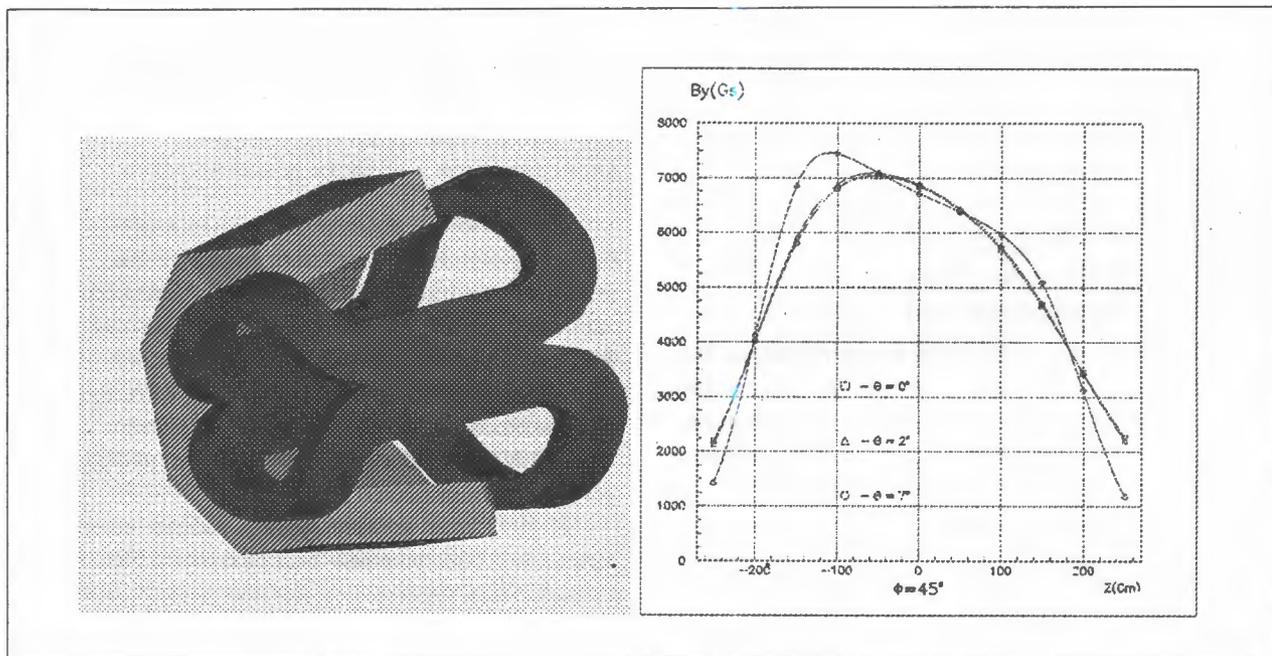


Рис.5. Математическая модель магнита VULKAN-2 и результаты вычислений

режим. Составлены карты магнитного поля для двух режимов установки ЭКСЧАРМ — режим измерений для $B_0 = 0,7840$ Тл и режим с полем в центре, составляющим 0,85 от величины $B_0 = 0,7840$ Тл. Результаты проведенной работы предназначены для обработки полученных экспериментальных физических данных в сеансе N10 эксперимента ЭКСЧАРМ.

Разработка новых численных методов и алгоритмов

Получена эффективная адиабатическая схема вычисления уровней энергии и переходов антипротонного атома гелия для планирующихся экспериментов.

Продолжена разработка эффективных методов и алгоритмов для численного исследования задачи Коши для классических гамильтоновых систем, возникающей, в частности, при моделировании процессов фрагментации на установке ФОБОС. Эффективность подхода продемонстрирована на расчетах динамики задачи многих тел с парными потенциалами [16].

Разработаны программы, позволяющие вычислять асимптотическое поведение потенциальных кривых и адиабатических потенциалов, рассчитывать уровни энергии и радиальные волновые функции для системы двух электронов в адиабатическом приближении и приближении связанных каналов в гиперсферическом адиабатическом подходе. Программы использованы для вычисления энергии

основного состояния некоторых дважды возбужденных состояний H^- ниже порога $n = 2$ [17].

Были проведены исследования фрактальных свойств различных объектов: облучаемых тонких пленок, космических фотоснимков, хаотических сигналов. На основе компьютерного анализа этих объектов сделаны заключения о природе соответствующих процессов. Кроме этого, проводилось исследование фрактальных свойств сигналов с точки зрения функционального анализа [18].

Найдены методы построения асимптотически оптимальных способов разделения области для решения нелинейных эллиптических уравнений с сильно меняющимися анизотропными коэффициентами [19]. Методы основаны на построении разреженной аппроксимации для дополнения Шура и построении эффективного многоуровневого итерационного метода решения возникающих уравнений.

Компьютерная алгебра

В развитие методов, алгоритмов и программных средств компьютерной алгебры для задач вычислительной и математической физики, решаемых в ОИЯИ, разработан новый универсальный алгоритмический подход к построению базисов Гребнера, альтернативный классическому подходу Бухбергера. В рамках этого подхода предложена [20,21] улучшенная версия инволютивного алгоритма, позволяющая минимизировать число полиномов, обрабатываемых в ходе алгоритма и повысить тем

самым эффективностью вычислений. Разработана программа на языке Си для аналитического вычисления коэффициентов разложения ядра теплопроводности для эллиптических дифференциальных операторов на искривленных многообразиях и в присутствии произвольных внешних калибровочных полей. Последняя версия программы позволила впервые получить наиболее полное выражение для четвертого коэффициента ДВСГ (E_4) [22] и превосходит по своим параметрам зарубежные программы.

В 1997 году была существенно усовершенствована программа для построения конечно-представленных (супер)алгебр Ли, реализованная на языке Си [23]. По скорости и эффективности данная программа значительно превосходит все другие аналогичные разработки.

В рамках работ по вычислению многопетлевых интегралов Фейнмана найден новый тип рекуррентных соотношений для фейнмановских интегралов, включающих, в частности, рекурсии по размерности пространства-времени. Разработан новый метод вычисления тейлоровского разложения интегралов Фейнмана, опирающийся на вышеупомянутые обобщенные рекуррентные соотношения. Развита новая техника для полуаналитического вычисления фейнмановских диаграмм. Она основана на асимптотическом разложении интегралов, использовании конформных отображений и вычислении паде-аппроксимаций. Вычислены радиационные двухпетлевые поправки к так называемому ρ -параметру в стандартной модели электрослабых взаимодействий, содержащие вклад t -кварка и хиггсовского бозона. КХД-поправки к этому параметру были вычислены на трехпетлевом уровне. Эти поправки были введены в программный пакет ZFITTER для сопоставления теоретических пред-

сказаний с экспериментальными данными, полученными на ускорителе ЛЭП I в ЦЕРН.

Математическая обработка данных экспериментов в области физики частиц

Продолжены работы по исследованию, разработке и реализации методики параллельных компьютерных программно-аппаратных платформ для экспериментов в физике частиц. Разработана архитектура, создано программное обеспечение, синтезирована параллельная расширяемая интегрированная система (ПАРИС-97) на базе кластера ПЭВМ типа PENTIUM, сети ETHERNET и периферийных устройств типа EXABYTE.

В 1997 году активно велись работы по математическому обеспечению эксперимента ЭКСЧАРМ. Создан новый вариант базовой программы (BISON-97) для математической обработки данных. Достигнута высокая надежность системы: созданы, исследованы и внедрены в систему обработки BISON-97 средства контроля и управления высокоинтенсивными стохастическими информационными потоками в условиях асинхронного мультидоступа к ограниченному дисковому пространству в локальной и распределенной системах обработки. Создана новая версия пакета программ для геометрической калибровки модулей траекторного детектора, позволяющая определить угловые, продольные и поперечные поправки локальных систем координат. Разработаны алгоритмы идентификации различных классов событий. Численные результаты математической обработки (банк данных dst97-s10, eff97 — таблицы эффективностей, ранжированные по времени) используются как входная информация для решения широкого класса физических задач по исследованию характеристик рождения и распада частиц с очарованными и странными кварками.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В 1997 году развивалось сотрудничество ЛВТА с ведущими научными центрами мира.

В рамках сотрудничества с Исследовательским центром в Россендорфе (FZR) получена вычислительная система CONVEX3840.

В соответствии с соглашением с ЦЕРН специалисты ЛВТА продолжают работы:

— в ЦЕРН и ОИЯИ по внедрению ОС Windows NT и Windows 95 в систему NICE, обеспечивающую единый подход в установке и сопровождении программного обеспечения персональных ком-

пьютеров (с декабря 1997 г. в опытной эксплуатации в ЛВТА находится система NICE95/NT);
— по развитию и созданию в ЦЕРН и ОИЯИ различных схем использования Windows NT;
— по расширению Web-сервиса под системой NICE95 (nicewww) для поддержки интерактивных приложений.

В соответствии с планами совместных работ по Trigger/DAQ-системе для эксперимента ATLAS (ЦЕРН), сектором распределенных вычислительных систем ЛВТА ОИЯИ завершен цикл работ по моделированию и отладке программного обеспе-

чения мюонного триггера 2-го уровня ATLAS. В рамках совместных работ по разработке прототипа системы DAQ ATLAS выполнен менеджер ресурсов высокого уровня (RM) как компонент Back end математического обеспечения DAQ ATLAS. Проведены исследования CORBA совместных систем (ILU версия 2.0) для коммуникационных задач RM.

При поддержке и помощи ЦЕРН создана технологическая база объектно-ориентированной технологии для проведения полного цикла проектирования распределенных вычислительных систем с использованием CASE&tools. Совместно с SPS/LEP отделом ЦЕРН завершен цикл работ по применению LabView программирования в управляющей системе SPS/LEP.

Совместно с Исследовательским центром г. Карлсруэ проведена разработка нейронных процессорных модулей SAND/1 на основе FPGA-технологии ALTERA 10K.

Развивалось сотрудничество в области вычислительной физики:

- В коллаборации с физиками Института ядерной физики г. Гейдельберга проведена калибровка силиконовых дрейфовых камер установки CERES, разработаны методы и программы, включенные в матобеспечение эксперимента.

- Успешно развивалось сотрудничество с Институтом им.Солвея (Брюссель) по применению математического аппарата клеточных автоматов и нейронных сетей для решения прикладных задач в различных областях естествознания.
- Развивалось сотрудничество с Болгарией. Выполнен ряд совместных работ по развитию вычислительных методов и алгоритмов.
- В рамках сотрудничества с математиками Словакии разработаны численные алгоритмы решения обратной задачи для уравнения Шредингера в многомерном случае, алгоритмы решения квантовомеханической задачи двух центров в комплексной плоскости, предложен метод оценки степени фитирующего полинома, основанный на четырехточечном дискретном проективном преобразовании..
- Совместно с Институтом математики и информатики Университета г. Грейфсвальда (ФРГ), начаты работы по проекту создания универсального программного пакета для системы «Математика», предназначенного для исследования и решения нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений, и основанного на инволютивных алгоритмах, разработанных в секторе компьютерной алгебры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кореньков В.В. и др. — Сообщения ОИЯИ P11-97-277, P11-97-278, Дубна, 1997.
2. Иерусалимов А.П. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1997, №6[86]-97, с.97.
3. Adamovich M.I., Uzhinskii V.V. et al. — Zeit. fur Phys. A, 1997, v.358, p.337.
4. Князьков О.М., Кухтина И.Н., Фаянс С.А. — ЭЧАЯ, 1997, т.28, № 4, с.1061.
5. Soloviev V.G., Sushkov A.V., Shirikova N.Yu. — RIKEN Symposium on Giant Resonances, 1997, Editors: N.Dinh Dang and S. Yamaji, Japan, p.47; ЯФ, 1997, №10, с.1754.
6. Гареев Ф.А., Барабанов М.Ю., Казача Г.С. — Препринт ОИЯИ P2-97-292, Дубна, 1997; напр. в «Известия РАН»; Gareev F.A., Barabanov M.Yu., Kazacha G.S. — JINR Preprint E4-97-183, напр. в ЯФ.
7. Bastrukov S.I. et al. — Int. J. Mod. Phys., E6 (Nucl.Phys.), No.1, 1997, p.89; J. Phys., G23 (Nucl.Phys.), 1997, L322.
8. Барашенков В.С. и др. — Препринт ОИЯИ D9-97-245, Дубна, 1997; напр. в ж-л. АЭ.
9. Айрян Э.А. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1997, №6[86]-97, с. 103.
10. Baginyan S. et al. — To appear in Comp. Phys. Commun.
11. Busa M.P., Ivanov V.V. et al. — NIM, 1997, v.A3[89], p.208.
12. Agakishiev G., Kolganova E. et al. — NIM, 1997, A394, p.225.
13. Ivanov V.V., Zrellov P.V. — To be publ. in Int. J. Comput. and Math. with Applications.
14. Agakishiev G., Ososkov G. et al. — JINR Commun. E10-97-105, Dubna, 1997.
15. Akishin P.G. et al. — JINR Rapid Commun., 1997, No.1[81]-97, p.81.
16. Akishin P.G., Puzynin I.V., Vinitzky S.I. — Int. J. of Modern Phys., 1997, v.12, No.1, p.119; Comp. Math. Applic., 1997, v.34, No.2—4, p.45, 1997, No.5—6, p.613.
17. Abrashkevich A.G., Puzynin I.V. et al. — JINR Preprints E11-97-326, E11-97-335, Dubna, 1997.
18. Алтайский М.В. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1997, №2[82]-97, p.37.

19. Khoromskij B.N., Wittum G. — *To appear in Numer. Math.*
20. Gerdt V.P., Blinkov A.Yu. — *JINR Preprints E5-97-03, E5-97-04, Dubna, 1997; to appear in Math. Comp. Sim.*
21. Gerdt V.P. — *Mathematics and Computers in Modelling, 1997, v.25, No. 8/9, p.75.*
22. Gusynin V.P., Korniyak V.V. — *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., 1997, v.A389, p.365;*
Гусынин В.П., Корняк В.В. — Препринт ОИЯИ Р2-97-88, Дубна, 1997; напр. в ж-л «Фундаментальная и прикладная математика».
23. Gerdt V.P., Korniyak V.V. — *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., 1997, v.A389, p.370.*

ОТДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1997 году деятельность ОРПИ концентрировалась на следующих основных направлениях:

- радиационные исследования;
- радиобиологические исследования;
- радиационная безопасность.

Первые два направления работ осуществлялись в рамках темы первой категории Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ ОИЯИ. Основными задачами в связи с этим были:

- разработка методов и средств радиационных и радиобиологических экспериментов;

- совершенствование методов расчета взаимодействия излучений с веществом и транспорта излучений через защиту;
- изучение откликов радиационных детекторов;
- радиобиологические исследования закономерностей и механизмов мутагенного воздействия ионизирующего излучения с различными ЛПЭ на клетки про- и эукариотов;
- исследование биологических эффектов воздействия малых доз радиации на лимфоциты периферической крови человека и клетки растений;
- развитие биосенсорного метода, основанного на SOS-lux тесте.

РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с соглашением о сотрудничестве между ОРПИ и Лабораторией биофизики Национального управления по авиации и космическим исследованиям США (НАСА) планируется облучение биологических образцов протонами с энергией в диапазоне $1 + 9$ ГэВ для исследования цитогенетических повреждений лимфоцитов крови человека и изучения онкогенных трансформаций клеток животных. Начато создание системы мониторинга и пучковой дозиметрии для физической и метрологической поддержки данных исследований. Первое пробное облучение лимфоцитов было проведено на синхрофазотроне ЛВЭ в конце октября 1997 г. Часть облученных образцов будет направляться в НАСА для хромосомного анализа с использованием FISH-метода и RBL-анализа трансформаций, другая часть образцов будет изучаться в ОРПИ.

Проведены измерения с помощью многосферного спектрометра спектров нейтронов из толстой мишени, облучаемой протонами с энергией 3,65 ГэВ [1] для изучения выходов нейтронов в результате развития межъядерного каскада в мишени. Спектры нейтронов восстанавливались по показаниям спектрометра методом статистической регуляризации. Ко-

нечной целью данных исследований является оценка сечения трансмутации радиоактивных отходов.

Были продолжены систематические исследования концентраций радона в воздухе и воде зданий ОИЯИ и в окружающей среде с помощью радонового детектора PRASSI и трековых детекторов из ИГКМ (Братислава). Установлено, что концентрация радона в помещениях установок ОИЯИ и хранилищах радиоактивных источников незначительна, так же, как и его концентрация в окружающей среде. Аналогичная методика была применена для исследований радона во Вьетнаме [2].

Завершена первая часть работ по исследованию и оптимизации параметров детекторов нейтронов для целей гарантий МАГАТЭ, и результаты этих исследований опубликованы [3]. На следующем этапе данной работы, в 1998 году, планируется разработка и изготовление прототипа нейтронного детектора для вышеупомянутой цели.

Продолжено совершенствование программ для расчета взаимодействия адронов и ионов с ядрами, толстыми мишенями и переноса излучений через защиты методами Монте-Карло и методами численного решения кинетического уравнения. Разра-

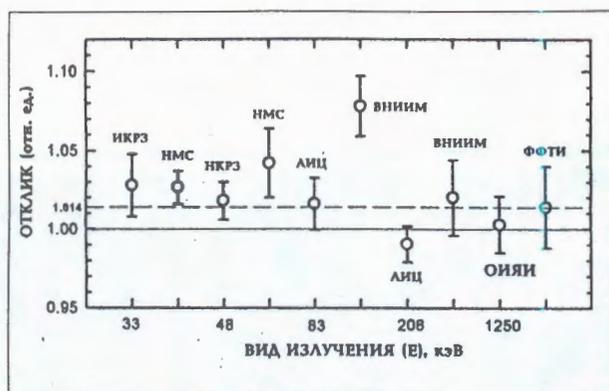


Рис. 1. Результаты проверки облучающих лабораторий путем сравнения с данными ФФТИ, полученными с помощью термолуминесцентных детекторов. По оси X отложена средняя энергия опорного γ -излучения, рекомендованного Международной организацией по стандартам (ISO). ФФТИ — Федеральный физико-технический институт (ФРГ), НКРЗ — Национальный комитет по радиационной защите (Великобритания), НМС — Национальный метрологический центр (Венгрия), АИЦ — Австрийский исследовательский центр, ВНИИМ — Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии

батывались методика и соответствующие программы для оптимизации набора детекторов при измерениях спектров нейтронов. ОРПИ участвовало также в экспертизе защит и мероприятий по радиационной безопасности на новом циклотроне [4].

Принимая во внимание трудности использования новых радиационных величин $H_p(10)$ на практике и проявляя обеспокоенность о ядерной и радиационной безопасности в странах восточной Европы, МАГАТЭ в 1997 году открыло Координационную программу исследований «Международное сличение средств индивидуального мониторинга внешнего гамма-облучения». Программа сличения предусматривает внедрение операционной величины

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Радиобиологические исследования проводились с использованием различных клеточных культур: клеток млекопитающих, лимфоцитов крови человека, гаплоидных и диплоидных дрожжевых клеток, бактерий и растительных клеток.

В экспериментах с клетками млекопитающих было продолжено изучение мутагенного действия тяжелых заряженных частиц [7—12]. Были выявлены и выделены из культуры клеток китайского хомячка (линии V-79) HPRT-мутанты, индуцированные ускоренными ионами ^{14}N после облучения дозами 1, 2, 3 Гр. Эксперимент по облучению клеток ионами азота с энергией 50 МэВ был проведен на У-400М (ЛЯР). ЛПЭ ионов ^{14}N в среднем составила

$H_p(10)$ в практику дозиметрического контроля внешнего γ -излучения посредством облучения в различных условиях индивидуальных дозиметров, представленных ее участниками. ОИЯИ был приглашен для участия в данной программе в качестве организации, имеющей возможность облучить детекторы хорошо известными (в терминах $H_p(10)$) дозами. Перед проведением облучения дозиметров МАГАТЭ был осуществлен отбор облучающих лабораторий для контроля за качеством измерений, путем сравнения результатов их измерений с помощью термолуминесцентных (ТЛ) детекторов, представленных Федеральным физико-техническим институтом (ФРГ) (ФФТИ). На рис. 1 приведены результаты измерений облучающих лабораторий в сравнении с данными ФФТИ. Установлено, что результаты ОИЯИ и ФФТИ согласуются между собой в пределах 1,5%, что говорит о соответствии градуировочных установок. В рамках выполнения программы на градуировочной установке ОИЯИ было облучено 160 дозиметров, представленных 20 участниками программы из различных стран.

Предложена математическая модель расчета уровня сигнала, запускающего SOS-систему в клетках бактерий *Escherichia coli* с дефектом в системе эксцизионной репарации после облучения ультрафиолетовым светом. Получено выражение для количества однонитевой ДНК в клетке в зависимости от времени после облучения. Предложена также модель взаимодействия белков LexA и RecA — центрального события регуляции SOS-системы в виде системы дифференциальных уравнений относительно концентраций белков LexA и RecA. Рассчитанная концентрация белка LexA в зависимости от времени удовлетворительно описывает соответствующие экспериментальные данные.

Специалисты ОРПИ приняли участие в Региональном симпозиуме IRPA по радиационной защите в соседствующих странах центральной Европы (Прага, 8—12 сентября 1997 г.) [5,6].

77 кэВ/мкм. При этом отмечено увеличение продолжительности роста мутантных субклонов по сравнению с интактным контролем, более выраженное для мутантов, индуцированных дозой 3 Гр.

Проведенный цитогенетический анализ показал, что HPRT-мутанты, индуцированные тяжелыми ионами, существенно отличаются как от спонтанных, так и от γ -индуцированных мутантов по ряду цитогенетических показателей — у таких мутантов был отмечен высокий уровень митотической активности: значения митотического индекса составляли $4 + 11\%$, что соответствует или даже превышает контрольный уровень. Как было показано ранее, HPRT-мутанты, индуцированные γ -лучами, характе-

ризовались высокой гетерогенностью по ряду цитогенетических показателей, в частности, по нестабильности хромосом. Как оказалось, все HPRT-мутанты, индуцированные дозами 1 и 2 Гр тяжелых ионов, и отдельные мутанты, индуцированные дозой 3 Гр, имели модальное число, равное 22 хромосомам, в то время как у большинства спонтанных и γ -индуцированных оно было равно 21 хромосоме. Спектры хромосом оказались также более узкими по сравнению с последними: клетки с такой модой составляли в основном 60 + 80%. Среди мутантов, индуцированных дозой 3 Гр тяжелых ионов, единичные имели также модальное число хромосом, равное 21, или относились к тетраплоидным с числом хромосом, равным 42—44.

По уровню хромосомных aberrаций среди γ -индуцированных были выделены мутанты, не отличающиеся от интактного контроля (группа I) и с повышенным содержанием aberrаций (группа II). При этом в отличие от спонтанных мутантов у γ -индуцированных в группе I появились мутанты, уровень хромосомных aberrаций у которых оказался почти в 2 раза ниже, чем в контроле (подгруппа Ia). Мутанты, индуцированные дозами 1 и 2 Гр ионов ^{14}N , по этому показателю относятся к группе I, причем большая их часть составляет подгруппу Ia со сниженным уровнем хромосомных aberrаций. Мутанты группы II выявлены только в случае облучения культуры клеток дозой 3 Гр. Очевидно, после облучения тяжелыми ионами выживают наиболее полноценные клетки вообще и из мутантов — наиболее устойчивые, в частности.

Были продолжены исследования стабильных и нестабильных хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови человека [13,14], облученных γ -лучами и ускоренными ионами ^{14}N . Как известно, четкие дозовые зависимости таких нестабильных aberrаций, как дицентрики, позволяют использовать их как тест для биологической дозиметрии ионизирующих излучений в остром периоде лучевого поражения. Эти aberrации легко выявляются таким стандартным цитологическим методом, как метафазный анализ генома клеток в целом при обычном световом микрофотографировании. FISH-метод для анализа хромосомных нарушений позволяет достаточно эффективно выявлять стабильные хромосомные aberrации отдельных хромосом (транслокации и инсерции), используя для этих целей окрашенные хромосом-специфичные пробы. Клетки с такими aberrациями сохраняются в облученной популяции в течение длительного времени. Поэтому этот метод позволяет использовать стабильные хромосомные aberrации в качестве теста для ретроспективной оценки доз лучевого воздействия.

Ранее нами был проведен FISH-анализ для хромосомы-1 лимфоцитов человека после γ -облучения и воздействия ускоренными ионами азота (^{14}N). К настоящему времени исследованы также aberrации хромосомы-2 и проведен соответствующий анализ

для обеих этих хромосом. Как и для хромосомы-1, наблюдался высокий выход aberrаций и для хромосомы-2, при всех дозах количественно идентичный хромосоме-1.

Кроме того, был проведен классический цитогенетический анализ тех же препаратов стандартным метафазным методом для оценки нестабильных хромосомных aberrаций генома в целом. Был показан аналогичный характер дозовой зависимости частот хромосомных aberrаций при оценке их метафазным и FISH-методами: линейно-квадратичные зависимости наблюдались при γ -облучении лимфоцитов, а после облучения тяжелыми ионами они становились линейными.

Анализ соотношений частот aberrаций, выявляемых этими двумя методами, показал, что после облучения ионами ^{14}N в диапазоне доз 1 + 3 Гр доля общего числа aberrаций хромосомы-1 или -2 при учете FISH-методом составляет в среднем ~ 0,6 от общего числа aberrаций, выявленных метафазным методом, а при суммарном учете aberrаций обеих хромосом она повышается до ~ 1,2. Отмечено также повышение этих соотношений при наименьших дозах (0,5 Гр) до 1,2 + 1,3 для хромосомы-1 или -2 и до 2,4 — при их суммарном учете. Эти данные могут служить показателем, с одной стороны, возникновения с высокой частотой повреждений хромосом-1 и -2 при воздействии ионизирующих излучений и, с другой стороны, указывать на весомый вклад стабильных aberrаций этих хромосом в общее число хромосомных повреждений. Полученные результаты могут свидетельствовать о возможности детектировать более низкие уровни радиационного воздействия по тесту стабильных aberrаций хромосом.

Нами было продолжено исследование генетических эффектов малых доз облучения в экспериментах с клетками млекопитающих. Актуальность проблемы определяется необходимостью прогнозирования генетического риска действия малых доз радиации. В настоящее время накапливается все больше экспериментальных данных, свидетельствующих о неправомерности экстраполяции действия высоких доз на низкие. Трудности оценки эффектов непосредственно малых доз связаны со сложностью получения статистически достоверных данных при низких уровнях повреждения, вызываемых этими дозами. Наиболее приемлемым критерием для оценки эффектов малых доз является частота генетических повреждений в клетках, характеризующаяся четкой количественной зависимостью в широком диапазоне доз.

Нами изучалась индукция хромосомных aberrаций в культуре клеток млекопитающих (*Chinese Hamster*, V-79) при действии γ -лучей ^{60}Co в дозах 10 + 300 сГр. Показано, что в диапазоне 0 + 20 сГр имеет место линейное увеличение числа клеток с хромосомными поломками. При дозе 30 сГр число клеток с aberrациями хромосом резко снижается,

иногда до контрольного уровня, после чего линейно возрастает с дозой, однако с меньшим наклоном, чем при дозах 0 + 20 сГр. В диапазоне доз 0 + 20 сГр число клеток с хромосомными абберациями, индуцированных на единицу дозы, примерно в полтора раза больше, чем при дозах 30 + 300 сГр. Мы полагаем, что более высокая радиорезистентность клеток при дозах, превышающих 30 сГр, является следствием инициации процессов репарации ДНК в клетках малыми дозами радиации. Переход от высокой радиочувствительности к индуцированной радиорезистентности, вероятно, контролируется теми же механизмами, что и адаптивный ответ.

Было продолжено изучение индукции точковых мутаций в эукариотических клетках с использованием гаплоидных и диплоидных штаммов дрожжей [15—17]. Для изучения закономерностей индукции γ -излучением точковых мутаций у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* была использована тестерная система, включающая шесть изогенных штаммов и позволяющая определить любую из 6 возможных замен пар оснований в кодоне Cys-22 гена CYS1, кодирующего изо-1-цитохром. Показано, что зависимость частоты индукции замен пар оснований всех шести типов от дозы имеет линейно-квадратичный характер. Установлено, что спектр замен пар оснований не зависит от дозы γ -излучения в пределах изученных доз (125 + 1000 Гр). В спектре преобладают транзиции ГЦ \rightarrow АТ и трансверсии ГЦ \rightarrow ТА и АТ \rightarrow ТА.

Вторая задача этого исследования была связана с изучением генетического контроля остановки клеточного цикла и мутагенеза. Как известно, некоторые из генов радиочувствительности RAD кодируют функции, необходимые для регуляции клеточного цикла в ответ на повреждения ДНК, что называют checkpoint-контролем. Мы идентифицировали по крайней мере 3 дополнительных checkpoint-гена. Мутации в генах CDC28, SRM8 и SRM12 увеличивают чувствительность клеток к ионизирующей радиации и взаимодействуют эпистатически с известными checkpoint-генами RAD9, RAD24 и RAD53. Эти мутации уменьшают стабильность хромосом. Частота спонтанной генной конверсии у клеток cdc28-srm на порядок выше, чем у немутантных клеток, однако на частоту спонтанных точковых мутаций мутация cdc28-srm не влияет.

Начато изучение делеционных мутантов на бактериях с использованием специальной тест-системы, основанной на двух фланкирующих генах TonB (устойчивость к бактериофагу E1 или f80vir и колицину V и B) и триптофанной ауксотрофности. Были подобраны оптимальные условия для отбора мутантов TonB. Проведены первые эксперименты с γ -облучением.

В экспериментах с бактериальными клетками (Lux-тест) [18] изучалась зависимость выхода света от времени инкубации клеток (репарации ДНК) после УФ- и γ -облучения. Кинетика выхода света отражает SOS-ответ клеток на повреждения ДНК, вызываемые радиацией. Показано, что кинетика светового выхода в значительной степени зависит

от температуры инкубации, а для воспроизводимости результатов важна стабилизация температурных условий. Для реализации биолюминесцентной реакции в изучаемых бактериальных клетках была найдена оптимальная температура — 30°C. Другие условия роста клеток в облученной культуре также влияют на выход света. Кинетика роста при различных условиях изменяется при облучении разными дозами. Были сконструированы с помощью точечной трансформации новые репарационно-дефицитные штаммы. SOS-ответ сильно зависит от репарационного генотипа бактериальных штаммов. Мутант UmuC более резистентен к УФ- и γ -облучению, чем ДНК-репарационные клетки дикого типа. Большой SOS-ответ, чем с ДНК-репарационными клетками дикого типа, был получен на двух репарационно-дефицитных мутантах: AB1886 (uvrA) и TK610 (uvrA umuC). Изучался эффект фотореактивации в мутантах uvrA и в ДНК-репарационных клетках дикого типа. Было показано, что способность мутанта uvrA к фотореактивации зависит от УФ-дозы. Этот эффект не наблюдался в экспериментах с клетками дикого типа.

В экспериментах с клетками растений изучалось влияние малых доз γ -облучения [19—21]. Семена растений (*Pisum sativa*) облучали γ -лучами (^{60}Co , 7 сГр) с разными мощностями доз (от 0,3 сГр/ч до 19,1 сГр/ч). Изучали митотическую активность, выход хромосомных аббераций и адаптивный ответ (острая доза 50 Гр) клеток. Показано, что в области очень малых мощностей доз (0,3 + 1,2 сГр/ч) наблюдается радиационный гормезис, при мощности дозы 19,1 сГр/ч — повреждающий эффект радиации. При увеличении мощности дозы происходит увеличение адаптивного ответа клеток, причем он больше для радиорезистентных семян. Показано, что адаптивный ответ отсутствует в области радиационного гормезиса.

На дрожжевых клетках *Saccharomyces cerevisiae* диких штаммов был изучен ряд закономерностей проявления адаптивной реакции [22—24]. Показано, что хроническое облучение растущей клеточной популяции при мощностях доз выше пороговой приводит к повышению резистентности клеток к последующему острому облучению. Адаптивная реакция возникает через несколько часов после начала хронического облучения и исчезает через несколько циклов деления после прекращения хронического воздействия. В основе адаптивной реакции лежит индукция системы репарации. Для объяснения результатов экспериментов предложена математическая модель, качественно описывающая полученные данные.

Разработана модель (второе приближение) зависимости доза — стохастический эффект для биологических систем, способных к самозащите при действии на них опасных факторов [25—28]. Модель и формулы проверены как на клеточном уровне, так и на уровне организма человека. На основе модели и данных индивидуального дозиметрического

го контроля выполнена оценка радиационного риска в ОИЯИ.

Были продолжены эксперименты с радионуклидами. Как известно, мишенная радиотерапия — это селективно направленное воздействие на определенную ткань, часто злокачественную, с помощью радионуклидов, обладающих сродством (тропностью) к этой ткани, или с помощью соединений, обладающих такой тропностью и являющихся носителями радионуклидов. Известна высокая связывающая способность метиленового синего с меланином, содержащимся в клетках пигментной меланомы. Мы исследовали действие комплекса ^{211}At — метиленовый синий на выживаемость клеток меланомы *in vitro*. ^{211}At — α -излучатель с $T_{1/2} = 7,2$ ч, обладающий максимальной величиной ОБЭ, средняя ЛПЭ — 99 кэВ/мкм. Показано, что эффективность воздействия комплекса ^{211}At — метиленовый синий на порядок превышает эффективность действия ^{211}At в ионной форме (рис.2).

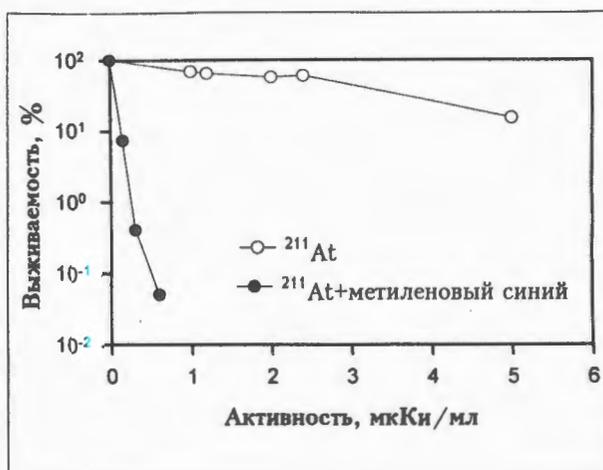


Рис.2. Выживаемость клеток меланомы человека при действии ^{211}At и метиленового синего, меченного ^{211}At

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационный контроль за облучением персонала ядерно-физических установок ОИЯИ осуществлялся в 1997 году с помощью автоматизированных систем радиационного контроля (АСРК) и переносными приборами. Были продолжены исследования полей излучения в помещениях вокруг циклотрона У-400М. Продолжались работы по созданию АСРК на циклотронном комплексе ЛЯР. Проведена замена высокоактивного замедлителя зоны ИБР-2. Принятые организационно-технические меры по обеспечению радиационной безопасности дали превышение планируемых доз облучения.

Регулярный мониторинг окружающей среды по образцам почвы, растений (трава), воды из водоемов в окрестностях Дубны, водопроводной воды и сбросов воды предприятиями подтвердил тот факт, что радиоактивность окружающей среды вокруг

ОИЯИ остается постоянной в течение длительного времени и обусловлена лишь естественной радиоактивностью и продуктами глобальных выпадений. Какой-либо вклад в радиоактивность окружающей среды от ядерно-физических установок ОИЯИ не обнаружен.

В 1997 году на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состояло 1968 человек, включая 99 командированных специалистов. По сравнению с 1996 г. это число увеличилось на 16 человек. Годовые индивидуальные дозы персонала не превысили 15 мЗв/год. Наибольшее значение средней индивидуальной годовой дозы персонала лабораторий ОИЯИ наблюдается, как и прежде, в ЛНФ — 1,4 мЗв/год. Превышений контрольных уровней и пределов доз в лабораториях также не было зарегистрировано.

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ И ОБРАЗОВАНИЕ

В сотрудничестве с ЮНЕСКО и различными институтами России к 90-летию со дня рождения академика Н.М.Сисакаяна в Москве и Дубне проведен 22—25 января 1997 г. Международный симпозиум «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии». Перед открытием симпозиума состоялось пленарное заседание Президиума Российской Академии наук. Работа симпозиума велась по трем секциям: радиохимия, радиобиология, космическая биология и медицина — на которых было представлено более 70 докладов.

Международная конференция по проблемам ядерной медицины и I Съезд Российского общества

ядерной медицины были организованы Российским обществом ядерной медицины и ОИЯИ в Дубне 9—12 июля 1997 г. Научная программа включала следующие разделы: применение радионуклидов в клинической диагностике и терапии, метрологические проблемы применения радионуклидов, проблемы радиационной и радиофармацевтики, практическая организация ядерной медицины, дозиметрия и оборудование ядерной медицины. В период проведения Съезда действовала выставка современного оборудования для ядерной медицины и препаратов, выпускаемых отечественными, а также ведущими мировыми фирмами.

1—2 декабря 1997 г. в Дубне было организовано Международное рабочее совещание «Базовые ядерно-физические установки ОИЯИ, ядерная медицина и радиобиология». Цель данного совещания состояла в обсуждении возможностей производства медицинских радионуклидов и новых перспективных радиофармпрепаратов на базе установок и радиохимии ОИЯИ. К обсуждению были привлечены специалисты из ЦЕРН, Польши, Чехии, Венг-

рии и различных организаций России. По результатам совещания принят меморандум, содержащий конкретные предложения.

Успешно велось обучение студентов Университетского центра по специальности «Радиобиология» (кафедра проф. Е.А.Красавина). В начале прошлого года кафедру окончили 3 студента. В настоящее время в штате ОРПИ работают 8 выпускников кафедры и 2 аспиранта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wan J.-S., Ochs M., ... Bamblevski V.P. et al. — *JINR Commun. E1-97-349, Dubna, 1997.*
2. Phong N.V., Bamblevski V.P. et al. — *Radiat. Measurements (to be published).*
3. Aleinikov V.E., ... Timoshenko G.N. — *JINR Preprint P16-97-158, Dubna, 1997.*
4. Алейников В.Е. — Тезисы докладов, представленных на «Третий съезд по радиационным исследованиям» (Москва, 14—17 октября 1997), Пуццино, 1997, т.1, с.272.
5. Aleinikov V.E., Timoshenko G.N. — In: *Proc. of the IRPA Regional Symposium on Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe, Prague, 1997, p.2.*
6. Aleinikov V.E. — In: *Proc. of the IRPA Regional Symposium on Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe, Prague, 1997, p.211.*
7. Говорун Р.Д. — *Радиационная биология. Радиоэкология. 1997, т. 37, в.5, с.539.*
8. Шмакова Н.Л., Красавин Е.А., Говорун Р.Д., и др. — *Радиационная биология. Радиоэкология. 1997, т.37, в.2, с.213.*
9. Говорун Р.Д., Красавин Е.А., и др. — В сб.: *Международный симпозиум «Проблемы биохимии радиационной и космической биологии». Тезисы докл. (Москва, Дубна, 22—25 января 1997). ОИЯИ, Д19-96-514, Дубна, 1996, с.47.*
10. Шмакова Н.Л., Красавин Е.А. и др. — В сб.: *Международный симпозиум «Проблемы биохимии радиационной и космической биологии». Тезисы докл. (Москва, Дубна, 22—25 января 1997). ОИЯИ, Д19-96-514, Дубна, 1996, с.64.*
11. Говорун Р.Д. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.67.
12. Govorun R.D. — *JINR Commun. E19-97-208, Dubna, 1997.*
13. Репин М.В., Говорун Р.Д. и др. — В сб.: *Международный симпозиум «Проблемы биохимии радиационной и космической биологии». Тезисы докл. (Москва, Дубна, 22—25 января 1997). ОИЯИ, Д19-96-514, Дубна, 1996, с.54.*
14. Krasavin E.A., Govorun R.D. et al. — *JINR Commun. E19-97-170, Dubna, 1997.*
15. Осипова И.А., Кадышевская Е.Ю. и др. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.26.
16. Любимова К.А., Аникин С.А. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.19.
17. Del Giudice A., ... Koltovaya N., Hartings H., et al. — *Current Microbiology, 1997, v.34, p.382.*
18. Ptitsyn L.R., ... Kozubek S., Krasavin E.A., et al. — *Applied and Environmental Microbiology, Nov., 1997.*
19. Корогодина В.И., Корогодина В.Л. — *Экология, 1997, №1, с.24.*
20. Корогодина В.Л. и др. — *Сообщение ОИЯИ P19-97-296, 1997.*
21. Корогодина В.Л. и др. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.155.
22. Зюзиков Н.А., Петин В.Г. — В сб.: *Международный симпозиум «Проблемы биохимии радиационной и космической биологии». Тезисы докл. (Москва, Дубна, 22—25 января 1997). ОИЯИ, Д19-96-514, Дубна, 1996, с.49.*
23. Петин В.Г., Зюзиков Н.А. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.161.
24. Зюзиков Н.А. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.150.
25. Комочков М.М. — В сб.: *Международный симпозиум «Проблемы биохимии радиационной и космической биологии». Тезисы докл. (Москва, Дубна, 22—25 января 1997). ОИЯИ, Д19-96-514, Дубна, 1996, с.50.*
26. Комочков М.М. — В сб.: *Международный симпозиум «Проблемы биохимии радиационной и космической биологии». Тезисы докл. (Москва, Дубна, 22—25 января 1997). ОИЯИ, Д19-96-514, Дубна, 1996; Сообщение ОИЯИ Д19-97-284, Дубна, 1997.*
27. Комочков М.М. — Тез. докл. «Третий съезд по радиационным исследованиям», (14—17 октября 1997, Москва), Пуццино, 1997, с.288.
28. Komochkov M.M. — *JINR Commun. E19-97-269, Dubna, 1997.*

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 1997 году в Учебно-научном центре ОИЯИ обучалось 85 студентов. Состоялась защита 27 дипломных работ в широком диапазоне тем. С целью подготовки высококвалифицированных кадров для стран-участниц ОИЯИ продолжила работу аспирантура ОИЯИ. Осенью 1997 г. прошел очередной набор аспирантов. Было принято 8 выпускников различных вузов России. В настоящее время в аспирантуре ОИЯИ учатся 46 молодых специалистов, в числе которых граждане Польши, Румынии, Молдовы.

21 марта 1997 г. очередная сессия Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ постановила: «Принимая во внимание успешную реализацию образовательной программы Института и ее возросшую роль в деятельности ОИЯИ, утвердить следующее дополнение в статью 4, пункт 2 Устава ОИЯИ: Для осуществления своих целей Институт развивает образовательную деятельность, в том числе обучение студентов и аспирантов по направлениям, совпадающим с основными областями исследований Института, с целью подготовки высококвалифицированных кадров для стран-участниц ОИЯИ».

Ученый совет ОИЯИ, состоявшийся в июне, заслушав отчет Учебно-научного центра и поздравив его учредителей с успешной реализацией образовательной программы на базе УНЦ, настоятельно рекомендовал продолжение этой деятельности.

В Проблемно-тематический план ОИЯИ на 1998 год вошла новая тема первого приоритета «Организация, обеспечение и развитие учебного процесса университетского типа в ОИЯИ». Руководители темы — А.Н.Сисакян и С.П.Иванова. Ранее УНЦ совместно с ЛВТА выполнял работы по проекту «Автоматическая, информационная и программная поддержка образовательного процесса университетского типа» в рамках темы «Развитие и

поддержка сетевой, информационной и компьютерной инфраструктуры ОИЯИ».

31 октября 1997 г. под председательством А.Н.Сисакяна состоялся Совет Учебно-научного центра, который рассмотрел итоги прошедшего и планы на новый учебный год. С сообщением об организации студенческой практики летом 1998 г. выступила директор УНЦ С.П.Иванова. В Совете принимали участие представители лабораторий ОИЯИ и вузов, чьи кафедры представлены в УНЦ.

В 1997 году в УНЦ аспирантам был предложен цикл лекций под общим названием «Современные проблемы естествознания», в рамках которого были прочитаны лекции чл.-корр. РАН И.Н.Мешковым на тему «Ускорители заряженных частиц в экспериментальной физике», профессорами Г.А.Шелковым — «Экспериментальные методы физики частиц», Ю.П. Гангрским — «Строение электронной оболочки атома и ее связь со структурой ядра», Р.В.Джолосом — «Ядерная динамика в состояниях, близких к равновесным, и неравновесные процессы в ядрах», Д.И.Казаковым — «За пределами "стандартной модели", или какая новая физика ожидает нас на ускорителях следующего десятилетия». Профессор П.Спиллантини (Италия) прочитал первые три лекции из курса на тему «Ядерная и субъядерная астрофизика». Этот курс намечено продолжить, а с материалами прочитанных лекций можно ознакомиться в библиотеке УНЦ.

Правление Международной соросовской программы образования в области точных наук, подводя итоги конкурсов за 1996—97 гг., присвоило звание и выделило гранты целой группе преподавателей, аспирантов и студентов УНЦ.

В 1997 году образовательный процесс был расширен введением специального практикума для студентов на базе лабораторий ОИЯИ. Темы прак-

тикума: рентгеновская дифрактометрия; термометрия, вакуумная техника, криогеника в исследованиях сверхпроводников; измерение характеристик He-3-счетчиков; основы работы с базами данных; радиографическое определение концентрации изотопов урана и тория в различных образцах. Практикум вели ученые ЛНФ, ЛЯР, ЛЯП ОИЯИ.

Важное место в подготовке молодых специалистов занимают курсы компьютерных технологий и их реализация на базе современного программно-аппаратного комплекса. С этой целью в 1997 году были введены следующие лекционные курсы: «Базы данных», «Визуализация в научных исследованиях», «Объектно-ориентированное программирование на C++» и др.

На рисунке представлена схема компьютерного центра УНЦ.

Продолжается обмен студентами Учебно-научного центра и университетов стран Европы. Три студента из ФРГ около трех месяцев проходили практику в ОИЯИ, организованную на базе ЛЯР при поддержке УНЦ. Во время пребывания в Дубне студенты участвовали практически в работе научных групп ЛЯР, ознакомились с другими лабораториями ОИЯИ. Знания, полученные в Дубне, подтверждены сертификатами УНЦ.

Развиваются дружественные и деловые взаимоотношения УНЦ ОИЯИ и польского университетского сообщества. В мае 1997 г. группа студентов УНЦ побывала в крупных университетских центрах Польши — Люблине, Лодзи, Познани, Врошаве, а в июне с ответным визитом в Дубну приезжали студенты-физики Познаньского университета, которые посетили все лаборатории ОИЯИ. В сентябре группа студентов Врошлавского университета ознакомились с работой Учебно-научного центра, ЛТФ, ЛЯР и других лабораторий ОИЯИ. В феврале три студента и аспирант УНЦ побывали на зимней школе по теоретической физике в польском городе Карпач, которую ежегодно организует Институт теоретической физики Врошлавского университета.

В августе в Вене состоялась 12-я конференция, проводимая Международной ассоциацией студентов-физиков, в работе которой принял участие аспирант ОИЯИ А.Чурин. Студентка УНЦ А.Скачкова прошла летнюю стажировку в ЦЕРН.

Подготовка физиков в разных странах мира имеет сходные проблемы. Для выяснения общих задач и способов их решений в Европе была организована Европейская сеть физического образования (EUPEN), объединяющая всех заинтересованных этими вопросами и проведена в 1997 году первая

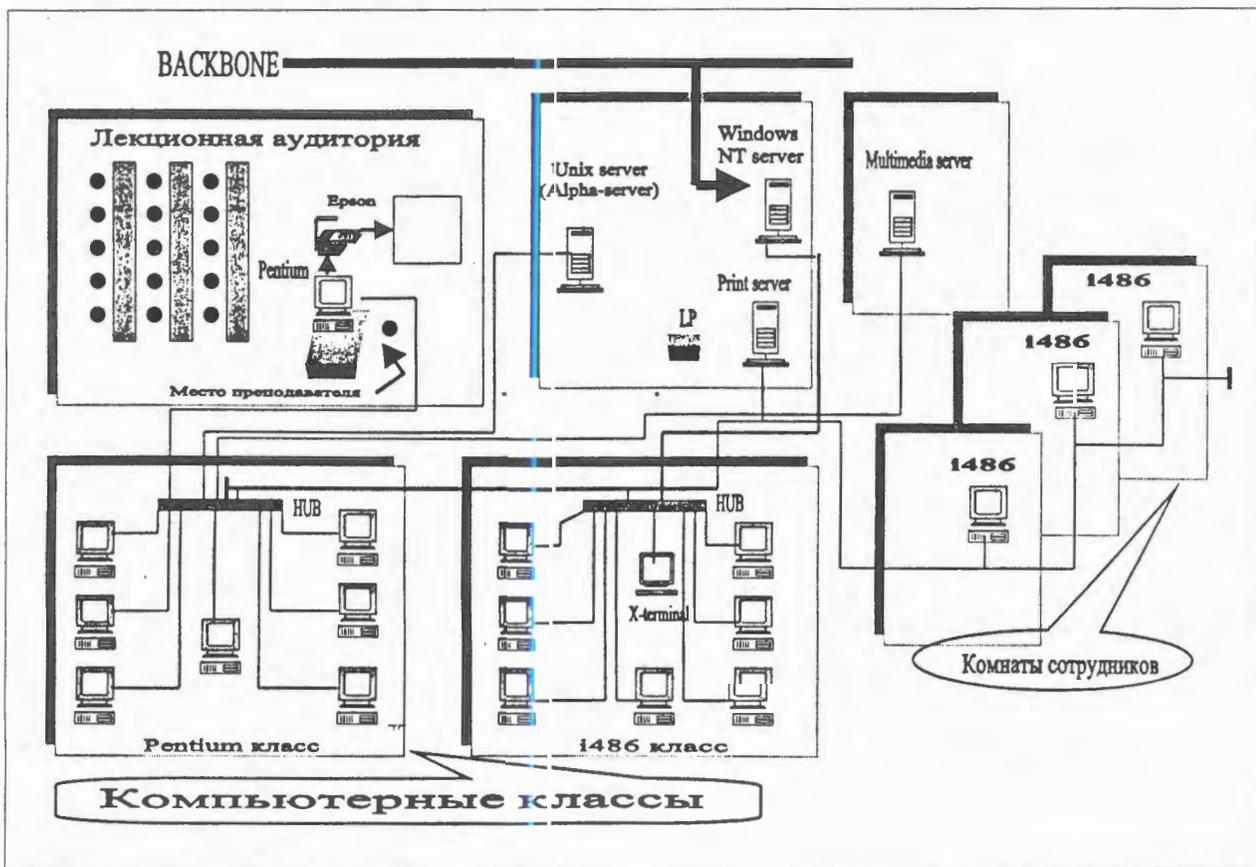


Схема компьютерного центра УНЦ

конференция (the first EUPEN General Forum 97) под эгидой Европейского физического общества и соответствующих комиссий Европейского Союза. В УНЦ поступило предложение быть участником этой сети.

УНЦ имеет договоры о совместной деятельности с разными вузами, в том числе с Тульским государственным педагогическим университетом, для которого очень важен вопрос подготовки молодых научно-педагогических кадров для работы на кафедрах физического факультета. В 1997 году состоялась защита дипломных проектов первыми тремя студентами ТГПУ, завершившими свое образование в УНЦ. Ректор ТГПУ выразила большую благодарность всем сотрудникам ОИЯИ, участвующим в обучении будущих физиков.

В феврале 1997 г. прошла Первая открытая научная конференция УНЦ и Объединения молодых ученых и специалистов (ОМУС) ОИЯИ. В тематику конференции были включены: физика ядра и элементарных частиц, теоретическая физика, современные методы ускорения заряженных частиц и ускорительная техника, вычислительная математика, физика твердого тела, техника и методика физического эксперимента, автоматизация физических исследований. Цель конференции — предоставить возможность молодым специалистам из ОИЯИ и других центров и вузов, изучающим современные проблемы физики, узнать и обсудить состояние и перспективы экспериментальных и теоретических исследований, оценить собственные достижения в науке.

В марте состоялась конференция молодых ученых ОИЯИ, которая явилась завершающим этапом II конкурса молодых ученых и специалистов в об-

ласти исследований конденсированных сред ядерными методами. Конкурс, проведенный совместно ЛНФ и УНЦ ОИЯИ, — одна из составляющих учебного процесса. Среди докладчиков на конференции были выпускники УНЦ за все годы, начиная с 1993.

В июне 1997 г. состоялась первая летняя школа молодых ученых и специалистов, организованная Учебно-научным центром и ОМУС ОИЯИ. За три дня 60 участников школы прослушали 11 лекций ведущих научных сотрудников Института, в которых нашли отражение как общие вопросы современной экспериментальной и теоретической физики, так и направления деятельности отдельных лабораторий Института.

Совершенствуется материальная база Учебно-научного центра. Открылся второй компьютерный класс для студентов. Изменилась конфигурация компьютерной сети, доступной студентам и аспирантам УНЦ в пределах системы NICE: один из компьютерных классов на сегодня полностью укомплектован PC типа Pentium-133. В настоящее время в компьютерный комплекс УНЦ входит ALPHA-сервер, работающий под системой DecUNIX и выполняющий функции UNIX-, Mail- и WWW-серверов. Адрес информационной WWW-страницы УНЦ в компьютерной сети ОИЯИ: <http://uc.jinr.ru>.

Функционирует и развивается научно-техническая библиотека УНЦ. В ней собрано много книг из личных библиотек сотрудников ОИЯИ, имеется периодическая литература ОИЯИ и литература по программному и техническому обеспечению компьютеров. Библиотека регулярно получает журналы «Nature», «CERN Courier», «European Physics News».

Объединенный
институт
развивается
как крупный
многоплановый
международный
научный
центр,
в котором
интегрированы
фундаментальные
исследования
в области
современной
ядерной
физики,
разработки
и применения
новейших
технологий
и университетское
образование
в соответствующих
областях
знаний.

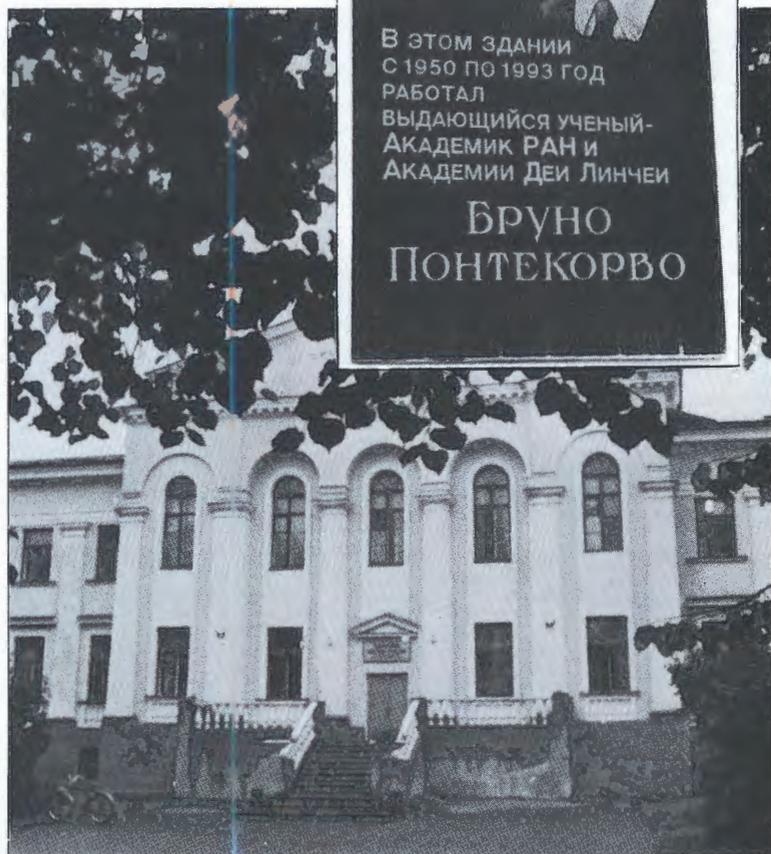


Лаборатория теоретической физики. Участники X семинара «Гравитационная энергия и гравитационные волны»

Лаборатория высоких энергий.
Семинар, посвященный 90-летию
со дня рождения основателя лаборатории
академика В.И.Векслера.
Выступает академик А.М.Балдин

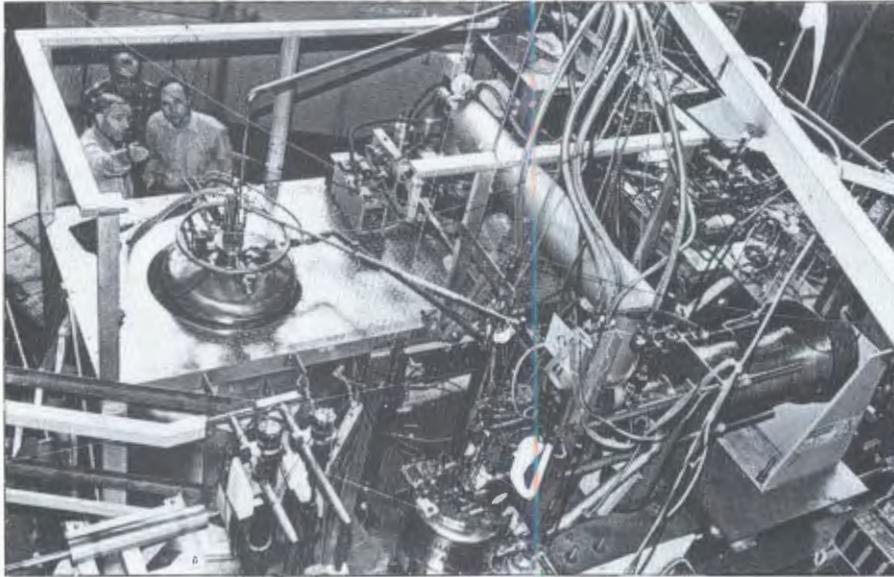


Лаборатория ядерных
проблем.
Мемориальная доска,
посвященная памяти
выдающегося ученого
академика Б.М.Понтекорво

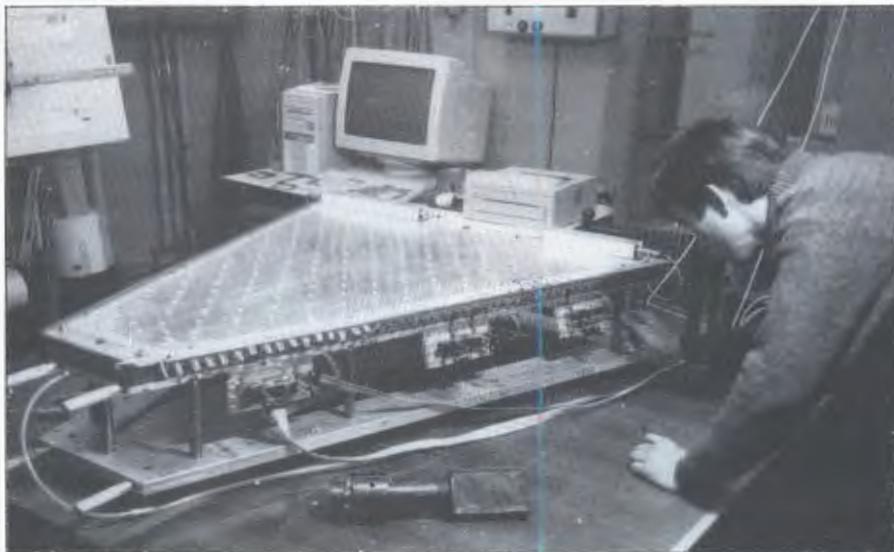


В этом здании
с 1950 по 1993 год
РАБОТАЛ
ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ-
АКАДЕМИК РАН И
АКАДЕМИИ ДЕИ ЛИНЧЕИ

БРУНО
ПОНТЕКОРВО



Лаборатория высоких энергий.
Передвижная поляризованная
мишень на пучке поляризованных
нейтронов синхрофазотрона



Лаборатория высоких энергий.
Испытания полномасштабного
прототипа дрейфовой камеры
внутреннего трекера
для спектрометра HADES (GSI)



Лаборатория высоких энергий.
Макет дипольного магнита
установки ALICE
для экспериментов по программе
исследований на LHC (ЦЕРН)



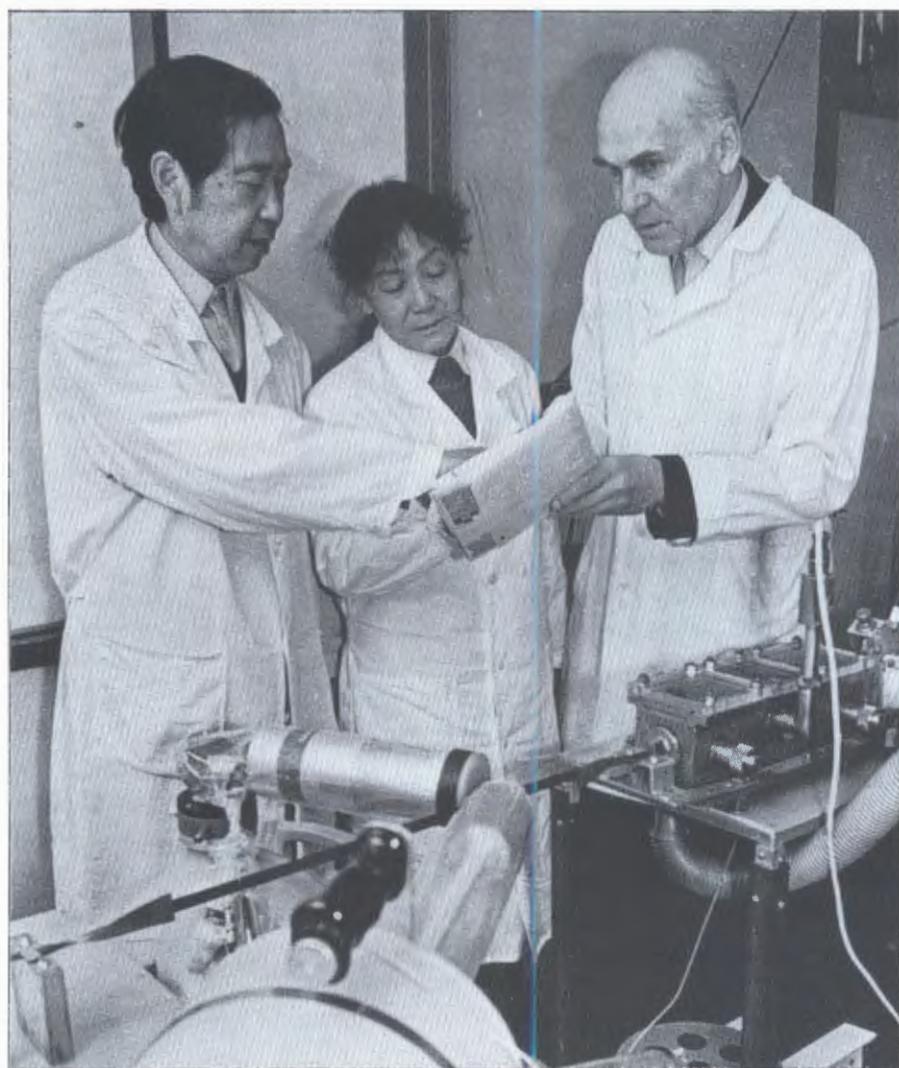
Лаборатория ядерных проблем.
Во время осмотра одной
из экспериментальных
установок лаборатории.
На снимке второй справа —
Председатель Программно-
консультативного комитета ОИЯИ
по ядерной физике
Ж.Дойч (Бельгия)



Опытное производство.
Сборка новой магнитной системы
для совместного ОИЯИ — ЦЕРН
эксперимента NA-45
на ускорителе SPS



Лаборатория ядерных реакций. Вручение премии им. Г.Н.Флорова за 1997 год З.Хофману (GSI, Дармштадт), А.Собичевскому (ИЯП, Варшава). На снимке слева — профессор З.Хофман, справа — профессор А.Собичевский, научный руководитель ЛЯР Ю.Ц.Оганесян, директор ЛЯР М.Г.Иткис



Лаборатория ядерных реакций. Обсуждение результатов, полученных в эксперименте по исследованию свойств ядер на границе нуклонной стабильности: Сюй Шувей, Цзян Тианмей (ИСФ, Ланьчжоу, Китай), Ю.П.Гангрский (ОИЯИ)



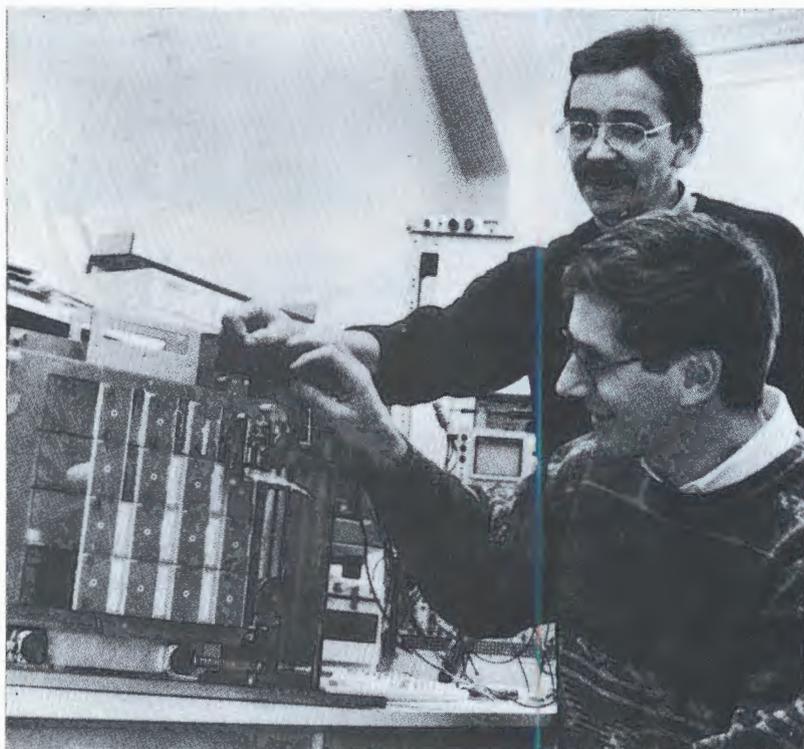
Лаборатория нейтронной физики.
Планово-профилактические работы
на реакторе ИБР-2.
На снимке: директор лаборатории
В.Л.Аксенов и директор ОИЯИ
В.Г.Кадышевский в реакторном
зале ИБР-2



Лаборатория нейтронной физики. Торжественный семинар, посвященный 20-летию физического пуска реактора ИБР-2



Лаборатория сверхвысоких энергий. Модель ускорителя для радиационных технологий, создаваемого специалистами ОИЯИ и ИЯИЯЭ (Болгария)



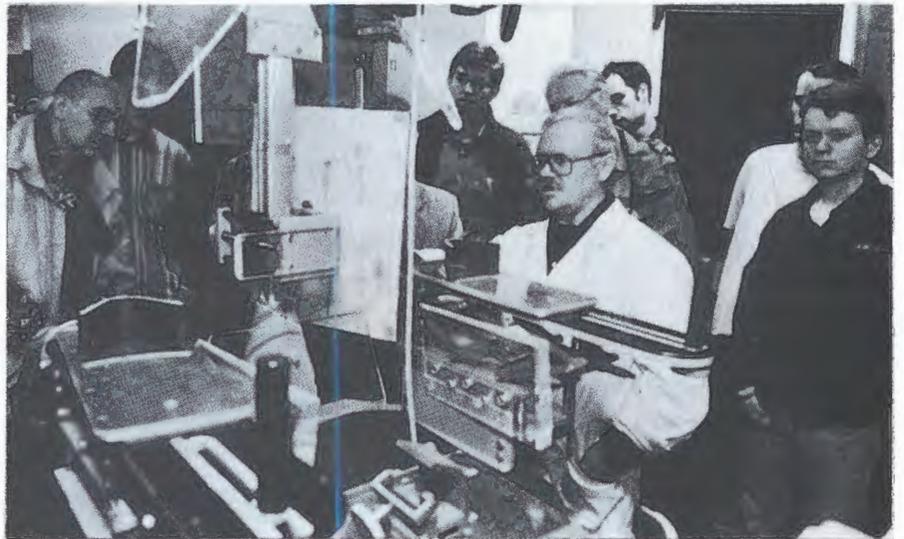
Лаборатория сверхвысоких энергий. Ф.Блох (ЦЕРН) и Н.И.Замятин (ОИЯИ) обсуждают конструкцию активной плоскости прототипа предливневого субдетектора (проект CMS), изготовленного в ОИЯИ



Лаборатория сверхвысоких энергий. Устройство для изготовления электродов пропорциональных камер с индуцированным съемом информации



Нествед (Дания), 7 июня.
Участники V Европейской школы
по физике высоких энергий



Лаборатория ядерных проблем.
Польские студенты на экскурсии
в зале клинко-физического
комплекса фазотрона ОИЯИ



Учебно-научный центр ОИЯИ. Встреча молодых физиков с почетным директором Лаборатории ядерных проблем
профессором В.П.Джелеповым (в центре)

Научно-техническая библиотека
ОИЯИ, 22 мая. Выставка новых книг
издательства «Шпрингер».
Директор издательства П.Хельферих
(ФРГ) — на снимке третий справа



Алушта (Крым), 19 июня. На праздновании 30-летия пансионата «Дубна»



Издательскому отделу ОИЯИ исполнилось 40 лет. На снимке: экскурсия в печатном цехе отдела

ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 1997 году издательский отдел выпустил в свет 456 наименований сообщений и препринтов ОИЯИ. Изданы 163 служебных материала.

Вышли из печати 43 сборника трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды X международной конференции «Проблемы квантовой теории поля», 4 Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами, международного совещания «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ» (в 2 томах), XIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий (в 2 томах), 3 международной конференции «Ренормгруппа-96». Увидели свет годовые отчеты ОИЯИ за 1996 г. (на русском и английском языках), отчет Лаборатории теоретической физики за 1995—1996 гг., годовой отчет Лаборатории нейтронной физики за 1996 г., отчет Лаборатории ядерных реакций за 1995—1996 гг., книга А.Н.Боголюбова «Н.Н.Боголюбов. Жизнь и творчество».

В 1997 году вышли в свет шесть выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 29 обзоров, и 6 номеров «Кратких сообщений ОИЯИ», в которые вошли 53 статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты. Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы, совещания и школы, проводившиеся как в странах-участницах ОИЯИ, так и в других странах, издательским отделом было на-

правлено 325 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. 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», «Physical Review», «Journal of Physics», «Physics Letters», «Nuclear Physics», «Nuclear Instruments and Methods», «Journal of Mathematical Physics» и др.

В 44 страны мира рассылались публикации Объединенного института.

Оперативному информированию читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ и отдела защиты интеллектуальной собственности. Увидели свет традиционный ежегодный «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1996 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано около 150 тысяч различных бланков.

В 1997 г. издательский отдел отметил 40-летие со дня своего образования. Это событие коллектив отдела встретил в новых просторных помещениях отремонтированного здания. Демонтаж сложного оборудования в старых помещениях и его установку в новых удалось провести в кратчайшие сроки. Переезд практически не отразился на сроках выпуска печатной продукции.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1997 году число читателей НТБ и ее филиалов составило 4780 человек. Количество выданной за год литературы — более 402 тыс. экземпляров. По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 1067 изданий.

По всем источникам комплектования поступило 9600 книг, периодических изданий, препринтов, около 7 тысяч из них на — иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. На 1 января 1998 г. библиотечный фонд составил более 414 тыс. экземпляров, из них 180844 — на иностранных языках.

Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 21241 названия. Экспресс-бюллетени получают не

менее 240 сотрудников Института, они рассылаются по 77 адресам вне Института, а также заносятся в электронную почту.

Каждую неделю обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, на них было представлено 7946 названий. Подготовлен и издан «Библиографический указатель работ сотрудников Института за 1997 год». Организованы 3 тематические выставки.

За 1997 год в НТБ в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, поступило 5617 изданий из 40 стран. Из них на долю России приходится 524, ФРГ — 824, Италии — 256, США — 1355, Франции — 247, Швейцарии — 112, Японии — 454, а также ЦЕРН — 1470.

Дополнительно в НТБ поступают научные журналы и книги (158 названий) из 35 стран.

ОТДЕЛ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

ИЗОБРЕТЕНИЯ

В 1997 году отдел продолжал работу по оказанию методической и консультационной помощи, связанной с оформлением заявок на изобретения, для получения патентов на имя авторов или ОИЯИ.

На рассмотрении во Всероссийском научно-исследовательском институте государственной патентной экспертизы (ВНИИГПЭ) в конце 1997 г. находилось 8 таких заявок.

По ранее поданным заявкам в течение года получено 6 патентов:

- «Твердотельный сцинтиллятор» (авторы: В.П.Зрелов, Я.Ружечка, В.Файнор, П.Павлович, Л.Кухта, К.Есенак);
- «Способ изготовления и установки на пучок ускоренных ионов графитовой фольги» (авторы: Б.Н.Гикал, Ю.Г.Тетерев, А.В.Тихомиров);
- «Магнетрон цилиндрического типа для напыления внутренних поверхностей тел» (автор Н.И.Балалыкин);
- «Способ изготовления трековых мембран» (авторы: Ю.Ц.Оганесян, С.Н.Дмитриев, А.Ю.Дидык, В.А.Щеголев, П.Ю.Апель, С.И.Бескровный);
- «Экран электронно-лучевой трубки» (авторы: В.П.Зрелов, Я.Ружечка, В.М.Шешунов, В.Е.Журов);

ПАТЕНТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В 1997 году в отдел поступило 30 официальных патентных бюллетеней Российской Федерации с информацией о поданных заявках на патенты и выданных патентах. Это издание обрабатывалось с учетом тематики ОИЯИ и явилось основой выпуска

— «Способ получения изотопа Pu-237» (авторы: Ю.Ц.Оганесян, Г.Я.Стародуб, А.Ф.Новгородов, С.Н.Дмитриев, Ю.В.Юшкевич, Г.В.Букланов).

Всего на конец 1997 г. ОИЯИ имел 17 действующих патентов, защищающих некоторые прикладные исследования.

В течение года в отдел поступили рационализаторские предложения, направленные на экономию материальных и денежных ресурсов, повышение надежности работы установок и на обеспечение радиационной безопасности персонала. Так, например, в Лаборатории высоких энергий внедрено рационализаторское предложение «Источники питания формагнита и выводных магнитов синхротрона как силовая электрическая часть системы питания магнитных линз и поворотных магнитов нуклотрона», позволившее сократить затраты на сооружение системы питания поворотных магнитов нуклотрона, упростить их эксплуатацию, что привело к значительной экономии материальных и денежных ресурсов, повысило надежность и снизило потери электроэнергии в магистральных шинопроводах.

В 1997 году упорядочена выплата авторских вознаграждений за изобретения и рационализаторские предложения путем применения повышенных коэффициентов.

для лабораторий бюллетеня «Патенты» (12 номеров). В конце 1997 г. библиотечный фонд патентных изданий (описание изобретений) составил 360 тыс. единиц.

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1997 году по заказам лабораторий и подразделений ОИЯИ Опытное производство изготовило продукции на сумму свыше 5,8 млрд. рублей. В работе над выполнением институтских заказов было занято более половины мощностей. Как и в последние несколько лет, ОИЯИ заказал, в основном, механическое оборудование.

Среди крупных заказов 1997 года — галеты и корпуса магнита для эксперимента NA-45, ECR-источник ионов, камера давления, платформа COSY, полимеризатор, медные плиты калориметра ATLAS, опытная партия пеналов детекторов для эксперимента DO и др. Большой частью эти изделия производились в рамках коллаборации с научными центрами ФРГ, Франции, Югославии и стран-участниц Института.

По-прежнему значительный объем работ выполняли для сторонних организаций, среди которых заметное место в 1997 году занял НПЦ «Аспект». По его заказу производилось оборудование для контроля аз перемещением радиоактивных материалов. Мощности радиоэлектронного производства в основном были заняты также заказами НПЦ «Аспект» и продолжавшимся выпуском цифровых телефонных станций.

Сохранилось сотрудничество с предприятиями пищевых отраслей промышленности. Много заказов было выполнено по механической обработке крупногабаритных деталей, изготовлению различных видов печатных плат, защитно-декоративных и лакокрасочных покрытий.

АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ



ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ для проведения научно-исследовательских работ, сооружения базовых установок и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, на 1997 год утвердил бюджет в сумме 37500,0 тыс. долл. США. Фактическое поступление средств за год составило

25251,6 тыс. долл. США, или 67,3% по отношению к годовым ассигнованиям.

Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 1997 год выполнен как в сметной стоимости, так и по номенклатуре.

Фактические расходы характеризуются следующими показателями:

Наименование раздела	План годовых ассигнований в тыс. долл. США	Фактические расходы за 1997 г. в тыс. долл. США	% к плану
I. Прямые расходы НИР по основным научным направлениям	16881,8	13963,8	82,7
II. Расходы на инфраструктуру лабораторий	9051,6	8044,0	88,9
III. Расходы на инфраструктуру ОИЯИ	5555,3	4437,6	79,8
IV. По соглашению с ФМИТ ФРГ за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	1134,7		
V. По соглашению с АН Венгрии за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	127,5		
VI. Резерв дирекции — 5% бюджета	1867,5	—	
VII. Гранты ПП — 8% долевого взноса стран-участниц	2881,6	—	
Итого — расходы:	37500,0	26445,4	70,5

КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 1998 г. составила 6061 чел. (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают 8 академиков академий наук: В.Л.Аксенов, А.М.Балдин, И.А.Голутвин, В.Г.Кадышевский, В.И.Корогодин, А.М.Петросьянц, А.Н.Сисакян, Д.В.Ширков; 8 членов-корреспондентов академий наук: А.С.Водопьянов, В.П.Джелепов, И.Звара, И.Н.Мешков, Р.М.Мир-Касимов, Ю.Ц.Оганесян, А.И.Титов, В.А.Халкин; 230 докторов наук, 676 кандидатов наук, в том числе 90 профессоров и 9 доцентов.

В 1997 году в ОИЯИ принято на работу 588 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 613 человек.

В течение года присвоены ученые звания: профессора — 1, старшего научного сотрудника — 12, младшего научного сотрудника — 4.

В 1997 году защитили кандидатские диссертации — 18 сотрудников, докторские — 16. Среди защитившихся — сотрудники ОИЯИ (23), граждане Республики Армения (1), ФРГ (1), Республики Грузии (2), Российской Федерации (5), Словацкой Республики (1), Республики Узбекистан (1).