

# ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

## ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Объединенный институт ядерных исследований

Россия 141980 Дубна, Московская обл.

Телефон: (7-09621) 65-059

Факс: (7-095) 975-23-81

Телекс: 911621 DUBNA SU

E-mail: [post@office.jinr.dubna.su](mailto:post@office.jinr.dubna.su)

ISBN 5-85165-532-1

© Объединенный институт ядерных исследований. Дубна, 1999

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	9
Премии и гранты	21
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	25
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	71
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова	81
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка	93
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	99
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	105
Учебно-научный центр	109
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	123
Научно-техническая библиотека	124
Отдел защиты интеллектуальной собственности	125
Опытное производство	126
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	129
Кадры	130

## 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

Завершился 1998 год — год начала реализации программы реформирования ОИЯИ. Подводя итоги года, можно сказать, что несмотря на августовский кризис в России Институт продолжает работать.

Потребовался целый комплекс неординарных мер для обеспечения жизнеспособности ОИЯИ. В поисках поддержки дирекция Института, Ученый совет, ведущие специалисты крупнейших научных центров мира обратились с письмами к Президенту и премьер-министру России. Члены дирекции встретились с высшими государственными и политическими деятелями РФ и других стран-участниц ОИЯИ, с руководителями XII Генерального директората Европейской комиссии, Исполнительного секретариата СНГ.

В 1998 г. ученые ОИЯИ вновь продемонстрировали, что, вопреки всем трудностям, в Дубне ведутся исследования, которые актуальны и конкурентоспособны на мировом уровне.

Среди наиболее ярких и значительных научных результатов прошедшего года — синтез нового долгоживущего сверхтяжелого элемента с порядковым номером 114. Это важное открытие, сделанное в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова группой сотрудников во главе с профессором Ю.Ц.Оганесяном в коллаборации с учеными из Ливермора (США), увенчало 35-летние усилия ученых ОИЯИ, США и Германии по поиску «острова стабильности» сверхтяжелых ядер. В настоящее время в ЛЯР и других научных центрах продолжают эксперименты, имеющие целью подтвердить эти результаты.

Открытие «острова стабильности» сверхтяжелых ядер стало возможным благодаря уникальным параметрам установки, регистрирующей чрезвычайно редкие события образования и распада ядер, и рекордным интенсивностям пучков ускоренных ионов на циклотроне У-400.

На Рочестерской конференции в Ванкувере (Канада, июль 1998 г.) был представлен научный результат, к которому самым непосредственным образом причастны теоретики Дубны. Речь шла о массе хигг-

совского бозона — единственной частицы «стандартной модели», которая пока не обнаружена в эксперименте. Одна из программ, ZFITTER, аккумулирующая все теоретические результаты по данной модели, в течение 15 лет создавалась интернациональной группой, возглавляемой Д.Ю.Бардиным. Предсказывается, что масса хиггсовского бозона с 95-процентной достоверностью должна быть не больше 262 ГэВ.

На пучке протонного синхротрона (PS) в ЦЕРН запущена установка DIRAC, на которой в октябре-ноябре проведен первый экспериментальный сеанс. Этот эксперимент по точному измерению времени жизни ( $\pi^+\pi^-$ )-атома с целью безмодельной проверки КХД предложен профессором Л.Л.Неменовым, который был избран в коллаборации руководителем эксперимента.

Группой сотрудников ОИЯИ во главе с профессором А.А.Тяпкиным предложен новый эксперимент для исследования свойств черенковского излучения вблизи порога. В октябре на ускорителе SPS (ЦЕРН) на пучке ядер свинца сотрудники Братиславского университета им. Я.Коменского, ЦЕРН и ОИЯИ наблюдали черенковское излучение на двухосном кристалле триглицеринсульфата. Получены первые результаты, свидетельствующие о повышении интенсивности черенковского света вблизи порога, что и является главной целью исследования.

Значительным событием в научной жизни Дубны стала Международная конференция по ускорителям частиц высоких энергий «НЕАСС-98». Подводя ее итоги, председатель Международного комитета по будущим ускорителям (ICFA) профессор Б.Виик сказал: «Мы в ICFA сердечно благодарны ОИЯИ, проявившему готовность провести эту конференцию. От всех участников «НЕАСС-98» я слышал только хорошие отзывы. Программа конференции была прекрасной, а дух дружбы, царивший здесь, просто фантастическим».

Год назад, на 83-й сессии Ученого совета, дирекция ОИЯИ представила план реформирования Института. Опираясь на поддержку этого плана Ученым советом, Комитетом Полномочных Представителей стран-участниц, в 1998 г. мы сделали практические шаги по его реализации. Речь идет о первом этапе реформирования, который включает в себя жесткую экономию бюджетных расходов, придание базовым установкам общеполитического статуса, планомерное сокращение персонала ОИЯИ.

Стержнем первого этапа реформирования Института стала централизация управления базовыми установками (нуклотрона, ускорителей У-400 и У-400М, реактора ИБР-2), включая проект ИРЕН. Несмотря на чрезвычайные финансовые обстоятельства, дирекция ОИЯИ пошла на увеличение продолжительности экспериментальных сеансов на базовых установках, хорошо понимая, что работающие базовые установки



делают Институт привлекательным как для его стран-участниц, так и для других стран, заинтересованных в ядерно-физических исследованиях.

Особое внимание уделяется развитию телекоммуникационных каналов и компьютерно-сетевой инфраструктуры ОИЯИ. В Институте создан суперкомпьютерный центр для обеспечения полноценной сетевой и информационной поддержки исследований, проводимых в ОИЯИ, и повышения эффективности научного сотрудничества.

Начиная реформирование Института, дирекция стремится сохранить все лучшее, что накоплено за годы его развития: базовые установки, научную инфраструктуру, богатые научные традиции. Реформирование ОИЯИ, имеющее целью сделать его деятельность более рациональной и эффективной, сегодня является одним из важнейших факторов сохранения и развития Института.

В.Г.Кадышевский,  
директор Объединенного института  
ядерных исследований

# РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ



# РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

## СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

12–13 марта в Дубне состоялось очередное совещание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ. Председатель — профессор С.Дубничка (Словацкая Республика).

Заслушав и обсудив доклад директора Института В.Г.Кадьшевского о деятельности ОИЯИ в 1997 г. и предложениях дирекции по реформированию Института, Комитет Полномочных Представителей, в частности, постановил:

- одобрить работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1997 г., а также концепцию и план реформирования ОИЯИ в 1998–2000 гг., представленные дирекцией Института;
  - утвердить решения 82-й и 83-й сессий Ученого совета ОИЯИ, план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1998 г., «Научную программу ОИЯИ на 1998–2000 годы».
- Приняв во внимание рекомендации 83-й сессии Ученого совета, КПП поручил дирекции ОИЯИ обеспечить первоочередное выделение средств в 1998 г. на следующие работы:
- создание системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; продолжение эксплуатации нуклотрона; экспериментальные исследования цветовых и спиновых степеней свободы в ядерном веществе на нуклотроне, в ЦЕРН и BNL;
  - осуществление проекта ИРЕН в рамках реального графика, утвержденного дирекцией Института, и связанного с ним финансирования с целью завершения работ в возможно 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 спектро-

метров на ИБР-2; продолжение использования спектрометров на реакторе;

- синтез сверхтяжелых элементов вблизи области  $Z = 114$  и изучение реакций слияния-деления для слабовозбужденных сверхтяжелых ядер; изучение структуры легких экзотических ядер и нейтронных корреляций в них; исследование на пучках ионов стабильных и радиоактивных элементов с использованием детекторов ФОБОС и «Мульти» 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 У-600 (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.

По докладу административного директора Института А.И. Лебедева Комитет Полномочных Представителей принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1997 г., утвердил бюджет ОИЯИ на 1998 г. с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США и долевые взносы государств-членов на 1998 г. по принципу пропорциональности шкале ООН.

КПП установил контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 1999 г. в размере 37,5 млн долларов США и поручил дирекции Института представить к 1 сентября 1998 г. всем полномочным представителям стран-участниц проект новой структуры бюджета ОИЯИ, в которой должны быть отражены цели перво-



го этапа реформирования, прежде всего централизация управления работой базовых установок.

По информации председателя Финансового комитета А.И.Володина (РФ) Комитет Полномочных Представителей утвердил протокол заседания Финансового комитета от 12–13 февраля 1998 г.

Комитет Полномочных Представителей обратился в дирекцию ОИЯИ с просьбой рассмотреть проблему пенсионного обеспечения сотрудников ОИЯИ из стран-участниц и подтвердить действие Постановления Совета Министров СССР от 22 ноября 1956 г. № 1523-764, согласно которому суммы взимаемых налогов с сотрудников Объединенного института ядерных исследований граждан государств — членов Института засчитываются в счет их долевого взноса на содержание ОИЯИ.

Заслушав и обсудив доклад председателя Постоянной комиссии Комитета Полномочных Представителей по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры Объединенного института ядерных исследований А.Хрынкевича (Республика Польша) о ее работе, КПП принял информацию к сведению, одобрил рекомендации комиссии и поручил ей оказать содействие дирекции в реализации одобренных рекомендаций.

Учитывая сложнейшую финансовую ситуацию, в которой Институт находится в результате дальнейшего ухудшения показателей наполнения бюджета за 1997 г., КПП посчитал необходимым усилить ограничение прав стран-участниц ОИЯИ, задолженность которых превышает двухлетний доленой взнос, установив, что они не имеют права решающего голоса на Финансовом комитете и на заседаниях КПП при ре-

шении финансовых вопросов; сотрудники из таких стран-участниц могут направляться в любые командировки (с частичной или полной оплатой) только в виде исключения на основании решения директора ОИЯИ с последующим информированием (не реже одного раза в квартал) председателя КПП с обоснованием таких командировок; численность работающих в ОИЯИ научных сотрудников из таких стран сохранить на уровне, который был зафиксирован на момент принятия санкций.

Заслушав предложения дирекции по формированию нового состава Ученого совета ОИЯИ, Комитет Полномочных Представителей установил численный состав Ученого совета в количестве 44 человек и по результатам голосования утвердил список членов Ученого совета с полномочиями сроком на 5 лет. В связи с личными просьбами некоторых членов Ученого совета об ограничении сроков их работы в совете двумя годами дирекция ОИЯИ предложено представить КПП соответствующие предложения по ротации.

Комитет на основании личного заявления Н.А.Головкова отозвал его с должности главного инженера ОИЯИ и, по результатам голосования, утвердил в должности главного инженера ОИЯИ члена-корреспондента Российской академии наук профессора И.Н.Мешкова на срок полномочий директора ОИЯИ, т.е. до 1 января 2003 г.

Заслушав доклад главного научного сотрудника ЛЯП профессора В.А.Карнаухова «Горячие ядра и фазовые переходы в ядерном веществе», Комитет Полномочных Представителей выразил ему благодарность за содержательный доклад.

## СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

**15–16 января в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского прошла 83-я сессия Ученого совета Института.**

В.Г.Кадышевский выступил с докладом об итогах пятилетней деятельности Ученого совета ОИЯИ. Члены Ученого совета также заслушали его доклад «ОИЯИ на пороге XXI века: предложения дирекции ОИЯИ по реформированию Института».

С информацией Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ выступил ее председатель профессор А.Хрынкевич.

Вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян и главный ученый секретарь В.М.Жабицкий сообщили о выполнении рекомендаций Ученого совета ОИЯИ по приоритетным областям исследований в 1997 г. и о научной программе ОИЯИ на 1998–2000 гг.

Было продолжено начавшееся на 81-й сессии обсуждение долгосрочных планов научных исследований. Состоялись три доклада: «Поиски антивещества в космических лучах с помощью трекового калориметра на спутнике» (Л.Г.Ткачев), «Ионизационный нейтронный калориметр на спутнике для исследования космических лучей (проект INCA)» (Г.Б.Жданов, Г.Т.Зацепин), «Базовые установки ОИЯИ и радиационно-космическая биомедицина» (В.М.Петров).

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов ОИЯИ выступили их председатели: ПКК по физике конденсированных сред — профессор Ж.Пеппи, ПКК по ядерной физике — профессор Ж.Дойч, ПКК по физике частиц — профессор П.Спилиантини. Состоялось утверждение составов программно-консультативных комитетов.

В повестку сессии были включены научные доклады А.И.Малахова «Асимптотики в релятивист-

ской ядерной физике» и Г.М.Тер-Акопяна «Экспериментальное обнаружение "динейтронной" конфигурации экзотического ядра  ${}^6\text{He}$ ».

Ученый совет утвердил решение жюри по премиям ОИЯИ за 1997 год.

Вручены именные премии ОИЯИ: имени Б.М.Понтекорво — профессору К.Винтеру (ФРГ) за экспериментальные исследования в области нейтринной физики на ускорителях и имени Я.А.Смородинского — редакции еженедельника «Дубна» за успехи в деле популяризации науки и международного сотрудничества.

Основываясь на пятилетнем опыте работы, Ученый совет, сформированный в новом составе решением Комитета Полномочных Представителей в 1993 г. как орган, который «оценивает результаты научной деятельности Института, дает заключение по планам научно-исследовательских работ Института и по отчетам об их выполнении, представляемым директором Института, дает рекомендации по совершенствованию научной деятельности Института», считает, что его область деятельности четко определена.

Ученый совет счел целесообразным сделать две рекомендации по функционированию этого органа в будущем. Во-первых, необходима более тесная связь с Комитетом Полномочных Представителей, поскольку решения, принимаемые высшим руководящим органом ОИЯИ, исключительно важны для научной жизни Института. Во-вторых, для обеспечения большей преемственности следует рассмотреть возможность ротации состава Ученого совета при его формировании вместо одновременной замены всех его членов.

Ученый совет принял к сведению представленные директором ОИЯИ В.Г.Кадышевским концепцию и план реформирования Института в области базовых установок и инфраструктуры и поддержал эту важную инициативу дирекции ОИЯИ, а также принял к сведению информацию, представленную Полномочным Представителем Республики Польша, председателем Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ А.Хрынкевичем.

В связи с нестабильным финансированием ОИЯИ Ученый совет попросил председателя сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ и директора ОИЯИ направить обращение к Председателю правительства Российской Федерации В.С.Черномырдину о содействии в погашении задолженности России по уплате долевых взносов за 1996–1997 гг. и обеспечении нормального финансирования Института в 1998 г.

Ученый совет высоко оценил активную деятельность дирекции ОИЯИ по развитию международного сотрудничества и, в частности, отметил большое значение подписанного в сентябре 1997 г. Соглашения между ЮНЕСКО и ОИЯИ, которое открывает широ-

кие возможности для сотрудничества этих международных организаций в совместных научных и образовательных программах.

Ученый совет с удовлетворением отметил успешный ход выполнения «Научной программы ОИЯИ на 1997–1999 годы», основанной на «скользящем» трехлетнем плане деятельности и одобрил основные направления «Научной программы ОИЯИ на 1998–2000 годы».

Учтя предложения дирекции и рекомендации ПКК, Ученый совет поддержал следующие приоритетные направления деятельности ОИЯИ в 1998 г.:

- создание системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; продолжение эксплуатации нуклотрона; экспериментальные исследования цветковых и спиновых степеней свободы в ядерном веществе на нуклотроне, в ЦЕРН и BNL;
- осуществление проекта ИРЕН в рамках реального графика, утвержденного дирекцией Института, и связанного с ним финансирования с целью завершения работ в возможно 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; продолжение использования спектрометров на реакторе;
- синтез сверхтяжелых элементов вблизи области  $Z = 114$  и изучение реакций слияния-деления для слабозабужденных сверхтяжелых ядер; изучение структуры легких экзотических ядер и нейтронных корреляций в них; исследование на пучках ионов стабильных и радиоактивных элементов с использованием детекторов ФОБОС и «Мульти» 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 У-600 (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 отметил интерес, проявляемый учеными из других научных центров к радиобиологическим исследованиям на базовых установках ОИЯИ, и рекомендовал продолжить работы в этой области.

Ученый совет, разделяя беспокойство ПКК по физике конденсированных сред, присоединился к его оценкам и поддержал его рекомендации, в частности,

обращение в Постоянную комиссию Комитета Полномочных Представителей с просьбой подтвердить, что средства на осуществление плана модернизации комплекса ИБР-2 будут найдены.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по ядерной физике и рекомендовал дирекции ОИЯИ:

- рассмотреть все возможности для форсирования окончания работ по проекту ИРЕН. В качестве одной из первоочередных мер выделить гарантированное финансирование для проекта в 1998 г. за счет гранта дирекции ОИЯИ и бюджетных средств ЛНФ для создания принципиально важных узлов ИРЕН;
- рассмотреть проблемы, возникшие в связи с выводом из эксплуатации ИБР-30;
- решить проблемы, связанные с выделением необходимого времени (около 8000 часов) для работы на пучках ускорительного комплекса ЛЯР.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по физике частиц по новым научным проектам и закрытию ряда исследовательских работ, как это сформулировано в материалах 8-й сессии ПКК, состоявшейся в ноябре 1997 г.

Ученый совет одобрил усилия дирекции ОИЯИ и ЛВТА по созданию суперкомпьютерного центра для обеспечения сетевой и информационной поддержки исследований в Институте.

Ученый совет поддержал предложение дирекции ОИЯИ о постоянной ротации членов ПКК и предложил внести соответствующее изменение в «Положение о ПКК ОИЯИ».

В связи с этим Ученый совет по предложению дирекции ОИЯИ утвердил персональный состав программно-консультативных комитетов сроком на один год, а председателями ПКК сроком на полгода:

- Ж.Дойча — ПКК по ядерной физике;
  - П.Спиллантини — ПКК по физике частиц;
- сроком на один год;
- Х.Лаутера — ПКК по физике конденсированных сред.

Ученый совет тайным голосованием избрал А.Т.Филиппова директором Лаборатории теоретической физики сроком на 5 лет и подтвердил вакансии двух заместителей директора в Лаборатории теоретической физики.

#### **4–5 июня в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского проходила 84-я сессия Ученого совета Института.**

В.Г.Кадышевский выступил с информацией о решениях сессии КПП ОИЯИ от 12–14 марта 1998 г. и о ходе выполнения плана реформирования ОИЯИ.

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов ОИЯИ выступили их председатели: ПКК по физике конденсированных сред —

профессор Х.Лаутер, ПКК по физике частиц — профессор П.Спиллантини, ПКК по ядерной физике — профессор Ж.Дойч.

О внесении изменений в «Положение о программно-консультативных комитетах ОИЯИ» сообщил главный ученый секретарь Института В.М.Жабицкий.

Вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян доложил о ходе реализации образовательной программы, в том числе о комплектовании штата Института молодыми специалистами.

С информационным сообщением о Латиноамериканском физическом центре выступил профессор Л.Маспери.

На сессии продолжались обсуждения долгосрочных планов научных исследований в ОИЯИ. Профессор С.Т.Беляев выступил с докладом о возможности использования источника синхротронного излучения РНЦ «Курчатовский институт». Профессор В.Л.Аксенов рассмотрел перспективы нейтронных и синхротронных исследований конденсированных сред.

О состоянии дел и планах ближайшего развития базовых установок ОИЯИ Ученому совету доложил главный инженер ОИЯИ профессор И.Н.Мешков. О перспективах и состоянии дел по проекту ИРЕН сообщил В.И.Фурман.

С докладом «Радиобиологические исследования с радионуклидами в ОИЯИ» выступил профессор Е.А.Красавин.

Члены Ученого совета заслушали сообщения, связанные с новым суперкомпьютерным центром Института. В.В.Бойко рассказал о системе суперкомпьютерных центров России, роли и месте ОИЯИ в этой программе. О стратегии фирмы «Hewlett Packard» по оснащению России компьютерной техникой, роли и месте ОИЯИ в этой стратегии сообщил Х.Лоренц. «Суперкомпьютерный центр ОИЯИ» — тема доклада В.В.Коренькова. В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации была организована презентация суперкомпьютерного центра ОИЯИ.

На сессии вручены премии ОИЯИ за 1997 г.

Ученый совет принял к сведению представленную директором ОИЯИ информацию о решениях состоявшейся в марте 1998 г. сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ:

- об одобрении концепции и плана первого этапа реформирования ОИЯИ, предложенных дирекцией Института и поддержанных Ученым советом на предыдущей сессии;
- об утверждении «Научной программы ОИЯИ на 1998–2000 годы», основанной на рекомендациях Ученого совета и программно-консультативных комитетов ОИЯИ;
- об утверждении нового состава Ученого совета с полномочиями сроком на 5 лет;

— о назначении на должность главного инженера ОИЯИ члена-корреспондента РАН И.Н.Мешкова.

Ученый совет решительно поддержал взятый курс реформ и ожидает сообщений на будущих сессиях об их дальнейшем продвижении, а также предложений дирекции ОИЯИ по реформам в научной сфере. При этом Ученый совет подтвердил свои предыдущие рекомендации о необходимости проведения всестороннего анализа того, насколько адекватно существующая в Институте лабораторная структура отвечает потребностям и целям выполняемой научной программы.

Ученый совет подчеркнул, что ОИЯИ является научным центром, предназначенным прежде всего для проведения исследований учеными, командированными из стран-участниц, совместно с сотрудниками постоянного штата, и рекомендовал дирекции сбалансировать этот весьма важный аспект с интересами, связанными с участием ОИЯИ в научных исследованиях в других центрах.

Ученый совет вновь выразил озабоченность тем, что фактически существующий уровень финансирования ОИЯИ не соответствует высокому интеллектуальному и техническому потенциалу Института, и призвал страны-участницы ОИЯИ предпринять срочные усилия для своевременного выполнения своих финансовых обязательств.

В связи с крайне тяжелой финансовой ситуацией в ОИЯИ Ученый совет принял обращение к Президенту Российской Федерации Б.Н.Ельцину.

Ученый совет поддержал одобренное Комитетом Полномочных Представителей решение дирекции ОИЯИ по централизации управления базовыми установками (нуклотроном, циклотронами У-400 и У-400М, реактором ИБР-2) и осуществлению проекта ИРЕН.

Ученый совет одобрил решение дирекции ОИЯИ о выделении в 1998 г. целевого гранта для создания основных узлов ИРЕН и рекомендовал продолжить изыскание необходимых средств, чтобы завершить проект в кратчайшие сроки.

Ученый совет подтвердил свои рекомендации по развитию базовых установок ОИЯИ как приоритетному направлению деятельности, среди которых:

- создание системы медленного вывода пучка на нуклотроне;
- модернизация реактора ИБР-2 с целью создания условий для долгосрочной эксплуатации этой установки в будущем;
- совершенствование циклотронного комплекса ЛЯР с учетом рекомендаций ПКК по ядерной физике.

Ученый совет принял к сведению информационное сообщение о деятельности Latinoamericano de Fisica, CLAF), представленное директором CLAF профессором Л. Маспери. Ученый совет поддержал намерение дирекции ОИЯИ заключить соглашение о сотрудни-

честве с этой международной межправительственной организацией, отметив, однако, что дальнейшие конкретные шаги должны быть соизмеримы с реальным бюджетом ОИЯИ.

Ученый совет отметил впечатляющий успех, достигнутый в реализации образовательной программы на базе Учебно-научного центра со времени его основания в 1991 г., в частности, увеличение числа дисциплин для обучения студентов и аспирантов.

Ученый совет рекомендовал продолжить деятельность, направленную на увеличение притока молодых специалистов в ОИЯИ, как жизненно важную стратегическую задачу Института.

Ученый совет предложил дирекции включать наиболее интересные научные сообщения молодых ученых в повестку дня будущих сессий.

По итогам состоявшегося обсуждения Ученый совет принял к сведению и поддержал рекомендации, сделанные на сессиях программно-консультативных комитетов в апреле 1998 г. и представленные их председателями. Ученый совет согласился с предложением дирекции ОИЯИ, чтобы программно-консультативные комитеты до конца 1998 г. еще раз рассмотрели ход выполнения экспериментальных проектов и определили их приоритетность в свете предстоящих реформ в научной сфере.

По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет утвердил «Положение о программно-консультативных комитетах ОИЯИ», новая редакция которого предусматривает постоянную ротацию членов программных комитетов для обеспечения сменяемости и преемственности в составах этих совещательных органов.

Ученый совет поздравил дирекции ОИЯИ и ЛВТА с успешной работой, проделанной со времени предыдущей сессии, по вводу в действие суперкомпьютерного центра ОИЯИ для обеспечения полноценной сетевой и информационной поддержки исследований в Институте и повышения эффективности научного сотрудничества с институтами стран-участниц и других стран.

Ученый совет принял к сведению доклад, посвященный радиобиологическим исследованиям с радионуклидами и их использованию в клинической медицине для диагностики и лечения различных заболеваний, в том числе онкологических. Ввиду большой социальной значимости проводимых исследований Ученый совет рекомендовал, чтобы это научное направление получило в ОИЯИ дальнейшее развитие.

Ученый совет тайным голосованием избрал Н.А.Русаковича директором Лаборатории ядерных проблем сроком на 5 лет.

По предложению дирекции ОИЯИ и рекомендациям членов ПКК Ученый совет утвердил председателями ПКК сроком на один год:

- Ш. Бриансон — ПКК по ядерной физике,
- Х.Лаутера — ПКК по физике конденсированных сред,
- П.Спиллантини — ПКК по физике частиц.

## РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Азербайджанская Республика	— Н.А.Гулиев	Республика Молдова	— В.А.Москаленко
Республика Армения	— Г.А.Вартапетян	Монголия	— Ц.Ганцог
Республика Белоруссия	— В.А.Гайсенюк	Республика Польша	— А.Хрынкевич
Республика Болгария	— Г.Касчиев	Российская Федерация	— В.Е.Фортов, В.Б.Булгак
Социалистическая Республика Вьетнам	— Нгуен Ван Хъеу	Румыния	— И.Выцэ
Республика Грузия	— Н.С.Амаглобели	Словацкая Республика	— С.Дубничка
Республика Казахстан	— В.Н.Околович	Республика Узбекистан	— Б.С.Юлдашев
Корейская Народно-Демократическая Республика	— Ли Зай Сен	Украина	— И.И.Залюбовский
Республика Куба	— Д.Кодорню	Чешская Республика	— Р.Мах

### Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

### УЧЕНЫЙ СОВЕТ

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

Н.С.Амаглобели	— Республика Грузия	Л.Маспери	— Бразилия	А.Н.Сисакян	— Российская Федерация
В.Андрейчев	— Республика Болгария	В.А.Матвеев	— Российская Федерация	А.Н.Скринский	— Российская Федерация
Ц.Баатар	— Монголия	М.Матеев	— Республика Болгария	Р.Сосновский	— Республика Польша
Х.Бланко	— Республика Куба	Р.Мир-Касимов	— Азербайджанская Республика	П.Спиллантини	— Италия
А.Будзановский	— Республика Польша	В.А.Москаленко	— Республика Молдова	А.Н.Тавхелидзе	— Республика Грузия
И.Вильгельм	— Чешская Республика	Т.М.Муминов	— Республика Узбекистан	Дж.Триллинг	— США
И.Н.Вишневский	— Украина	Нгуен Ван Хъеу	— Социалистическая Республика Вьетнам	А.Хрынкевич	— Республика Польша
Ж.Ганзориг	— Монголия	В.Н.Околович	— Республика Казахстан	Чве Зе Гон	— Корейская Народно-Демократическая Республика
М.Делла Негра	— Швейцария	Ю.А.Осипьян	— Российская Федерация	Н.А.Черноплеков	— Российская Федерация
К.Детраз	— Франция	В.В.Папоян	— Республика Армения	Ш.Шаро	— Словацкая Республика
Ф.Дидак	— Швейцария	Б.Пейо	— Франция	Х.Шоппер	— Швейцария
Г.М.Зиновьев	— Украина	М.Петрович	— Румыния	Н.М.Шумейко	— Республика Белоруссия
Н.Кроо	— Венгерская Республика	Г.Пираджино	— Италия	Б.С.Юлдашев	— Республика Узбекистан
Ф.Легар	— Франция	С.К.Рахманов	— Республика Белоруссия	Е.Яник	— Республика Польша
А.А.Логунов	— Российская Федерация				

### Программно-консультативный комитет по физике частиц

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

### Программно-консультативный комитет по ядерной физике

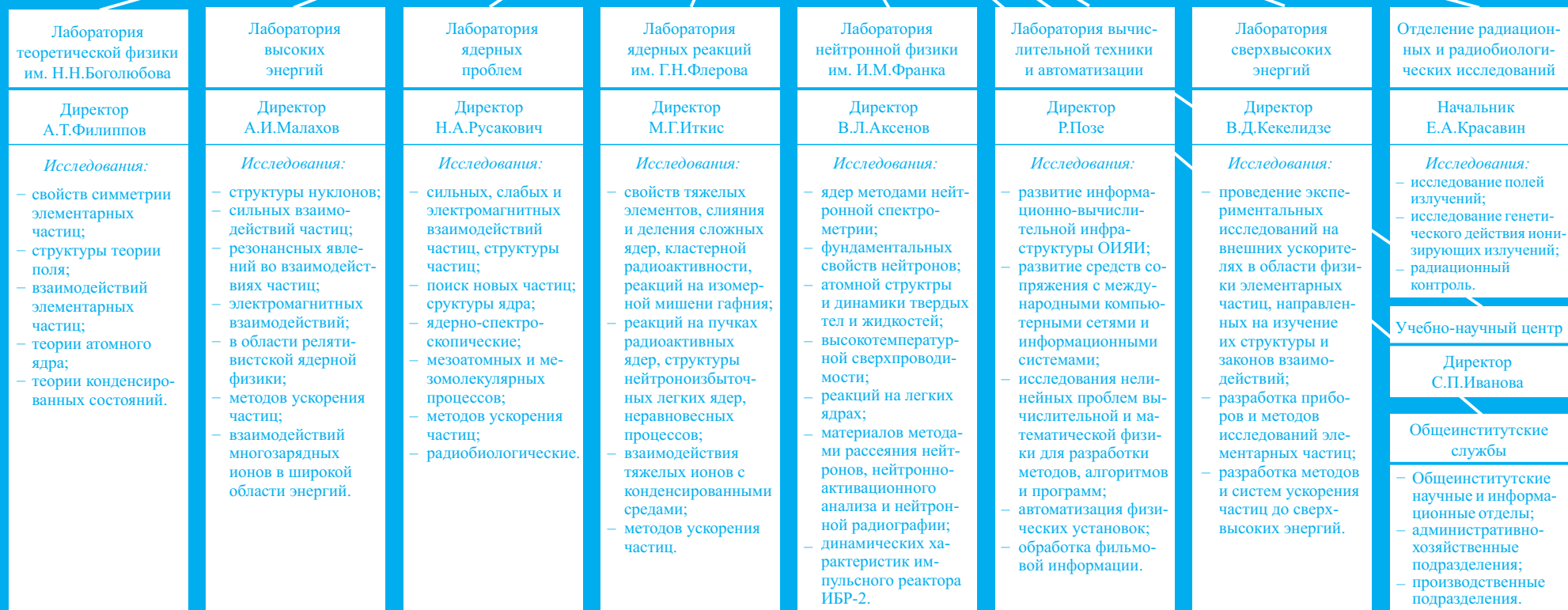
Председатель — Ш.Бриансон (Франция)  
Ученый секретарь — Н.К.Скобелев

### Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

Председатель — Х.Лаутер (Франция)  
Ученый секретарь — С.И.Тютюнников

## СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Дирекция**  
**Директор** В.Г.Кадышевский  
**Вице-директор** А.Н.Сисакян  
**Вице-директор** Ц.Вылов  
**Административный директор** А.И.Лебедев  
**Главный ученый секретарь** В.М.Жабицкий  
**Главный инженер** И.Н.Мешков



## ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

**Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 12–13 февраля под председательством А.И.Володина (Россия).**

Заслушав доклад директора Института профессора В.Г.Кадышевского «ОИЯИ на пороге XXI века: предложения дирекции по реформированию Института», Финансовый комитет одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по выполнению научной программы в 1997 г. и рекомендовал Комитету Полномочных Представителей одобрить концепцию реформирования ОИЯИ в 1998–2000 гг.

По информации В.Г.Дроженко о работе Контрольной комиссии 16–17 июля 1997 г. Финансовый комитет одобрил работу этой комиссии и рекомендовал КПП утвердить отчет ОИЯИ об исполнении бюджета за 1996 г.

Финансовый комитет просил Полномочного Представителя России провести ревизию финансово-хозяйственной деятельности ОИЯИ за 1997 г. Для проведения анализа итогов ревизии образована Контрольная комиссия из представителей Республики Армения, Республики Польша, Российской Федерации и Чешской Республики.

Финансовый комитет принял к сведению отчет дирекции о выполнении решений Финансового комитета от 20–21 февраля 1997 г. и рекомендаций Контрольной комиссии от 16–17 июля 1997 г.

Комитет заслушал доклад административного директора ОИЯИ А.И.Лебедева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 1997 год, о проекте бюджета на 1998 год; о контрольных цифрах на 1999 год» и рекомендовал КПП принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1997 г., утвердить бюджет ОИЯИ на 1998 г. с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США и поручить дирекции Института внести коррективы в проект бюджета с учетом рекомендаций 83-й сессии Ученого совета и настоящего заседания Финансового комитета.

Дирекции Института разрешено в 1998 г. 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 поручить дирекции Института представить к 1 сентября 1998 г. всем полномочным представителям стран-участниц проект новой структуры бюджета ОИЯИ, в которой должны быть отражены цели первого этапа реформирования, прежде всего централизация управления работой базовых установок, а также утвердить на 1998 г. для применения в расчетах основную часть долевого взноса по принципу пропорциональности шкале ООН и установить контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 1999 г. в размере 37,5 млн долларов США, которая может быть скорректирована с учетом соотношения инфляции и изменения курса доллар/рубль.

Рассмотрев предложения Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ, Финансовый комитет рекомендовал КПП усилить санкции по отношению к странам-участницам ОИЯИ, задолженность которых превышает двухлетний доленой взнос, установив, что они не имеют права решающего голоса на Финансовом комитете; не имеют права решающего голоса на заседании КПП при решении финансовых вопросов; сотрудники из таких стран-участниц могут направляться в любые командировки (с частичной или полной оплатой) только в виде исключения на основании решения директора ОИЯИ с последующим информированием (не реже одного раза в квартал) председателя КПП с обоснованием таких командировок; численность работающих в ОИЯИ научных сотрудников из таких стран сохранить на уровне, который был зафиксирован на момент принятия санкций.

## СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ ОИЯИ

**8-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 6–7 апреля под председательством профессора Х. Лаутера.**

Члены Программно-консультативного комитета заслушали отчет о выполнении рекомендаций, принятых на предыдущей сессии, а также информацию о рекомендациях 83-й сессии Ученого совета (январь 1998 г.) и решениях Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ (март 1998 г.).

Было отмечено, с одной стороны, большое значение ИБР-2 для настоящих и будущих исследований в области физики конденсированных сред (что подтверждается всеми руководящими органами ОИЯИ), а с другой стороны, неудовлетворительный уровень финансирования модернизации реактора. Поэтому ПКК еще раз обратился к дирекции ОИЯИ с предложением уделить модернизации ИБР-2 самое пристальное и действенное внимание.

ПКК подтвердил ряд своих рекомендаций на 1998–1999 гг., сделанных на предыдущих сессиях. Это касается прежде всего реконструкции установки для малоуглового рассеяния ЮМО и нейтронно-оптических систем, модернизации установок СПН-1, «Рефлекс-Н».

ПКК принял к сведению работу, проводимую в ЛСВЭ по созданию станции EXAFS-спектроскопии на пучке синхротронного излучения в РИЦ «Курчатовский институт» (Москва).

ПКК отметил высокий уровень исследований по проекту «Радиационные процессы и модификация материалов, радиоаналитические и радиационные исследования на ускорителях ЛЯР» и рекомендовал продлить исследования по этой теме.

ПКК подтвердил свою поддержку нового проекта в области радиобиологических исследований и его применения в ядерной медицине.

Комитет с большим интересом воспринял научные доклады профессора Н.М.Плакиды и доктора наук В.Б.Приезжева в области теории твердого тела.

**9-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 16–17 апреля под председательством профессора П.Спиллантини.**

Программа заседаний включала сообщения председателя ПКК о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК, вице-директора А.Н.Сисакяна о решениях 83-й сессии Ученого совета и мартовской сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ, а также о дальнейших шагах дирекции по реформированию Института, главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова о перспективах развития базовых установок в Институте.

ПКК поддержал концепцию и план реформ, предложенные дирекцией, и ее первые шаги в осуществлении этой важной инициативы, а также главные направления программы ОИЯИ по физике частиц, основанной на уже одобренных проектах с соответствующими приоритетами.

ПКК принял к сведению намерения дирекции провести всеобъемлющее рассмотрение проектов с учетом того, что реальные возможности бюджета являются основным исходным условием планирования научных исследований в Институте на следующей стадии реформ.

ПКК поддержал действия дирекции по централизации руководства базовыми установками в ОИЯИ: нуклотроном, циклотронами У-400 и У-400М, реактором ИБР-2 и сооружением ИРЕН.

В связи с важностью завершения создания системы медленного вывода пучка из нуклотрона к концу 1998 г. комитет обратил внимание на необходимость обеспечения этой работы адекватным количеством ускорительного времени. Комитет рекомендовал дирекции сделать на одной из ближайших сессий ПКК

всеобъемлющее сообщение о планах дальнейшего развития нуклотрона и о долговременной программе физических исследований на нем.

ПКК принял во внимание статус и результаты эксперимента HERMES и предложил проводить в дальнейшем работы по этому эксперименту в рамках программы изучения спиновых структурных функций проекта COMPASS. Комитет попросил дирекцию ЛСВЭ представить на следующее заседание ПКК предложение о закрытии темы по экспериментам TNF и NA-47.

Комитет поддержал открытие темы «Поля и частицы» и рекомендовал продлить работы по теме второго приоритета: «Изучение К-распадов на спектрометре "Гиперон"».

ПКК рекомендовал дирекции решить вопрос о назначении группы экспертов для рассмотрения работ по ускорительной тематике.

Члены ПКК согласились с предложением дирекции о продлении полномочий председателя ПКК по физике частиц профессора П.Спиллантини сроком на один год.

**8-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 20–22 апреля под председательством профессора Ж. Дойча.**

ПКК по ядерной физике заслушал отчет о выполнении рекомендаций 7-й сессии, информацию о решениях 83-й сессии Ученого совета ОИЯИ, решениях Комитета Полномочных Представителей государств — членов ОИЯИ.

ПКК полностью одобрил представленное директором ОИЯИ В.Г.Кадышевским Ученому совету предложение о реформировании Института, одной из первоочередных задач которого является обеспечение нормальной эксплуатации базовых установок ОИЯИ.

ПКК был проинформирован о рекомендации комиссии НТС ОИЯИ об ассигновании 500 тыс. долл. США на проект ИРЕН в 1998 г. (200 тыс. долл. из бюджета ЛНФ и 300 тыс. долл. — грант дирекции ОИЯИ).

Вице-директор ОИЯИ Ц.Вылов проинформировал членов ПКК о ходе исследований в Институте и высказал пожелание дирекции ОИЯИ приступить на следующем заседании ПКК к пересмотру относительных приоритетов проектов в рамках тем первого приоритета, а также оценить состояние и перспективы фазотрона.

ПКК заслушал доклад главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова о состоянии и перспективах развития базовых установок ОИЯИ. ПКК принял рекомендации по ряду отдельных направлений исследований, входящих в его компетенцию.

*Ядерная физика с помощью нейтронов.* ПКК выразил надежду, что дирекции ОИЯИ и ЛНФ смогут профинансировать в 1998 г. работы по важнейшим уз-



лам ИРЕН. Это позволило бы завершить работы по сооружению ИРЕН к 2001 г. ПКК просил дирекцию ОИЯИ на осенней сессии более четко прояснить перспективы этого проекта.

Для сохранения преемственности в исследованиях по ядерной физике с помощью нейтронов ПКК советовал продолжить в несколько ограниченном объеме программу исследований на ИБР-30.

*Физика тяжелых ионов.* Члены ПКК получили информацию о структурных изменениях в научных и технических подразделениях ЛЯР.

ПКК отметил высокий уровень и научную значимость результатов, полученных в исследовании по теме «Синтез новых ядер, исследования свойств ядер и механизмов реакций под действием тяжелых ионов», и рекомендовал продлить исследования в рамках этой темы на два года.

ПКК высоко оценил прогресс в ходе экспериментов на спектрометре ФОБОС, отметил важность сотрудничества с теоретиками и экспериментаторами из ОИЯИ и других научных центров для обеспечения оптимального использования этой установки.

ПКК отметил, что на 1998 г. предусмотрено время работы ускорителей ЛЯР У-400 и У-400М в количестве 6000 часов, и выразил надежду на сохранение этой тенденции в будущем. Члены ПКК отметили также получение высокоинтенсивных пучков <sup>48</sup>Са при малом расходе этого дорогостоящего вещества.

Комитет поддержал идею развития базы для радиоактивных пучков и попросил представить на следующую сессию детальные предложения по возможной программе исследований на радиоактивных пучках и по проектам тандема У-400 и У-400М и накопительного кольца с охлаждением с учетом их конкурентоспособности и стоимости.

ПКК дал высокую оценку результатам, полученным в совместных экспериментах на «Гамма-сфере» при изучении спонтанного деления <sup>252</sup>Cf.

*Физика низких и промежуточных энергий.* ПКК заслушал отчет о ходе экспериментов по проекту LESI и выразил надежду на получение новых данных на более мощных ускорителях. Комитет отметил успешный ход экспериментов AnCoг в PSI и Орсе и поддержал эксперименты по измерению  $\beta\nu$ -корреляции в суперразрешенных переходах ( $0^+ \rightarrow 0^+$ ) при  $\beta$ -распаде.

Программно-консультативный комитет отметил существенный прогресс в подготовке экспериментов ANKE на ускорителе COSY. Был также заслушан доклад о намерении измерить коэффициент передачи поляризации с помощью установки TOF на ускорителе COSY.

*Теория ядра.* Комитет поддержал инициативу ЛТФ об открытии с 1999 г. на 5 лет новой темы по теории ядра. ПКК заслушал доклад об исследовании металлических кластеров и квантовых точек и высоко оценил полученные результаты.

### **9-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 13–14 ноября под председательством д-ра Х.Лаутера.**

Члены программно-консультативного комитета заслушали отчет о выполнении рекомендаций, принятых на предыдущей сессии, информацию о рекомендациях 84-й сессии Ученого совета (июнь 1998 г.).

ПКК принял обращение к дирекциям ОИЯИ и ЛНФ, в котором высоко оценил усилия по обеспечению текущей деятельности реактора ИБР-2, но вместе с тем выразил самую серьезную озабоченность, что практически полностью не выполняется план модернизации реактора.

ПКК подтвердил свою принципиальную позицию, направленную на реконструкцию ИБР-2 как ведущей базовой установки, которая может обеспечить исследования в области физики твердого тела на мировом уровне.

ПКК принял во внимание сообщение главного ученого секретаря ОИЯИ В.М.Жабицкого о рекомендациях 84-й сессии Ученого совета ОИЯИ и выразил поддержку усилиям дирекции ОИЯИ по уменьшению количества второстепенных по важности научных проектов и тем и по достижению режима экономии ресурсов.

ПКК принял к сведению доклад «Работа и развитие базовых установок ОИЯИ в 1998 г.», представленный главным инженером ОИЯИ И.Н.Мешковым. ПКК согласился с предложением по уменьшению циклов работы реактора с 10 до 8 в год и уменьшением мощности с 2 до 1,5 МВт для продления ресурса реактора и накопления средств для его модернизации. По информации И.Н.Мешкова о подготовке проекта электронного ускорительного комплекса ОИЯИ ПКК выразил поддержку долгосрочной перспективе создания источника СИ в ОИЯИ, однако более определенно ПКК не смог высказаться из-за отсутствия детально проработанного проекта.

ПКК высоко оценил научные доклады, представленные на сессии:

- доклад «Фотоэлектронная спектроскопия твердых тел на пучке синхротронного излучения», сделанный М.Н.Михеевой. ПКК поддержал работы в этом направлении;
- доклад В.Д.Ананьева о текущей ситуации и будущих планах в отношении ИБР-2. Благодаря тщательному анализу стало возможным решить вопрос об эксплуатации реактора в течение продолжительного периода времени;
- доклад П.Ю.Апеля, посвященный управляемым пористым мембранам. ПКК рекомендовал ЛЯР поддерживать эти работы.

ПКК поддержал расширение научных контактов со странами-неучастницами ОИЯИ и отметил интересный доклад профессора А.Штернберга, посвященный исследованиям в области физики твердого тела в Латвийском университете (Рига).

ПКК поддержал открытие нового научного направления «Исследование структуры и динамики конденсированных сред с помощью нейтронов», которое было представлено в выступлении директора ЛНФ В.Л.Аксенова.

ПКК поддержал коррекцию темы 1012, направленную на более эффективную работу спектрометров ИБР-2 и их компьютерного обеспечения; открытие нового проекта «Фурье-спектрометр для прикладных исследований».

ПКК высоко оценил усилия дирекции ЛНФ, направленные на улучшение профессиональных навыков молодых специалистов из стран-участниц ОИЯИ в области физики твердого тела.

#### **10-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 18–19 ноября под председательством профессора П.Спиллантини.**

ПКК по физике частиц заслушал отчет о выполнении рекомендаций 9-й сессии, информацию о решениях 84-й сессии Ученого совета и о подготовке научной программы ОИЯИ на 1999–2001 гг. в свете реформ, проводимых в Институте (доклад вице-директора А.Н.Сисакяна).

ПКК высоко оценил усилия дирекции ОИЯИ, центральной аттестационной комиссии (ЦАК) по разработке плана научных исследований ОИЯИ в области физики частиц и ядра и отметил энергичные усилия дирекции по выполнению текущей научной программы Института в крайне трудных финансовых условиях.

ПКК принял к сведению доклады директоров ЛВЭ, ЛСВЭ и ЛЯП и их предложения по разработке актуальной и сбалансированной программы научных исследований в области физики частиц и ядра на 1999–2001 гг.

ПКК особенно высоко оценил усилия дирекции по приоритетному обеспечению работы базовых установок Института, предпринятые в трудных финансовых условиях.

Комитет заслушал предложения главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова о переносе Амстердамского электронного синхротрона в ОИЯИ и принял к сведению информацию о научных перспективах, открывающихся в связи с этим.

ПКК одобрил анализ, выполненный ЦАК, по аттестации проектов в области физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физики, и считает, что проекты, предложенные ЦАК к выполнению, с научной точки зрения обоснованы и могут быть выполнены в рамках номинального бюджета ОИЯИ. Комитет поддержал предложение ЦАК о закрытии работ по 18 проектам тематического плана ЛВЭ, ЛЯП и ЛСВЭ.

ПКК дал свои рекомендации по работам первого приоритета программы ОИЯИ по физике частиц на 1999–2001 гг. Комитет отметил высокое качество ис-

следований, проводимых теоретиками Дубны, и открыл тему «Поля и частицы» на новый период. Комитет рекомендовал принять решения по проектам ALICE, NA49 и TCAL на следующей сессии ПКК. Аналогичную рекомендацию ПКК сделал по темам «Разработка элементов будущих коллайдеров» и «Физика и техника ускорителей», призвав их авторов представить обновленные версии этих ускорительных проектов на рассмотрение следующей сессии.

#### **9-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 23–25 ноября под председательством профессора Ш.Бриансон.**

Члены Программно-консультативного комитета по ядерной физике заслушали отчет о выполнении рекомендаций 8-й сессии и информацию о решениях 84-й сессии Ученого совета ОИЯИ, а также сообщение о подготовке программы научных исследований ОИЯИ, проводимой в свете реформ Института. ПКК поддержал предпринятые дирекцией ОИЯИ попытки поиска оптимального решения финансовых проблем.

Члены ПКК с удовлетворением констатировали, что рекомендации ПКК о времени работы ускорительного комплекса тяжелых ионов на эксперименты в 1998 г. в количестве 6000 часов были поддержаны Ученым советом ОИЯИ и они выполняются. ПКК были представлены письменные отчеты по завершенным темам первого приоритета, доклад о работе базовых установок в 1998 г. и перспективах их развития. ПКК были рассмотрены также программы исследований ОИЯИ по различным направлениям ядерной физики на 1999–2001 гг. и предложения по продлению и открытию тем. ПКК было представлено три научных доклада.

ПКК принял рекомендации по всем направлениям исследований и базовым установкам, входящим в его компетенцию.

*Физика тяжелых ионов.* ПКК рекомендовал продлить на два года исследования в рамках темы «Синтез новых ядер, исследование свойств ядер и механизмов реакций под действием тяжелых ионов» и предусмотреть ежегодно для этих экспериментов по 6000 часов работы циклотронов У-400 и У-400М. ПКК отметил, что успешное получение высокоинтенсивных пучков  $^{48}\text{Ca}$  открывает новые возможности в программе синтеза сверхтяжелых элементов. На установке ВАСИЛИСА получены предварительные результаты по синтезу элементов с  $Z = 110$  и  $112$ . ПКК рекомендовал продлить эти работы с высшим приоритетом.

Комитет отметил успешное завершение работ по созданию фрагмент-сепараторов АКУЛИНА и КОМБАС. На фрагмент-сепараторе АКУЛИНА получены интересные результаты на пучках  $^6\text{He}$  и  $^8\text{He}$  по нейтронным корреляциям в ядрах с нейтронным гало. ПКК предложил продлить реализацию этой програм-

мы с высоким приоритетом. ПКК поддержал усилия дирекции ЛЯР по привлечению молодых физиков для работы на спектрометре ФОБОС и выразил надежду заслушать до конца 1999 г. новые экспериментальные результаты, а также программу дальнейших исследований.

Комитет поддержал идею развития базы для радиоактивных пучков и отметил, в частности, перспективность получения пучков экзотических нейтронно-обогащенных осколков деления, образующихся в реакциях фотоделения на микротроне ЛЯР. ПКК просил провести по этой программе ряд тестовых экспериментов, а также представить детальные предложения по этому проекту на весеннюю сессию 1999 г. в соответствии с принятой в ОИЯИ процедурой. ПКК поддержал предложение о модернизации кинематического сепаратора ВАСИЛИСА для того, чтобы обеспечить проведение его работы на пучках ионов тяжелее  $^{48}\text{Ca}$ .

*Ядерная физика с помощью нейтронов.* Принимая во внимание предыдущие рекомендации ПКК, поддержанные и расширенные на 84-й сессии Ученого совета, члены комитета опять настаивают на крайней необходимости срочного финансирования работ по проекту ИРЕН во избежание его закрытия. В этот проект уже вложено около 1 млн долл. США, и его закрытие может нанести серьезный ущерб престижу ОИЯИ. ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ представить четкий план-график финансирования проекта ИРЕН, а дирекции ЛНФ обсудить заново программу исследований на этой установке.

ПКК дал высокую оценку физическим результатам по нарушению фундаментальной симметрии, делению ядер на резонансных нейтронах и по изучению двухквантовых  $\gamma$ -каскадов, полученным на пучках ИБР-30 при относительно малом времени его работы. Учитывая поддержку с реализацией проекта ИРЕН, ПКК настоятельно рекомендовал продолжить в 1999 г. программу научных исследований на ИБР-30 и обеспечить для этих целей бюджетное финансирование его работы.

*Физика низких и промежуточных энергий.* Отметив высокую научную значимость исследований по ядерному и слабому взаимодействию, ПКК рекомендовал дать высший приоритет экспериментам AnCoг, ANKE, LESI, NEMO, PIBETA и TGV и в течение двух лет получить окончательные данные по экспериментам OBELIX и DISTO. ПКК поддержал разработку специализированных детекторов и электроники для принятых экспериментов, так как именно эта работа обуславливает определяющий вклад сотрудников ОИЯИ в совместные эксперименты. Отметив успешное завершение в 1998 г. исследований конверсии мюоний-антимюоний, ПКК рекомендовал обсудить полученные результаты на следующем заседании.

ПКК отметил, что создание установки TRITON привело к существенному прогрессу в исследованиях  $\mu$ -катализа, и рекомендовал провести следующую стадию этого эксперимента на фазотроне. ПКК рекомендовал обеспечить бюджетное финансирование необходимого времени работы фазотрона до 2000 г. для завершения экспериментов DUBTO, CATALYSIS и DIBARION, а также для продолжения отдельных экспериментов по программе YASNAPP.

*Теория ядра.* ПКК высоко оценил научную значимость исследований по теории ядра, проводимых учеными ЛТФ в тесном контакте с теоретиками и экспериментаторами из ОИЯИ и других научных центров. ПКК отметил роль ЛТФ в образовательной программе для молодых ученых. ПКК выразил озабоченность по поводу задержки финансирования ЛТФ в 1998 г., необходимого для обновления парка устаревших персональных компьютеров и для обеспечения повседневного функционирования лаборатории. ПКК поддержал открытие новой темы «Теория ядерных и других конечных систем», которая охватывает все современные направления исследований по ядерной физике.

*Базовые установки ОИЯИ.* ПКК одобрил предложения по продолжению тем первого приоритета «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2» и «Развитие циклотронов ЛЯР для получения интенсивных пучков ускоренных ионов стабильных и радиоактивных изотопов». Относительно проекта НГ и идеи сооружения в Дубне электронного комплекса члены комитета сочли, что необходима более детальная информация для оценки этих предложений.

*Компьютерная инфраструктура ОИЯИ.* ПКК отметил прогресс по созданию унифицированной сетевой информационно-вычислительной инфраструктуры (в рамках проекта CONET) и рекомендовал продлить эти работы на ближайшие три года. Важными этапами этой деятельности являются завершение создания опорной сети ATM Backbone, подключение к сети RBNet и другим коммуникационным каналам с тем, чтобы обеспечить вход в европейскую сеть. ПКК считает, что необходимы тесные контакты ЛВТА с другими лабораториями ОИЯИ по сетям и компьютерингу, направленные на дальнейшее развитие методов обработки экспериментальных данных.

Члены комитета заслушали доклад о наблюдении нового механизма потерь УХН в ловушках, а также сообщение о последних результатах работ по синтезу тяжелых изотопов элементов с  $Z = 110$  и  $112$  и высоко оценили научную значимость этих работ. ПКК также заслушал доклад об исследовании загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и рекомендовал поддержать данную работу, рассматривая ее как вклад ОИЯИ в решение актуальной проблемы, с которой столкнулось общество.

## ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

**Премия имени В.Г.Хлопина** за 1998 год присуждена Президиумом Российской академии наук сотрудникам Объединенного института ядерных исследований доктору химических наук Ю.В.Норсееву и доктору химических наук В.А.Халкину за серию работ «Открытие и исследование свойств новых неорганических и органических соединений астата».

**Премия имени Б.М.Понтекорво** за 1998 год присуждена сотруднику Института ядерных исследований РАН члену-корреспонденту РАН В.М.Лобаше-

ву за экспериментальные исследования в области физики слабых взаимодействий.

**Серебряная медаль имени П.Л.Капицы** «Автору научных открытий» вручена А.Н.Сисакяну — вице-директору ОИЯИ, вице-президенту университета «Дубна», академику РАЕН. Этой академической награды А.Н.Сисакян удостоен решением президиума РАЕН за большие заслуги как в области развития физики элементарных частиц, так и в создании и становлении университета «Дубна».

### ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

#### I. В области теоретической физики

##### *Первая премия*

«Электронный спектр и сверхпроводимость в областях высокотемпературных сверхпроводников».

Авторы: Н.М.Плакида, В.С.Удовенко, Р.Хайн, В.Ю.Юшанхай.

##### *Вторая премия*

«Релятивистские и ядерные эффекты в процессах лептонного и адронного рассеяния на дейтроне».

Авторы: Л.П.Каптарь, А.Ю.Умников, С.М.Доркин, К.Ю.Казаков.

##### *Поощрительная премия*

«Физика за пределами стандартной модели в низкоэнергетических процессах и космологии».

Авторы: В.А.Бедняков, С.Г.Коваленко, А.Фесслер, Х.Клапдор-Кляйнротхауз.

#### II. В области экспериментальной физики

##### *Первые премии*

1. «Структура  ${}^6\text{He}$ : связанный динейтрон в поле ядра  ${}^4\text{He}$ ».

Авторы: Р.Вольски, В.А.Горшков, В.И.Загребаяев, А.Н.Лебедев, Ю.Ц.Оганесян, А.М.Родин, С.И.Сидорчук, С.В.Степанцов, Г.М.Тер-Акопян, А.С.Фомичев.

2. «Тепловая мультифрагментация — новый тип распада горячих ядер».

Авторы: С.П.Авдеев, В.А.Карнаухов, Л.А.Петров, В.К.Родионов, В.Карч, М.Яницки, Х.Ойшлер, О.В.Бочкарев, Е.А.Кузьмин, Л.В.Чулков.

##### *Вторые премии*

1. «Химическая идентификация элемента 106».

Авторы: М.В.Веденеев, И.Звара, В.Я.Лебедев, В.П.Перельгин, Су Хунгуй, С.Н.Тимохин, Ю.Т.Чубурков, А.Б.Якушев.

2. «Измерение спин-зависимых структурных функций протона и нейтрона».

Авторы: А.Г.Карев, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин, К.С.Медведь, Д.В.Пешехонов, Д.Позе, И.А.Савин, Г.И.Смирнов.

### III. В области научно-методических исследований

#### *Первая премия*

«Детекторы на основе пластических сцинтилляторов».

Авторы: Ю.К.Акимов, Д.Беллеттини, Ю.А.Будагов, И.И.Залюбовский, В.Е.Ковтун, О.Е.Пухов, В.Г.Сенчишин, В.П.Семиноженко, С.Токар, И.Е.Чириков-Зорин.

#### *Вторые премии*

1. «Получение интенсивного пучка ионов  $^{48}\text{Ca}$  на циклотроне У-400».

Авторы: В.Б.Кутнер, Ю.Ц.Оганесян, С.Л.Богомолов, Б.Н.Гикал, Г.Г.Гульбемян, А.А.Ефремов, Г.Н.Иванов, В.Я.Лебедев, В.Н.Логинов, С.В.Пащенко.

2. «900-канальный времяпролетный детектор для исследования взаимодействий ядер при высоких энергиях».

Авторы: С.В.Афанасьев, А.М.Балдин, Л.Я.Жильцова, В.И.Колесников, А.И.Малахов, Е.А.Матюшевский, Г.Л.Мелкумов, А.Ю.Семенов, Ю.И.Тятюшкин.

#### *Поощрительная премия*

«Высокоэффективный узкополосный ЛСЭ-генератор для линейных электрон-позитронных коллайдеров».

Авторы: А.А.Каминский, А.К.Каминский, Э.А.Перельштейн, С.Б.Рубин, В.П.Саранцев, С.Н.Седых, А.П.Сергеев, В.Л.Братман, Н.С.Гинзбург, Н.Ю.Песков.

### IV. В области научно-технических прикладных исследований

#### *Вторая премия*

«Механические свойства и микроструктура металлов и сплавов, облученных тяжелыми ионами и нейтронами».

Авторы: М.А.Адави, Г.Г.Бондаренко, А.Ю.Дидык, Т.Коханьски, В.А.Кузьмин, В.А.Скуратов, К.Хаванчак, А.Хофман, В.А.Щеголев, Юн Дюн Ман.

#### *Поощрительная премия*

«Локальная сеть ОИЯИ».

Авторы: Б.А.Безруков, А.Г.Долбилов, А.Т.Дорохин, В.В.Кореньков, Е.Ю.Мазепа, С.В.Медведь, Г.А.Сухоплинов, В.Я.Фарисеев, В.П.Шириков, Б.Г.Щинов.

### ГРАНТЫ

Ряд научных проектов сотрудников Объединенного института ядерных исследований в 1998 году получили финансовую поддержку фондов Сороса, INTAS и МНТЦ. 9 проектов финансировано фондом Министерства науки и технологии РФ, 99 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 1998 г. 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 37 темам первого приоритета и по 17 темам второго приоритета;
- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2285 специалистов;
- для совместных работ и консультаций в ОИЯИ было принято 664 специалиста;
- 631 специалист приезжал в ОИЯИ для участия в совещаниях, конференциях, школах;
- организовано и проведено 18 международных научных конференций, 15 рабочих и 14 организационных совещаний;
- в лабораториях Института работали 29 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.

21 января в Москве в секретариате Международного научно-технологического центра (МНТЦ) вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян встретился с первым заместителем исполнительного директора МНТЦ С.А.Зыковым. Состоялось обсуждение вопросов сотрудничества двух международных организаций. По итогам встречи подписано соглашение, предусматривающее финансовую поддержку МНТЦ тех работ по программе CMS (LHC, ЦЕРН), в которых участвуют наряду с ОИЯИ ряд предприятий РФ.

9–10 февраля в Дубне проходило заседание Координационного комитета по сотрудничеству ВМБФ (ФРГ) — ОИЯИ. Сопредседатели комитета — доктор Ю.Арнольд (Министерство науки, образования, технологий ФРГ) и профессор А.Н.Сисакян (ОИЯИ). С докладами выступили: директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский — о реформировании Института, вице-директор А.Н.Сисакян — о деятельности ОИЯИ в 1997 г., планах на 1998 г. и о ходе сотрудничества с научными центрами ФРГ, административный директор А.И.Лебедев — о бюджете ОИЯИ и использовании немецкого вноса. Доктор Ю.Арнольд и профессор Г.Шунк (ВМБФ) высоко оценили выполнение совместных научных программ исследований и дали предложения на 1998 г. Взнос в бюджет ОИЯИ на 1998 г. был установлен в 1 млн 900 тыс. немецких марок. По итогам заседания подписан протокол. Стороны договорились, что средства, выделенные федеральным правительством Германии, будут направлены на проведение совместных работ по теоретической физике, нейтронной физике, физике тяжелых ионов, физике высоких энергий (работы в DESY), на поддержку инфраструктуры ОИЯИ (в том числе компьютерных сетей).

18 февраля в Белом доме в Москве состоялась рабочая встреча директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского и вице-директора А.Н.Сисакяна с руководителем Департамента науки, образования и высоких технологий правительства РФ академиком М.П.Кирпичниковым. Обсуждался комплекс вопросов по осуществлению Объединенным институтом ядерных исследований своей деятельности на территории Российской Федерации. Руководители ОИЯИ дали информацию о состоянии дел в Институте. Были затронуты вопросы финансирования ОИЯИ со стороны России и подготовки к ратификации Государственной Думой Соглашения между правительством РФ и ОИЯИ. М.П.Кирпичников высказал конкретные рекомендации по ряду вопросов и выразил стремление

и впредь оказывать содействие в деятельности ОИЯИ как межправительственной научной организации.

19–20 февраля состоялся визит в Институт делегации Республики Белоруссии, возглавляемой новым Полномочным Представителем этой республики в ОИЯИ председателем Госкомитета по науке и технологиям Республики Белоруссии профессором В.А.Гайсенком. На встрече в дирекции была отмечена общая заинтересованность в развитии и укреплении научных связей. Как подчеркнул вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян, необходимо, не нанося урона традиционным, искать новые, более эффективные способы взаимодействия. В ходе беседы обсуждались финансовые вопросы и проблемы предстоящего реформирования Института.

ОИЯИ посетил генеральный директор Института оптоэлектроники (Бухарест) профессор Т.Некшоу. Он был гостем Лаборатории ядерных проблем, посетил Учебно-научный центр Института. 8 апреля румынский ученый был принят вице-директором ОИЯИ профессором А.Н.Сисакяном, были обсуждены вопросы расширения сотрудничества в области физики частиц и образовательных программ. По итогам визита подписан меморандум о сотрудничестве.

13 апреля в Орле состоялась встреча председателя Совета Федерации Федерального Собрания РФ Е.С.Строева с дирекцией Объединенного института ядерных исследований. Во время продолжительной беседы со спикером верхней палаты директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, вице-директор А.Н.Сисакян и административный директор А.И.Лебедев дали подробную информацию о состоянии дел и проблемах Института. Был обсужден большой комплекс вопросов, связанных с деятельностью и условиями пребывания международной межправительственной научной организации в Российской Федерации, в том числе ряд финансово-экономических и правовых проблем, требующих скорейшего решения. Е.С.Строев с удовлетворением воспринял информацию о научных достижениях интернационального коллектива Института, с большим пониманием отнесся к проблемам, с которыми сталкиваются сегодня сотрудники ОИЯИ и жители Дубны. Спикер верхней палаты российского парламента с благодарностью принял приглашение дирекции ОИЯИ посетить Объединенный институт ядерных исследований.

21 апреля в Карловом университете в Праге вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян был принят Полномочным Представителем правительства Чехии в ОИЯИ Р.Махом и проректором университета членом Ученого совета ОИЯИ И.Вильгельмом. Состоялось подробное обсуждение вопросов сотрудничества научных центров Чехии с Объединенным институтом ядерных исследований.

22–23 апреля А.Н.Сисакян был с визитом в Словацкой Республике. Его принимали Полномочный Представитель правительства Словакии в ОИЯИ

С.Дубничка, президент АН Словакии Ш.Луба, член президиума АН Д.Крупа. Состоялось обсуждение широкого круга вопросов, касающихся сотрудничества в области научных и образовательных программ.

22–23 мая Дубну посетили посол Монголии в Российской Федерации Ц.Цэрэндашийн и советник посольства С.Уртнасангийн. Они были приняты дирекцией ОИЯИ, ознакомлены с программой исследований, ведущихся в Институте, развитием международного сотрудничества, в том числе с научными центрами Монголии. Гости посетили Лабораторию нейтронной физики им. И.М.Франка, встретились с работающими в ОИЯИ монгольскими специалистами, познакомились с городом.

2–3 июня ОИЯИ посетила делегация во главе с генеральным директором Госкомитета по научным исследованиям Польши профессором З.Стахурой. В составе делегации были заместитель директора департамента Госкомитета З.Махула, директор польской фирмы «Metronex» А.Зайа, заместитель директора бюро фирмы С.Курэк и др. Гости посетили лабораторию ОИЯИ, встретились с польскими сотрудниками Института. Делегация была принята дирекцией Объединенного института — В.Г.Кадышевским, А.Н.Сисакяном, Ц.Выловым. На встрече был обсужден широкий круг вопросов развития сотрудничества между ОИЯИ и польскими научными центрами.

Заместитель председателя Народного собрания Республики Болгарии академик Б.Сендов находился с 13 по 21 июня с визитом в Объединенном институте. Он принял участие в международном совещании «Актуальные проблемы вычислительной физики», встретился с дирекцией Института, посетил лабораторию ОИЯИ.

23 июня в Министерстве науки и технологий состоялась встреча Полномочного Представителя правительства РФ в ОИЯИ В.Б.Булгака с директором ОИЯИ В.Г.Кадышевским и вице-директором А.Н.Сисакяном. Состоялась беседа о проблемах, связанных с деятельностью ОИЯИ. В ходе встречи был подписан «Протокол о земельных участках, занимаемых ОИЯИ, к Соглашению между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о местопребывании и условиях деятельности ОИЯИ в РФ» в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 583 от 11 июня за подписью Председателя правительства С.В.Кириенко.

С 25 июня по 1 июля директор ОИЯИ профессор В.Г.Кадышевский и вице-директор профессор А.Н.Сисакян находились с рабочим визитом в Республике Армении. Они были приняты президентом Армении Р.С.Кочаряном. Встреча была посвящена вопросам развития научного сотрудничества ученых ОИЯИ и Армении. Серьезное внимание было уделено участию армянских научных центров совместно с ОИЯИ в крупных международных программах, в том



числе по ЛНС в ЦЕРН. Руководители ОИЯИ имели продолжительные беседы с премьер-министром Республики Армения А.Р.Дарбиняном, министром иностранных дел В.М.Осканяном, министром образования и науки Л.О.Мкртчяном, обсудили широкий круг вопросов научного сотрудничества в области фундаментальных и прикладных исследований, а также образовательных программ. Во время своего визита В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян провели ряд переговоров с президентом Национальной академии наук академиком Ф.Т.Саркисяном, ректором ЕрГУ академиком Р.М.Мартirosяном, директором ЕрФИ профессором Р.Л.Мкртчяном.

29 июня руководители ОИЯИ приняли участие в открытии Международного совещания по классическим и квантовым интегрируемым системам, которое было организовано совместно ОИЯИ и ЕрГУ при поддержке ряда финансовых фондов и научных организаций. Директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и ректор ЕрГУ Р.М.Мартirosян подписали Соглашение о сотрудничестве, которым предусматривается, в частности, создание совместного центра перспективных исследований.

15 июля в Триесте (Италия) директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский заключил соглашение о совместных работах в области ускорительной техники с руководством научного центра, созданного на базе нового накопителя ЭЛЕТТРА.

Вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян в июле встретился с руководителями ЦЕРН, участниками совместных работ, а также руководителями ряда европейских лабораторий. Был обсужден широкий круг вопросов сотрудничества в области научных и образовательных программ. Подготовлен и согласован в администрации ЦЕРН «Меморандум о взаимопонимании между ЦЕРН, ОИЯИ и Россией по работам, связанным с ускорителем ЛНС». Состоялись переговоры о предстоящих совместных школах ЦЕРН–ОИЯИ для молодых физиков (1998 и 1999 гг.), а также о подготовке выставки ЦЕРН–ОИЯИ «Наука, сближающая нации», которая прошла осенью в Париже в ЮНЕСКО. А.Н.Сисакян ознакомился с ходом совместных работ по подготовке экспериментов ATLAS, COMPASS, DIRAC и др. В Женевском университете прошли беседы, посвященные совместным работам по ядерной медицине.

4 и 5 августа в ОИЯИ находился директор Института возобновляемых источников энергии Департамента энергии США, один из основателей и руководителей благотворительных фондов по поддержке науки стран СНГ профессор К.Турьян. Состоялись его встречи с вице-директором ОИЯИ профессором А.Н.Сисакяном, директором ЛНФ профессором В.Л.Аксеновым, главным бухгалтером А.Е.Назаренко, руководителями проектов, финансируемых этим фондом. Обсужден широкий круг вопросов сотрудни-

чества, по итогам обсуждения подписан меморандум о взаимопонимании.

8 сентября в Дубне находилась делегация Республики Кореи во главе с членом Национальной Ассамблеи РК, председателем Комитета по науке и образованию парламента Кореи, президентом Корейской организации по ядерным и геополитическим исследованиям профессором Ким Хьон Вуком. В состав делегации также входил первый секретарь посольства РК в РФ Рю Чхун Гын. В дирекции ОИЯИ гостей принимали директор Института В.Г.Кадышевский, вице-директор А.Н.Сисакян, главный ученый секретарь В.М.Жабицкий и помощник директора по международному научно-техническому сотрудничеству П.Н.Боголюбов. Состоялся обмен мнениями по широкому кругу вопросов сотрудничества в научных и образовательных программах. Гости ознакомились с работами, ведущимися в ОИЯИ.

20 октября в Москве состоялась рабочая встреча директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского с членом правительства РФ президентом РАН Ю.С.Осиповым. Во время встречи был обсужден широкий круг вопросов сотрудничества между ОИЯИ и РАН, проблемы деятельности ОИЯИ в России.

21 октября в дирекции ОИЯИ В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян, Ц.Вылов встретились с Полномочным Представителем Республики Узбекистан в ОИЯИ академиком Б.С.Юлдашевым. В беседе были рассмотрены перспективы развития сотрудничества научных центров этой страны с ОИЯИ.

Президент Академии наук Молдавии А.М.Андриеш побывал в ОИЯИ 18 ноября. Он познакомился с исследованиями, ведущимися в Лаборатории ядерных реакций, и деятельностью Учебно-научного центра ОИЯИ. В Дубне гостя принимали вице-директор ОИЯИ Ц.Вылов, научный руководитель ЛЯР Ю.Ц.Оганесян, директор ЛЯР М.Г.Иткис, директор УНЦ ОИЯИ С.П.Иванова.

21 ноября в Женеве состоялось заседание комитета по сотрудничеству между Россией и ЦЕРН. Российскую делегацию возглавлял министр науки и технологий РФ академик М.П.Кирпичников, делегацию ЦЕРН — генеральный директор профессор К.Льювеллин-Смит. Директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакян приняли участие в заседании в качестве официальных наблюдателей. На заседании всесторонне обсуждены результаты сотрудничества, намечены планы.

23 ноября в Женеве под председательством Дж.Аллаби и А.Н.Сисакяна состоялось заседание комитета по научному сотрудничеству ЦЕРН–ОИЯИ. С докладами выступили руководители всех совместных экспериментов. В заседании участвовали генеральный директор ЦЕРН К.Льювеллин-Смит и директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский. Рассмотрены итоги и планы сотрудничества, обсуждены проблемы привлече-

ния к совместным работам новых партнеров из научных центров стран-участниц ОИЯИ и ЦЕРН.

30 ноября В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян и М.Г.Иткис были приняты послом Словакии в РФ Р.Палдоном и имели с ним продолжительную беседу. Ученые проинформировали посла о положении дел в ОИЯИ, в том числе о работе словацких сотрудников в Дубне и сотрудничестве ОИЯИ с научными центрами Словакии. Был затронут вопрос о ходе работ по проекту словацкого циклотронного комплекса, который планируется изготовить при активном участии ОИЯИ.

По приглашению президента Корейского исследовательского института по атомной энергии (KAERI) Сен Юн Кима, поддержанного рядом политических деятелей Республики Кореи, директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский посетил KAERI. Он познакомился с работой института, выступил с докладом о деятельности ОИЯИ.

В Сеуле В.Г.Кадышевский выступил в Национальной ассамблее перед Корейским обществом геополитических исследований с лекцией об ОИЯИ. Состоялась встреча со спикером Национальной ассамблеи Джун Ку Паком, министром науки и технологий Кан Чан Хи, вице-президентом Академии наук Рю Дж.Кимом, с рядом политических деятелей Республики Кореи.

В городе Пхоханге В.Г.Кадышевский посетил Университет науки и технологий и подписал с его президентом Сун Ки Чангом соглашение, предусматривающее обмен как научными материалами, так и профессорами и студентами, а также совместные исследования. Директор ОИЯИ осмотрел пхохангский ускорительный центр.

4 декабря в Государственной Думе России в Москве директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакян были приняты председателем Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации Г.Н.Селезневом. Состоялась продолжительная беседа, во время которой руководители ОИЯИ рассказали о состоянии дел в Институте, достижениях коллектива ученых и специалистов, проблемах и трудностях последнего периода. Г.Н.Селезнев высоко оценил деятельность ОИЯИ — международной организации, которая эффективно служит мировой науке, но очень важна и для престижа России. Он выразил готовность оказать содействие ратификации Соглашения между правительством РФ и ОИЯИ, поддержать по линии межпарламентских связей расширение научного партнерства Института со странами мира, способствовать стабилизации финансово-экономического положения ОИЯИ. Г.Н.Селезнев с благодарностью принял приглашение посетить ОИЯИ в начале 1999 г.

## КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций, организованных ОИЯИ в 1998 г., наиболее крупными были восемь.

С 26 по 31 января в ОИЯИ проходила 5-я международная конференция *«Математика. Компьютеры. Образование»*, в которой приняли участие более 130 человек. Эта конференция каждый год проводится во время зимних студенческих каникул поочередно в Пушкино и Дубне по инициативе ассоциации «Женщины в науке и образовании». Организаторы конференции, кроме ассоциации, — ОИЯИ, МГУ, Центральный экономико-математический институт РАН, Пушкинский государственный университет, Институт прикладной математики РАН, Институт человека РАН, Институт философии РАН, вычислительный центр РАН.

Второй раз представители многих вузов России и СНГ собрались в Дубне, чтобы поделиться опытом преподавания, рассказать о научных исследованиях и обсудить за круглым столом свои проблемы и планы. Широкий круг вопросов обсуждался на секционных заседаниях: «Компьютеры в образовании», «Компьютерные информационные технологии», «Вычислительные методы и математическое моделирование», «Математические модели в химии и биологии», «Ма-

тематика в экономике», «Естественно-научное и гуманитарное образование».

ОИЯИ представил на конференцию ряд докладов, отражающих основные стороны деятельности Института. Часть докладов сделали профессора и преподаватели университета «Дубна», одним из учредителей которого является ОИЯИ. Большой интерес среди специалистов в области математического моделирования вызвал доклад директора ИПМ члена-корреспондента РАН С.П.Курдюмова, предложившего ряд неожиданных приложений определенного класса нелинейных систем. Много времени на заседаниях было уделено проблемам образования. Подробно рассматривались и различные аспекты информатизации образования. В рамках конференции прошли презентация информационно-компьютерных предложений фирмы «Техносерв», а также компьютерные демонстрации учебных программ в УНЦ ОИЯИ. Один из важных итогов конференции — создание Фонда компьютерных учебных программ ФОКУС.

Традиционный семинар, посвященный *вопросам нейтронной ядерной физики*, в шестой раз состоялся в Дубне с 13 по 16 мая. В нем приняли участие более 100 специалистов из ОИЯИ и научных центров Болгарии, Германии, Ирана, Кореи, России, США, Фран-

ции. Программа семинара: фундаментальные взаимодействия и симметрии в реакциях с нейтронами; гамма-распад возбужденных состояний; свойства высоковозбужденных состояний ядер; методические аспекты нейтронной ядерной физики; фундаментальные свойства и бета-распад нейтрона; физика ультрахолодных нейтронов; деление ядер. В 1998 г. впервые был создан международный программный комитет совещания, в который вошли ученые из России, США, Франции, Кореи. Это практически единственный в мире проводимый ежегодно форум, посвященный данной тематике.

С 15 по 20 июня в ОИЯИ проходила международная конференция «Актуальные проблемы вычислительной физики». Цель конференции — обсуждение современных методов и подходов к математическому моделированию физических процессов. В работе конференции приняли участие ученые из ОИЯИ, России, стран СНГ, Америки, Европы и Азии. Было представлено около 25 пленарных и более 50 секционных докладов. Тематика конференции: «Численные алгоритмы», «Нелинейные системы и динамика», «Компьютерный анализ физических процессов», «Математическое моделирование», «Экзотические системы», «Компьютерная алгебра». Заслушан ряд докладов, посвященных недавно открытому суперкомпьютерному центру ОИЯИ.

XI Международная конференция «Проблемы квантовой теории поля», посвященная 90-летию выдающегося физика, первого директора Объединенного института ядерных исследований Дмитрия Ивановича Блохинцева, успешно прошла с 13 по 17 июля в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова. В конференции приняли участие более 150 ученых из Австрии, Англии, Болгарии, Германии, Италии, Испании, Канады, Китая, Польши, Румынии, США, Словакии, Украины, Чехии, Швейцарии, Югославии, Японии и ОИЯИ. Было заслушано более 140 докладов, в том числе 25 пленарных. Программа конференции охватила важные аспекты современной квантовой теории поля и ее применения в физике элементарных частиц. Большое внимание было уделено следующим проблемам: квантовой хромодинамике, электрослабой теории, теориям великого объединения, непертурбативным методам и феноменологии сильных взаимодействий. На конференции были также рассмотрены и математические вопросы, связанные со струнными теориями, дуальностью, квантовыми симметриями и интегрируемыми моделями. Среди докладчиков были В. Де Альфаро (Италия), А.Бассетто (Италия), Н.Брамбилла (Австрия), М.Васильев (Россия), Ф.Егерленер (Германия), Д.Казак (ОИЯИ), А.Каменщик (Россия), А.Логунов (Россия), Л.Лузанна (Италия), К.Стелле (Великобритания), Е.Иванов (ОИЯИ), Л.Липатов (Россия), Дж.Моффат (Канада), Г.Проспери (Италия), Л.Фаддеев (Россия), Д.Эберт (Германия) и др.

На мемориальной секции, посвященной научной и организационной деятельности Дмитрия Ивановича Блохинцева, было заслушано шесть пленарных до-

кладов. Финансовую поддержку конференции оказали Министерство Российской Федерации по атомной энергии, Российский фонд фундаментальных исследований, Государственная программа «Актуальные проблемы физики конденсированных сред» и программа «Гейзенберг–Ландау».

С 17 по 22 августа в ОИЯИ проходил 14-й Международный семинар по проблемам физики высоких энергий, в работе которого, кроме физиков из ОИЯИ и стран-участниц, приняли участие более 30 ученых из Германии, США, Франции и других стран. Основная тема семинара «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» объединила теоретиков и экспериментаторов, работающих над различными аспектами физики сильных взаимодействий и природы частиц и ядер. За тридцать лет работы семинара его программа стала достаточно устойчивой, включая как новейшие мировые достижения, так и итоги исследований, традиционно развиваемых под эгидой ОИЯИ. Среди новостей нужно отметить сообщение о наблюдении осцилляций нейтрино. Этот важнейший итог многолетних поисков даст новый импульс физике высоких энергий.

Семинар завершился обзорными докладами о создании новых экспериментальных установок и ускорителей в ОИЯИ и мире. Физики ОИЯИ стали играть заметную роль в экспериментах с релятивистскими ядрами в ЦЕРН, что является естественным расширением исследований, проводимых в Дубне. На семинаре были представлены как методические, так и физические результаты этих работ. Главный итог семинара состоит в том, что концентрация работ на передовых направлениях физики ядра и сильных взаимодействий позволяет ОИЯИ вносить посильный вклад в мировые научные исследования, не ограничиваясь ролью поставщика недорогих материальных и интеллектуальных ресурсов.

Традиционная *Европейская школа для молодых ученых по физике высоких энергий*, организованная ЦЕРН и ОИЯИ, проходила в Сент-Андрусе (Шотландия) 23 августа — 5 сентября. Она собрала почти 100 молодых физиков-экспериментаторов из многих стран, и не только европейских: были представлены также Бразилия и Казахстан. Школа прошла под знаком ожидаемых великих открытий: строящийся в ЦЕРН ускоритель LHC может позволить обнаружить новые элементарные частицы. Одна из них носит имя проф. П.Хиггса, который был почетным гостем школы. Неудивительно, что два больших лекционных курса были посвящены стандартной модели (В.Новиков), объясняющей появление частицы Хиггса, и квантовой хромодинамике (М.Мангано), являющейся основой описания взаимодействий сталкивающихся в ускорителе адронов. Некоторое перекрытие тематики этих двух курсов позволяло сравнивать различные подходы — приводило к «стереоэффекту». Еще один большой курс был прочитан Дж.Эллисом. В нем были рассмотрены возможности выхода за рамки твердо установленной части теории — «стандартной модели» и, в особенности, реализация и эксперименталь-

ные проявления суперсимметрии. Были прочитаны и меньшие по объему, но очень интересные курсы о *CP*-нарушениях (Й.Нир), физике детекторов (Дж.Вирди), космологии (Дж.Пикок), гравитационных волнах (В.Кузьмин), тяжелых ионах (И.Стахель), нейтринных осцилляциях (Дж.Хаф). Традиционными для таких школ были лекции о физике в ЦЕРН (Дж.Эллис) и в ОИЯИ (А.Н.Сисакян). Последняя показала, что дубненская наука обладает уникальным потенциалом. Участие в школе большой группы студентов из ОИЯИ и его стран-участниц является важной инвестицией в будущее.

С 30 августа по 5 сентября в Дубне была проведена *VIII Школа по нейтронной физике*, организованная Объединенным институтом ядерных исследований и Московским государственным университетом. Школа была посвящена 90-летию со дня рождения первого директора Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ лауреата Нобелевской премии академика И.М.Франка. В отличие от предыдущих школ нынешняя была ориентирована на студентов и аспирантов и ставила своей целью ознакомление молодых ученых с возможностями, которые дают нейтроны для исследований в различных областях науки. После вводной лекции В.Л.Аксенова (ОИЯИ) серия лекций ведущих ученых была посвящена применению нейтронов для исследования фуллеридов (Ю.А.Осипьян, ИФТТ, Черноголовка), структурно-функциональной организации белков (А.С.Спирин, Институт белка, Пушкино), физики высоких давлений (С.М.Стишов, ИФВД РАН), нейтронной оптики (Ю.Г.Абов, ИТЭФ), поверхности Ферми металлов (А.Ю.Румянцев, РИЦ КИ), структуры неорганических материалов (Е.В.Антипов, МГУ). Были прочитаны лекции по физике ультрахолодных нейтронов (В.Н.Швецов, ОИЯИ), симметрии параметра порядка (Ю.А.Изюмов, ИФМ УрО РАН, Екатеринбург), методам синтеза новых материалов (Ю.Д.Третьяков, МГУ), нейтронному активационному анализу (М.В.Фронтасьева, ОИЯИ). Слушатели работали в секциях физики конденсированных сред и ядерной физики, где прослушали лекции по курсам и провели практические занятия на спектрометрах реактора ИБР-2 и бустера ИБР-30.

7–12 сентября в Дубне состоялась *XVII Международная конференция по ускорителям высоких энергий «HEACC-98»*. Это наиболее крупная международная ускорительная конференция, которая проводится каждые три года в ведущих ускорительных центрах мира. Открывая пленарное заседание, председатель оргкомитета В.Кадышевский огласил послания в адрес участников «HEACC-98» от Президента России Б.Ельцина, председателя Совета Федерации России Е.Строева, руководителей министерств и ведомств государства. Были заслушаны приветствия от губернатора Московской области и мэра г.Дубны.

С первым научным докладом о состоянии современной физики высоких энергий выступил Дж.Эллис (ЦЕРН). Дополнением к его развернутому обзору прозвучал доклад А.Малахова (ОИЯИ) о возможно-

стях исследования кварк-глюонной плазмы на современных ускорителях. Обзорные доклады ведущих лабораторий мира, как и в прежние годы, составляли заметную часть научной программы конференции. Дж.Джексон рассказал о состоянии работ по программе повышения светимости тэватрона (FNAL). Об участии ОИЯИ в международных ускорительных проектах, таких как LHC, TESLA, и о последних результатах работы нового ускорителя ОИЯИ — нуклотрона доложил А.Сисакян. Д.Тринес (DESY) изложил состояние работ на электрон (позитрон)-протонном коллайдере HERA. О повышении интенсивности SPS ЦЕРН докладывал К.Кисслер (ЦЕРН). В докладе Дж.Дорфана (SLAC) были представлены результаты работы стэнфордского линейного коллайдера. Состоянию работ по сооружению релятивистского коллайдера тяжелых ионов (RHIC) был посвящен доклад С.Озаки (BNL, США). С обзором работ Института ядерной физики им. Будкера (Новосибирск) в области ускорителей высоких энергий выступил А.Скринский. О результатах физического пуска DAFNE докладывал М.Зобов (INFN, Италия). О программе физических экспериментов на КЕКВ, а также об эксперименте по осцилляции нейтрино говорилось в докладе С.Курокавы (КЕК). В докладе Е.Троянова (ИФВЭ) содержались основные результаты работ за последние годы серпуховского протонного синхротрона. А.Темных (Корнеллский университет, США) рассказал о состоянии работ на корнеллском электронном накопительном кольце (CESR).

О прогрессе в сооружении LHC докладывал П.Лебран (ЦЕРН). В реализации этого проекта участвуют ведущие лаборатории Европы, США, Японии и России. Проект электрон-ядерного коллайдера (ENC) обсуждался в докладе К.Блаше (GSI). О начале работ в RIKEN (Япония) по осуществлению проекта MUSES, фабрики пучков радиоактивных ионов, докладывал Т.Кагаяма. В докладах А.Коваленко (ОИЯИ), Р.Палмера (BNL) и Е.Маламуда (FNAL) обсуждались проекты будущего, в том числе очень большого адронного коллайдера (VLHC) с энергией пучков  $2 \times 50$  ТэВ. Линейным коллайдерам, которые сейчас приходят на смену циклическим, был посвящен четвертый день конференции.

Отдельные заседания были посвящены обсуждению основных систем ускорителей высоких энергий, которые были сгруппированы по секциям. В частности, в рамках обсуждения развития ускорительных комплексов были заслушаны доклад Т.Линнекара (ЦЕРН), обзоры о применении систем управления пучками с помощью обратной связи И.Н.Иванова (ОИЯИ), стохастического охлаждения коллайдеров Д.Мея (ЦЕРН), электронного охлаждения И.Н.Мешкова.

Завершилась конференция дискуссией за круглым столом, посвященной проблеме организации самих конференций «HEACC». По мнению участников, дубненская конференция послужит прототипом будущих «HEACC», которые и впредь решено проводить со сравнительно небольшим числом участников, дей-

ствительных лидеров своих научных центров, с акцентом на приглашенные доклады, на более дискуссионный характер заседаний и на привлечение пер-

спективной молодежи. Всего на конференции прозвучало 60 докладов и было представлено 56 иностранных докладов.

## УЧАСТИЕ ОИЯИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 1998 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 218 международных конференциях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на Международной зимней школе по теоретической физике (Польша, Вроцлав), XXXII Зимней школе ПИЯФ по физике атомного ядра и элементарных частиц (Россия, Санкт-Петербург), совещании коллаборации NADES (Польша, Краков), XVI конференции Отделения ядерной физики Европейского физического общества («Структура ядер в экстремальных условиях») (Италия, Падуа), V Международной конференции по оптике заряженных частиц (CPO-5) (Нидерланды, Делфт), V Международном семинаре «Исследования нейтронного рассеяния в конденсированных средах» (Польша, Познань), международном семинаре «Кварки-98» (Россия, Суздаль), 16-й Международной конференции по малонуклонным системам (Франция, Гренобль), Международном совещании по физике атомного ядра (Россия, Москва), 15-й Международной конференции по циклотронам и их применению (Франция, Кан), Международной конференции по ускорителям заряженных частиц (Швеция, Стокгольм), совещании «Экзотические атомы, молекулы и мюонный катализ» (EXAT-98) (Швейцария, Аскона), 29-й Международной конференции по физике высоких энергий (Канада, Ванку-

вер), 6-й Летней школе по нейтронному рассеянию (Швейцария, Цуоц), 6-й Европейской конференции по порошковой дифрактометрии (EPDIC-6) (Италия, Парма), Международной конференции по ядерной физике (Франция, Париж), 6-й Международной конференции «Интегралы по траекториям от пэВ до ТэВ» (Италия, Флоренция), международном рабочем совещании «Симметрия и спин» (Чехия, Прага), 19-й Международной конференции по ядерным трекам в твердых телах (Франция, Безансон), 13-м Международном симпозиуме по спиновой физике при высоких энергиях (Россия, Протвино), Национальной конференции чешских физиков «Нуклеоника-98» (Чехия, Прага), 4-м международном семинаре «Квантовая теория поля с учетом внешних граничных условий» (ФРГ, Лейпциг), Симпозиуме по современным направлениям в физике частиц (Грузия, Тбилиси), Международной школе-семинаре по физике деления (Россия, Обнинск), 4-й Международной конференции по динамическим аспектам деления ядер (Словакия, Братислава), XVI Совещании по ускорителям заряженных частиц (Россия, Протвино), рабочем совещании «GANIL – Дубна» (Франция, Кан), Конференции по фундаментальным взаимодействиям элементарных частиц (Россия, Москва).

### Справка о развитии международного сотрудничества и связей Объединенного института ядерных исследований в 1965—1998 гг.

	1965	1975	1985	1990	1995	1997	1998
1. Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без учета приездов на совещания)	203	1026	1469	1050	299	268	285
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	474	600	778	682	670	626
3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	42	49	44	52	58	47
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	69	131	119	437	1451	1465	1659
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	27	226	144	563	1036	1039	792
6. Количество стипендиатов ОИЯИ	—	11	3	16	28	30	29

**Перечень научных и научно-организационных совещаний,  
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1998 году**

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Заседание Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики ОИЯИ	Дубна	14 января	22
83-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	15–16 января	120
Рабочее совещание пользователей поляризованной мишени	Дубна	17 января	55
Рабочее совещание «Нейтринный детектор ИФВЭ–ОИЯИ и НОМАД»	Дубна	21–23 января	28
5-я международная конференция «Математика. Компьютеры. Образование»	Дубна	26–30 января	122
Заседание Координационного комитета по выполнению Соглашения ВМБФ–ОИЯИ	Дубна	9–10 февраля	17
Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	12–13 февраля	26
II Открытая научная конференция молодых ученых и специалистов	Дубна	2–6 марта	90
Школа-семинар «Коллективные явления в физике конденсированных сред»	Болгария, Пампорово	7–15 марта	47
Заседание Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ	Дубна	11 марта	22
Заседание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	12–14 марта	100
Рабочее совещание немецких пользователей ИБР-2	Дубна	2–4 апреля	50
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	6–7 апреля	70
Рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	6–17 апреля	21
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	16–17 апреля	100
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	20–22 апреля	50
Рабочее совещание по использованию фотоэмульсий в релятивистской ядерной физике	Дубна	21–24 апреля	49
VI Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами	Дубна	13–16 мая	105
Международная школа «Технологии и методы химического разделения ядерных отходов: приложения, проблемы, актуальность дальнейших исследований»	Дубна	18–28 мая	87
Международное рабочее совещание «Дейтерирование биологических молекул для структурных и динамических исследований. Применение для нейтронного рассеяния и ЯМР»	Дубна	19–24 мая	60
Рабочее совещание коллаборации СФЕРА	Болгария, Варна	24–31 мая	60

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Рабочее совещание «Адронные атомы и позитроний в стандартной модели»	Дубна	26–31 мая	55
Рабочее совещание «Конечные квантовые системы»	Дубна	3–11 июня	32
84-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	4–5 июня	120
I Международное совещание «Актуальные проблемы вычислительной физики»	Дубна	15–20 июня	120
Летняя школа молодых ученых и специалистов	Дубна	19–21 июня	54
Рабочее совещание «Суперсимметрия и интегрируемые модели»	Дубна	22–26 июня	45
II Международный семинар «Сегнетоэлектрики-релаксоры»	Дубна	23–26 июня	110
Рабочее совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы»	Армения, Ереван	29 июня – 4 июля	60
Заседание контрольной комиссии Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	2–3 июля	20
Международная конференция «Проблемы квантовой теории поля» (К 90-летию Д.И.Блохинцева)	Дубна	13–17 июля	150
Школа-семинар «Самоподобные системы»	Дубна	30 июля – 7 августа	75
Совещание «Топологические и интегрируемые теории поля»	Дубна	11–14 августа	27
XIV Международный семинар по физике высоких энергий	Дубна	17–22 августа	160
Летняя студенческая школа, посвященная 85-летию Б.М.Понтекорво	Дубна	17 августа – 1 сентября	54
VI Европейская школа по физике высоких энергий	Великобритания, Сент-Андрус	23 августа – 5 сентября	140
VIII Международная школа по нейтронной физике	Дубна	30 августа – 5 сентября	150
Международная конференция по ускорителям высоких энергий (HEACC-98)	Дубна	7–13 сентября	211
Рабочее совещание «Электронное охлаждение при низких энергиях»	Дубна	14–15 сентября	30
Рабочее совещание «Спиновые эффекты в КХД»	Дубна	15–26 сентября	25
Международное совещание «Наука. Философия. Религия»	Дубна	1–3 октября	120
Рабочее совещание по установке ЭКСЧАРМ	Дубна	20–23 октября	47
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	13–14 ноября	70
Рабочее совещание «Сотрудничество между ОИЯИ и немецкими научными центрами»	Дубна	16–17 ноября	50
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	19–21 ноября	70
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	23–25 ноября	50
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	1–4 декабря	50

**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.**





Дубна, 12 марта. Заседание Комитета Полномочных Представителей государств — членов ОИЯИ



Дубна, 4 июня. Участники 84-й сессии Ученого совета Объединенного института ядерных исследований



Дубна, 10 февраля. Подписание протокола заседания Координационного комитета по сотрудничеству ОИЯИ с Министерством науки, образования и технологий (ВМВФ) ФРГ



Орел, 13 апреля. Встреча председателя Совета Федерации Федерального Собрания РФ Е.С.Строева с дирекцией Объединенного института ядерных исследований. На снимке (слева направо): А.И.Лебедев, А.Н.Сисакян, Е.С.Строев, В.Г.Кадышевский



Дубна, 19 февраля. Делегация Республики Белоруссии, возглавляемая Полномочным Представителем в ОИЯИ профессором В.А.Гайсенком (в центре) в Лаборатории ядерных проблем



Дубна, 25 февраля. Участники торжественной церемонии контрольного пуска системы физической защиты, учета и контроля ядерных материалов, установленной в ОИЯИ в рамках Соглашения между Госатомнадзором РФ и Министерством энергетики США, в отделе радиоактивных и делящихся веществ



Дубна, 18 ноября. Визит в ОИЯИ президента Академии наук Молдавии А.М.Андрееша (на снимке справа)



Дубна, 8 сентября. Визит в ОИЯИ председателя Комитета по науке и образованию парламента Республики Кореи Ким Хьон Вука и первого секретаря посольства Республики Кореи в России Рю Чхун Гына



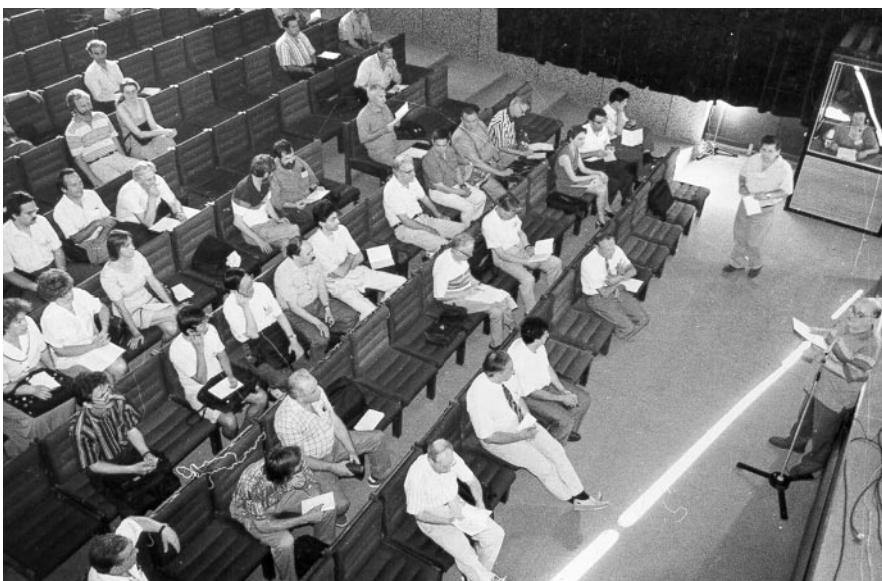
Дубна, 13–17 июля. Международная конференция «Проблемы квантовой теории поля», посвященная 90-летию со дня рождения первого директора ОИЯИ Д.И.Блохинцева (1908–1979)



Ереван (Армения), июнь.  
На снимке (слева направо):  
представитель Армении в Финансовом  
комитете ОИЯИ Г.Г.Торосян,  
президент Национальной академии  
наук РА Ф.Т.Саркисян, президент  
Армении Р.С.Кочарян, директор ОИЯИ  
В.Г.Кадьшевский, вице-директор  
ОИЯИ А.Н.Сисакян, ректор ЕрГУ  
Р.М.Мартirosян



Дубна. 2–3 июня ОИЯИ посетила  
делегация ученых из Польши  
во главе с генеральным директором  
Государственного комитета  
по научным исследованиям РП  
профессором З.Стахурой  
(на снимке третий слева)



Дубна, 15–20 июня.  
Международная конференция  
«Актуальные проблемы  
вычислительной физики»



Дубна, 17–22 августа. XIV Международный семинар по физике высоких энергий



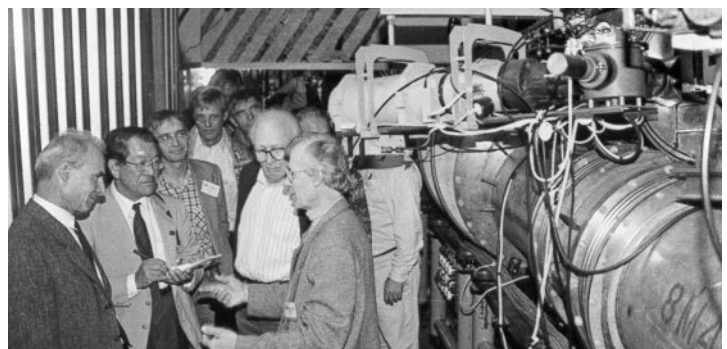
Москва, 4 декабря.  
Встреча дирекции ОИЯИ  
с председателем Государственной  
Думы Федерального Собрания  
Российской Федерации Г.Н.Селезневым



Сент-Андрус (Шотландия),  
23 августа – 5 сентября.  
VI Европейская школа по физике  
высоких энергий, организованная  
совместно ЦЕРН и ОИЯИ.  
Группа слушателей школы из ОИЯИ



Дубна, 7–12 сентября. XVII Международная конференция по ускорителям высоких энергий «HEACC-98»



# НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ



# ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 1998 г. в лаборатории были продолжены исследования в области квантовой теории поля и теории элементарных частиц, математической физики, теории атомного ядра и ядерных реакций, теории кон-

денсированных сред. Продолжала развиваться компьютерная инфраструктура лаборатории. Теоретики участвовали также в реализации ряда экспериментальных программ ОИЯИ.

## ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

Исследования по теме были сконцентрированы на следующих направлениях:

- квантовые симметрии, суперсимметрии и интегрируемые модели с применениями к струнам, гравитации и космологии;
- пертурбативные и непертурбативные методы в калибровочных теориях;
- тяжелые кварки и  $B$ -физика;
- спектроскопия легких адронов.

Значительное число работ, выполненных в 1998 г., относится к проблемам «чистой теории».

Конструкция  $q$ -деформированных соотношений Серра обобщена на случай произвольного решения квантового уравнения Янга–Бакстера. Получаемые таким образом аналоги соотношений Серра задают ядро билинейной формы, обобщающей форму Киллинга [1].

Низкоэнергетическое квантовое эффективное действие  $N = 2$  калибровочного мультиплетта и заряженных гипермультиплетов в кулоновской фазе вычислено с использованием техники гармонического суперпространства. В обоих случаях голоморфные вклады (соответственно, киральные и гармонически-аналитические) возникают благодаря ненулевому центральному заряду в алгебре  $N = 2$  суперсимметрии [2].

Впервые построено общее суперполевое решение  $N = (0|2)$  суперконформной решетки Тода [3].

Дано описание частичного спонтанного нарушения  $N = 1, D = 10$  суперсимметрии в подходе нелинейных реализаций, с гипермультиплетом в качестве основного голдстоуновского суперполя. Показано, что это описание эквивалентно уравнениям супер-5-браны типа I в  $D = 10$  с явной суперсимметрией на мировом объеме [4]. Из этого рассмотрения следует, в частности, существование «бранных» обобщений гармонической аналитичности и действий гипермультиплетов вне массовой оболочки.

На основе преобразования Гурвица показано, что восьмимерный изотропный осциллятор дуален пятимерной связанной системе заряд–дион с  $SU(2)$ -монополем Янга. Найден обобщенный вектор Рунге–Ленца, установлена группа скрытой симметрии  $SO(6)$ . Показано, что группа скрытой симметрии позволяет вычислить спектр системы алгебраическим методом. Вычислены полная волновая функция и вырождение энергетических уровней системы заряд–дион [5].

Показано, что в индуцированной гравитации степени свободы, отвечающие за энтропию Бекенштейна–Хокинга черной дыры, описываются двумерной квантовой теорией поля, заданной на поверхности бифуркации горизонта. Этот результат установлен для класса моделей индуцированной гравитации со скалярными, спинорными и векторными массивными конститuentами [6].

На основе геометрии подобия Вейля (как принципа построения единых теорий), дополненной тре-



бованиями Эйнштейна о единственности физического времени и минимальности числа производных, предложено конформно-инвариантное объединение теории гравитации со стандартной моделью сильных и электрослабых взаимодействий. Развитый подход применен к определению наблюдаемых физических величин [7].

В  $SU(2)$  решеточной калибровочной теории с помощью метода Монте-Карло вычислены глюонные пропагаторы в калибровке Лоренца (или Ландау). Показано, что моды калибровочных полей, связанные с нулевым импульсом, играют важную роль при фиксации лоренцевских калибровок [8].

Развит эффективный метод расчета вакуумной энергии электромагнитного поля для граничных условий, заданных на поверхности сферы или цилиндра, с учетом дисперсии электромагнитных колебаний в материальных средах. Этот подход использован для выяснения роли эффекта Казимира в механизме сонолюминесценции [9].

Была продолжена разработка аналитической теории возмущений в КХД. Для процессов электрон-позитронной аннигиляции в адроны и глубоконепругого лептон-нуклонного рассеяния показано, что применение аналитического подхода позволяет существенно снизить зависимость теоретических предсказаний от схемы перенормировки и от вкладов высших порядков теории возмущений [10].

Продолжались исследования, непосредственно связанные с **экспериментальной феноменологией**.

Получены новые предсказания для массы хиггсовского бозона в минимальной суперсимметричной стандартной модели (MSSM) на основе уравнений ренормгруппы с инфракрасной фиксированной точкой. Для случаев малого (соответственно, большого)  $\tan \beta = v_2/v_1$  массы хиггсовских бозонов оказываются равными  $94,3 + 1,4 \pm 5,0$  ГэВ ( $\mu > 0$ ) и  $124,9 - 9,8 \pm 5,0$  ГэВ ( $\mu > 0$ ) или  $120,8 - 4,8 \pm 5,0$  ГэВ ( $\mu < 0$ ) соответственно, при масштабе нарушения суперсимметрии порядка 1 ТэВ [11]. На основе новых ограничений на массу хиггсовских бозонов и другие параметры MSSM, полученных из экспериментов на LEP и недавних расчетов отношений вероятностей радиационных распадов, установлено, что при малом  $\tan \beta$  разрешен только один знак хиггсовского параметра смешивания, а сценарий с большим  $\tan \beta$  практически исключен [12].

Показано, что вычисляемые по теории возмущений электрические и магнитные формфакторы тяжелых заряженных лептонов имеют мнимую часть. Обсуждаются возможные проявления этих мнимых частей в физических эффектах [13].

Высокоэнергетическое  $pp$ -рассеяние при умеренно больших переданных импульсах исследовано в рамках КХД-модели, где протон рассматривается как

связанное состояние кварка и дикварка. Показано, что модель приводит к односпиновым и двухспиновым поперечным асимметриям, которые не малы и не стремятся к нулю при высоких энергиях. Предсказания модели близки к результатам эксперимента в Брукхейвенской национальной лаборатории [14].

Предложен вариант решения известной проблемы «спинового кризиса» в КХД, который основан на учете больших вкладов в спин протона как от нулевых, так и от ненулевых кварковых мод инстантонного поля [15].

На основе данных установки DELPHI по  $Z \rightarrow 2$ -jet получены первые указания на лево-правую асимметрию в одночастичной фрагментации поперечно поляризованных кварков (так называемую  $T$ -нечетную функцию фрагментации). Величина асимметрии (так называемая анализирующая способность) составляет  $(12,9 \pm 1,4)\%$ , что позволяет использовать этот эффект для измерения поперечной поляризации кварков в других процессах [16].

В серии работ [17] были рассмотрены эксперименты с детектированием фотонов. Эти радиационные процессы позволяют извлекать информацию о конечных состояниях при непрерывно изменяющихся значениях энергии столкновения. Были выполнены прецизионные расчеты событий с детектированием фотонов, наблюдаемых на HERA.

Первые оценки лазерной стимуляции короткими импульсами свободно связанных переходов в процессах столкновений позитронов и антипротонов в ловушке при низких энергиях, ориентированные на эксперимент ANTENA/AD-1 в ЦЕРН, получены как функции параметров импульсов лазера [18].

Полулептонные тяжелые-в-легкие и тяжелые-в-тяжелые мезонные переходы были изучены в рамках подхода, основанного на уравнениях Дайсона-Швингера [19].

Эксклюзивные сильные, радиационные и нелептонные распады очарованных и прелестных барионов были изучены в рамках релятивистской трехкварковой модели. Вычислены как факторизованные, так и нефакторизованные вклады. Оказалось, что вклад от нефакторизованных диаграмм достигает  $\sim 60\%$  от вклада факторизованных диаграмм в случае переходов тяжелые-в-тяжелые барионы и  $\sim 30\%$  в случае переходов тяжелые-в-легкие барионы [20].

Исследован предел большой массы кварков для петли Вильсона в присутствии однородного самодуального глюонного поля. Показано, что это поле индуцирует осцилляторный конфайнмирующий потенциал между статическими кварками. Вычислен эффективный потенциал для этого поля в  $SU(2)$ -модели Янга-Миллса при конечной температуре. Вид потенциала указывает на деконфайнмент при высокой температуре [21].

Исследовано поведение пионного газа в горячей и плотной среде. Показана важная роль промежуточного  $\sigma$ -мезона в усилении радиационного излучения вблизи критической точки [22].

В модели конституентных кварков и глюонов с потенциальным взаимодействием вычислены массы низших гибридных состояний чармония и ботомония и определены коэффициенты смешивания гибридного чармония с низшими векторными состояниями семейства  $\psi$ -мезонов. Получены соотношения между лептонными ширинами физических состояний резонансов, которые согласуются с имеющимися экспери-

ментальными данными и служат подтверждением того, что доминирующей конфигурацией в векторе состояния  $\psi(4.16)$ -резонанса является гибридная конфигурация, состоящая из конституентного глюона и пары  $c\bar{c}$ -кварков в октетном цветовом состоянии [23].

Адронный  $\pi^+ \pi^-$ -атом был изучен в рамках релятивистского подхода основанного на уравнении Бете–Солпитера. Получено общее выражение для его времени жизни. Низшие поправки к аналогу формулы Дезера вычислены в рамках киральной теории возмущений [24].

## ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА

Исследования в рамках темы в 1998 г. были сосредоточены на следующих направлениях:

- структура ядер при экстремально больших значениях спина и изоспина;
- механизмы ядро-ядерных столкновений;
- применение методов теории ядра для изучения других конечных ферми-систем;
- экзотические ядра и молекулы;
- релятивистская ядерная физика.

Большое число работ было посвящено **теории структуры ядра**.

Разработан формализм, позволяющий в рамках микроскопической квазичастично-фононной модели рассчитывать структуру и вероятности  $\gamma$ -распада вибрационных состояний, построенных на двух-, трех- и четырехквазичастичных изомерах. Формализм позволяет корректно учесть связь квазичастичного и колебательного движений, а также, что особенно важно, фермионную структуру коллективных фононных возбуждений. Проведены расчеты для изомера  $^{178}\text{Hf}^{m2}$ , а также изомерных состояний  $K^\pi = 25/2^-$  ядра  $^{179}\text{Hf}$  и  $K^\pi = 9^-$  ядра  $^{180}\text{Ta}$ . Показано, что принцип Паули оказывает существенное влияние на структуру коллективных вибраций, построенных на изомере. Предсказано, что с изомера  $^{178}\text{Hf}^{m2}$  должны идти сильные  $\gamma$ -переходы на состояния в энергетическом интервале 5–6 МэВ, а с изомера  $^{180}\text{Ta}$  — на состояния в энергетических интервалах 2,6–3,0 и 3,4–3,6 МэВ [25]. На основе самосогласованного подхода с сепарабельным представлением для сил Скимма исследованы дипольные и квадрупольные возбуждения в изотопах Ag. Предсказано существование мягкой дипольной моды в тяжелых нейтронно-избыточных изотопах Ag, удаленных от линии стабильности [26]. В рамках схемы  $Q$ -фононов и модели взаимодействующих бозонов предложено универсальное описание состояний

$2_1^+, 2_2^+$  и  $0_2^+$ . Волновые функции записаны в виде разложения по мульти- $Q$ -фононным возбуждениям из основного состояния. Показано, что разложение быстро сходится и уже одна основная компонента обеспечивает хорошее описание волновых функций. Например, для всего треугольника симметрий два- $Q$  и три- $Q$  конфигурации в сумме исчерпывают более 90% нормы состояния  $0_2^+$ . Эта схема была применена для описания коэффициента ветвления  $E2$ -распада состояния  $0_2^+$  в недеформированных ядрах [27]. Впервые спектры фотонов и полные вероятности радиационного захвата мюонов среднетяжелыми ядрами рассчитаны с микроскопически вычисленными функциями возбуждения ядра. Ядерно-структурные амплитуды радиационного захвата мюона вычислялись в стандартном импульсном приближении и в модифицированном импульсном приближении, учитывающем уравнение непрерывности для электромагнитного тока. Рассчитанные для ядер  $^{58,60,62}\text{Ni}$  полные вероятности мюонного захвата близки к экспериментальным данным [28].

Для описания **ядро-ядерных столкновений** использовали различные подходы.

На базе уравнений движения системы, обладающей свойствами упругого и пластичного тел, построены ее лагранжева и гамильтонова функции, а также диссипативная функция Рэлея. Исследования показали, что в начале процесса столкновения тяжелых ядер значительная часть коллективной энергии сосредоточена на внутренних коллективных степенях свободы. В течение промежутка времени, когда в движении доминируют упругие свойства системы, флуктуации в коллективном канале затруднены. Анализ флуктуаций был использован для того, чтобы получить некоторое общее представление о роли эластопластичности в слиянии тяжелых ядер. Теория успешно объяс-

няет конкуренцию между упорядоченной эволюцией в сторону слившейся конфигурации и случайными отскоками, ведущими к быстрому делению [29]. В рамках концепции двойной ядерной системы были проведены расчеты вероятностей образования очень тяжелых ядер в ядро-ядерных столкновениях. Получено хорошее согласие с экспериментальными данными. Удалось объяснить экспериментально наблюдаемое быстрое падение сечения холодного слияния с ростом заряда компаунд-ядра. Предложены оптимальные реакции, ведущие к синтезу сверхтяжелых ядер [30]. В рамках квазиклассической нелинейной ядерной гидродинамики рассмотрены нелинейные возбуждения ядерной плотности. С помощью нелинейного уравнения Шредингера пятого порядка проанализированы возможные типы стационарных нелинейных волн. Проведена их классификация на базе простого механического примера. Показано, что в одномерной ядерной среде существует богатый спектр нелинейных осцилляций [31].

Методы теории ядра были использованы при изучении свойств **металлических кластеров**. Проанализирована оболочечная структура одночастичного спектра потенциала деформированного гармонического осциллятора с дополнительным слагаемым, пропорциональным  $L^2$ , при большом числе частиц в системе. Из-за хаотического характера задачи правильное понимание классической ситуации обеспечивает адекватный подход к соответствующей квантово-механической проблеме. Установлено правило масштаба, которое указывает разграничительную линию между хаотическим и регулярным движениями в зависимости от энергии, деформации и силы слагаемого  $L^2$ . В соответствии с этим правилом при большем числе частиц в системе оболочечная структура выживает только при меньшей деформации [32].

Разрабатывались и использовались в различных задачах точные математические методы **теории малочастичных систем**.

Построено семейство несамосопряженных операторов, спектр каждого из которых воспроизводит определенную часть спектра трансфер-функции  $2 \times 2$ -матричного гамильтониана, включающую резонансы на нефизических листах, соседних по отношению к физическому листу. Доказаны полнота и базисность системы корневых векторов трансфер-функции, содержащих в том числе и резонансные векторы [33]. Теория представлений операторов 6-мерных вращений построена на базисе трехтельных супергармоник. Получена рекуррентная система дифференциальных и линейных уравнений для операторов и их матричных элементов. Предложены интегральное представление и эффективные численные алгоритмы решения [34].

Эффект экранирования от связанного электрона в реакции  ${}^7\text{Be}(p, \gamma){}^8\text{B}$  рассмотрен в рамках трехтель-

ной задачи. Показано, что при температурах порядка температуры в центре Солнца этот эффект ускоряет реакцию в 15 раз, что ведет к существенному (порядка 10%) изменению скорости в гаммовском пике энергии ( $\sim 18$  кэВ) [35]. Предсказана возможность существования новых долгоживущих мюонных молекулярных систем, которые могут образовываться при столкновении положительных ионов молекул из трех атомов водорода, или дейтерия, или трития с отрицательным мюоном. Оказалось, что вероятность слияния  $D_{3\mu} \rightarrow {}^6\text{Li}\mu$  значительно выше скорости распада молекул [36].

Продолжались исследования в области **релятивистской ядерной физики**.

Изучены особенности статистической модели смешанных фаз при описании фазового перехода деконфайнмента. Предложенные модификации касаются улучшенной трактовки адрон-адронного взаимодействия в нелинейной модели среднего поля для ядерной материи и включения поправок на одноглюонный обмен в кварк-глюонном секторе термодинамического потенциала смешанной фазы. В рамках динамики расширения файерболла оценены возможные экспериментальные проявления формирования смешанной фазы и перехода деконфайнмента в так называемом «эффекте самой мягкой точки» [37]. Модельно-независимый метод анализа экспериментальных формфакторов был использован для изучения данных о 14 ядрах от  ${}^4\text{He}$  до  ${}^{208}\text{Pb}$  с целью построения для них экспериментальных распределений плотности заряда (РПЗ) в рамках единой процедуры. Метод отличается от предложенных ранее использованием пробной симметризованной функции Ферми и ее производных, имеющих правильную экспоненциальную асимптотику. Обнаружены относительные изменения РПЗ с ростом атомного веса ядра. Выделена область высоких передач импульса, где экспериментальные данные могут быть объяснены только с учетом так называемых радиальных вариаций РПЗ [38]. Упругое рассеяние протона на нейтроне назад проанализировано в ковариантном подходе, основанном на уравнении Бете–Солпитера с реалистическим мезон-обменным взаимодействием. В точном виде исследованы лоренцевский буст и другие релятивистские эффекты. Рассчитан полный набор поляризационных наблюдаемых [39]. Изучена взаимосвязь между кинематикой нуклона в дейтроне вне массовой поверхности и эффектами энергии связи для глубоконеупругого рассеяния на дейтроне. Показано, что в предположении о малости относительного импульса нуклонов структурная функция дейтрона  $F_2^D$  может быть выражена через структурную функцию свободного нуклона и ее производные. Доказано, что вклад  $P^-$ ,  $S^{--}$ ,  $D^{--}$ -волн подавлен на фактор порядка квадрата избытка нуклонной массы относительно вклада  $S^{++}$ ,  $D^{++}$ -волн [40].

## ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

В области *теории конденсированного состояния* исследования проводились по следующим основным направлениям

- сильно коррелированные системы;
- динамические системы: хаос, интегрируемость и самоорганизация;
- неупорядоченные структуры: стекла, топологические дефекты, наноструктуры и джозефсоновские переходы;
- мезоскопические и когерентные явления в квантовых системах.

В исследованиях по высокотемпературной сверхпроводимости использовались **модели с сильными электронными корреляциями**.

На основе техники операторов Хаббарда была развита микроскопическая теория электронного спектра и сверхпроводимости в  $t$ - $J$ -модели для  $\text{CuO}_2$ -плоскости. Впервые было получено численное решение уравнений Элиашберга для данной модели, которое позволило объяснить некоторые особенности фотоэмиссионных экспериментов и дать микроскопическое обоснование  $d$ -волновому спин-флуктуационному механизму спаривания с высокой температурой сверхпроводящего перехода  $T_c$  [41].

Сформулирована теория сильного взаимодействия коррелированных электронов с фононами в модели Холстейна–Хаббарда. Доказано существование коллективной моды фононных облаков, окружающих поляроны, что приводит к существенной перенормировке электронной функции Грина и оказывает большое влияние на фазовые переходы в системе [42].

Для интерпретации последних фотоэмиссионных экспериментов в меднооксидных соединениях  $\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Cl}_2$  предложена многозонная эффективная модель сильной связи для  $\text{CuO}_2$ -плоскости и рассчитан спектр дырочных возбуждений [43].

Электрон-фононное взаимодействие и ширина линии рамановского рассеяния в сверхпроводящих фуллеридах были исследованы в рамках предложенной микроскопической теории. Перенормировка фононного времени релаксации и частоты рассчитаны в хорошем согласии с фотоэмиссионными экспериментами [44].

В области **математической физики, динамических систем и самоорганизации** следует упомянуть следующие результаты.

Рассмотрено квантование классических динамических систем с пуассоновской структурой на однородных многообразиях Келера. Квантование проводится в рамках метода Березина. Унитарный оператор  $\exp(-i\tau H)$  представлен в виде квазиклассического интеграла по траекториям в базисе когерентных состояний. В том случае, когда многообразие когерентных состояний представлено в виде вырожденных сопря-

женных орбит группы симметрии, явное представление амплитуды перехода может быть получено в терминах классических параметров, что соответствует квазиклассическому приближению. Показано, что это представление, в отличие от обычных подходов, хорошо согласуется с известными точными результатами и приводит к нетривиальным физическим асимптотикам [45].

Исследована динамика эйлеровых блужданий как модели самоорганизованной критичности. Эволюция системы была разделена на характерные периоды, которые могут быть интерпретированы как лавинные процессы. Описана структура лавин и найдена критическая экспонента  $\tau = 2$  для распределения первых лавин. Получена зависимость среднеквадратичного смещения эйлеровых блужданий от времени в критическом состоянии в виде простого закона диффузии. Описана эволюция среды из случайного состояния в критическое [46].

Изучались некоторые аспекты нового некомбинаторного фермионного подхода к двумерной проблеме димеров в статистической механике, основанного на интегрировании по антикоммутирующим грассмановым переменным. Статистическая сумма димеров получена в виде фермионного грассманова интеграла. Для регулярных решеток получены аналитические выражения с помощью перехода к импульсному представлению для фермионов [47].

Найдена принципиально новая связь между  $N$ -солитонными решениями интегрируемых уравнений и статистической суммой одномерных изинговских цепочек. Показано, что тау-функции уравнения Кортевега – Де Вриза и уравнения Кадомцева–Петвиашвили описывают статистическую сумму одномерного антиферромагнетика специального типа при некоторых фиксированных значениях температуры [48].

В серии работ исследовались **неупорядоченные структуры**.

Проблема фононного рассеяния на границах зерен была рассмотрена в рамках модели диполя краевых дисклинаций (ДКД). Показано, что возникающая при рассеянии на двухосном ДКД специфическая  $q$ -зависимость средней длины свободного пробега приводит к смене асимптотики температурной зависимости теплопроводности  $\kappa$ . Полученные результаты позволяют объяснить отклонение от закона  $T^3$  в температурной зависимости  $\kappa$ , наблюдаемой в экспериментах ниже 0,1 К в LiF и NaCl [49].

В рамках трехмерной модели сетки джозефсоновских контактов было рассчитано изменение плотности джозефсоновского сверхпроводящего тока  $j_s$  для слабосвязанного гранулярного сверхпроводника под действием приложенной разности температур (нелинейный эффект Зеебека). Для градиента темпе-

ратур  $\nabla T > (\nabla T)_c$ , где  $(\nabla T)_c$  оценивается величиной порядка  $10^4$  К/м для керамики YBCO со средним размером зерна  $d \cong 10$  мкм, термо-э.д.с.  $S$ , определяемая слабыми связями, должна сильно зависеть от градиента температур  $\nabla T$  [50].

В области исследования **конечных квантовых систем** получен ряд результатов, имеющих отношение к современным технологиям и новым материалам.

Предложена модель для описания одномерной локализации экситона в квантовой прямоугольной яме. В модели учитывается разность диэлектрических констант и масс на границе двух сред, а также поправки к потенциалу взаимодействия за счет зеркальных зарядов. Вычисление верхней и нижней границ энергии связи  $E_b$  экситона, а также величины потенциала локализации проведено с большей точностью, чем в предыдущих работах. В частном случае гетероструктуры  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}/\text{GaAs}/\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  верхняя и нижняя границы  $E_b$  дают весьма точную оценку для энергии связи. Показано, что  $E_b$  имеет пик в отличие от предыдущих расчетов [51].

Бозе-конденсат  $^4\text{He}$  в пористых стеклах, относящихся к макроскопическим объектам ввиду наруше-

ния в них трансляционной симметрии, подобен мезоскопическим системам. Экспериментально измеренный сдвиг критической температуры был использован для оценки относительного числа  $n$  атомов, «чувствующих» деформацию межатомного потенциала порами. Оценка дала  $n \approx 10\%$ . Для расчета использовался метод интегрирования по траекториям для модели неидеального газа Боголюбова (развитый ранее В.Яруниным) [52].

Изучена динамика нейтральных атомов в квадрупольных магнитных ловушках. Описан новый режим движения, когда атомы ограничены только с одной стороны ловушки. Это позволяет создать направленный пучок нейтральных атомов. Облако испущенных атомов принимает при этом форму эллипсоида, вытянутого в направлении движения. Такой режим полуограниченной ловушки дает динамический механизм для создания атомного лазера [53].

Статистически упорядоченное оптическое поле исследовалось в рамках теории квантового сдвига фазы. Полученные результаты могут быть использованы при численной обработке прецизионных квантовых измерений, особенно в малых объемах [54].

## РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В 1998 г. к кластеру компьютеров производства Sun Microsystems были добавлены две новые рабочие станции Ultra 2 ( первая — с двумя 200 МГц процессорами, вторая — с одним 300 МГц процессором). Конфигурация базового компьютера лаборатории (thsun1.jinr.ru) была доведена до 4-процессорной (4 процессора SuperSPARC 85 МГц) с 640 Мбайт оперативной и 23 Гбайт дисковой памяти. Развернута сеть Fast Ethernet, объединившая рабочие станции и файловый сервер. Для удобства пользователей на одной из рабочих станций установлено устройство записи на компакт-диски CD-R.

Произведена принципиальная реконструкция локальной сети ЛТФ. Для уменьшения конкуренции между компьютерами за доступ к сетевым ресурсам большая сеть разделена на 12 независимых коллизи-

онных доменов меньшего размера. В центре сети установлен коммутатор Ethernet 100BaseT/10BaseT, который соединил каждый из доменов с быстродействующей сетью рабочих станций.

На рабочих местах установлено 5 персональных компьютеров с процессорами Pentium II. Еще один компьютер с двумя процессорами Pentium II находится в стадии подготовки к установке в компьютерном холле.

Наиболее значительные пакеты программ, обновленные в 1998 г., включают: REDUCE, SunSoft FORTRAN и C/C++, GNU C/C++, TeX/LaTeX, WWW-браузеры, WWW-серверы. На всех рабочих станциях Sun Microsystems установлена новая операционная система Solaris 2.6 с улучшенным интерфейсом пользователя.

## КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 1998 г. с участием ЛТФ было организовано 11 научных мероприятий, большинство из них было поддержано ЮНЕСКО, РФФИ и программой «Гейзенберг–Ландау». XI международная конференция «Проблемы квантовой теории поля», посвященная

90-летию со дня рождения Д.И.Блохинцева, прошла с 13 по 17 июля. В ней приняли участие более 150 ученых из Австрии, Англии, Болгарии, Германии, Италии, Испании, Канады, Китая, Польши, России, Румынии, США, Словакии, Украины, Чехии, Швейца-

рии, Югославии, Японии и ОИЯИ. Программа конференции охватила важные аспекты современной квантовой теории поля и ее применения в физике элементарных частиц. Большое внимание было уделено проблемам квантовой хромодинамики, электрослабой теории, теориям великого объединения, непертурбативным методам и феноменологии сильных взаимодействий. Были также рассмотрены и математические вопросы, связанные со струнными теориями, дуальностью, квантовыми симметриями и интегрируемыми моделями.

На конференции работала мемориальная секция, посвященная научной и организационной деятельности Дмитрия Ивановича Блохинцева.

По общему мнению участников, конференция стала важным событием в научной жизни. Был подведен определенный итог исследованиям по актуальным проблемам квантовой теории поля и теории элементарных частиц, обсуждены наиболее перспективные направления дальнейших научных поисков.

Как и в предыдущие годы, теоретики участвовали в организации и проведении Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. 14-й семинар этой серии проходил в ЛТФ с 17 по 22 августа. Кроме физиков из стран-участниц и ОИЯИ в работе семинара участвовали более 30 ученых из других стран.

С 11 по 14 августа в ЛТФ прошло российско-индийское рабочее совещание «Топологические и интегрируемые теории поля». Оно было организовано в рамках комплексной долгосрочной программы сотрудничества по науке и технологиям между Российской Федерацией и Республикой Индией, по разделу сотрудничества в фундаментальных исследованиях (математическая физика). В работе совещания приняло участие 15 сотрудников ОИЯИ, 20 сотрудников российских научных центров и 7 сотрудников ведущих индийских научных центров. Было прочитано 20 часовых лекций, освещающих современное состо-

яние теории струн и квантовых интегрируемых моделей теории поля. Совещание помогло установить новые формы контактов между специалистами России, ОИЯИ и Индии, работающими в современной математической физике.

Два научных мероприятия проведены с организационным участием ЛТФ в странах-участницах: VII международный коллоквиум «Квантовые группы и интегрируемые системы» (18–20 июня, Прага, Чехия) и рабочее совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы» (29 июня – 4 июля, Ереван, Армения).

Международное сотрудничество ЛТФ в 1998 г. было поддержано грантами полномочных представителей Венгрии, Словакии, Чехии и дирекции ОИЯИ. В 1998 г. учреждена новая программа сотрудничества с польскими теоретиками — программа «Боголюбов–Инфельд».

В 1998 г. поддержку программы «Гейзенберг–Ландау» получили 38 совместных проектов и 8 совещаний, опубликовано более 70 работ с коллегами из научных центров Германии.

Ряд исследований выполнен совместно с зарубежными учеными в рамках соглашений ОИЯИ–INFN, ОИЯИ–IN2P3 и по проектам, поддержанным грантами INTAS, РФФИ–DFG, РФФИ–CNRS. Продолжают действовать соглашения между ЛТФ и теоретическим отделом ЦЕРН, Международным центром теоретической физики (Триест).

\* \* \*

Исследования, проводимые в лаборатории, входили в три темы, утвержденные до 1998 г. Предложение ЛТФ об открытии с 1999 по 2003 г. новых тем — «Поля и частицы», «Теория ядерных и других конечных систем», «Теория конденсированных сред» — было рассмотрено и поддержано на осенних сессиях ПКК по направлениям и утверждено на 85-й сессии Ученого совета ОИЯИ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Lüdde M. and Vladimirov A.A. — *Czech. J. Phys.*, 1998, v.48, p.1435.
2. Ivanov E.A., Ketov S.V., Zupnik B.M. — *Nucl. Phys. B*, 1998, v.509, p.53;  
Buchbinder E.I., Ivanov E.A., Buchbinder I.L., Kuzenko S.M. — *Mod. Phys. Lett. A*, 1998, v.13, p.1071.
3. Derjagin V.B., Leznov A.N. and Sorin A. — *Nucl. Phys. B*, 1998, v.527, p.643.
4. Bellucci S., Ivanov E., Krivonos S. — *hep-th/9811244*, submitted to «*Phys. Lett. B*».
5. Mardoyan L.G., Sissakian A.N., Ter-Antonyan V.M. — *Yad. Fiz.*, 1998, v.61, p.1859; *hep-th/98030010*.
6. Frolov V. and Fursaev D. — *Phys. Rev. D*, 1998, v.58, p.124009.
7. Gyngazov L.N., Pawlowski M., Pervushin V.N. and Smirichinski V.I. — *Gen. Rel. Grav.*, 1998, v.30, p.1749.
8. Damm G., Kerler W., Mitrjushkin V.K. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.433, p.88.
9. Nesterenko V.V. and Pirozhenko I.G. — *Phys. Rev. D*, 1998, v.57, p.1284; *JETP Lett.*, 1998, v.67, p.445.

10. Solovtsov I.L. and Shirkov D.V. — *Phys. Lett. B* (accepted); Milton K.A., Solovtsov I.L. and Solovtsova O.P. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.439, p.421.
11. Yeghiyan G., Jurcisin M. and Kazakov D.I. — *hep-ph/9807411*.
12. de Boer W., Grimm H.J., Gladyshev A.V. and Kazakov D.I. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.438, p.281.
13. Avdeev L.V. and Kalmykov M.Yu. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.436, p.132.
14. Goloskokov S.V. and Kroll P. — *Preprints: JINR E2-98-223, WUB 98-24; hep-ph/9807529; submitted to «Phys. Rev. D»*.
15. Kochelev N.I. — *Phys. Rev. D*, 1998, v.57, p.5539; Kochelev N.I., Vento V. — *hep-ph/9809238*.
16. Efremov A.V., Smirnova O.G., Tkatchev L.G. — *Proc. High Energy Int. Conf. on QCD (QCD-98), Montpellier, France, 2–8 July 1998; Suppl. Nucl. Phys. (in print)*.
17. Anlauf H., Arbuzov A.B., Kuraev E.A., Merenkov N.P. — *JHEP*, 1998, v.10, p.013; *hep-ph/9711333, to appear in «Phys. Rev. D»*.
18. Мельников Л.А. и др. — *ЯФ*, 1998, т.61, с.2038.
19. Ivanov M.A., Kalinovskiy Yu.L., Maris P., Roberts C.D. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.416, p.29.
20. Ivanov M.A., Körner J.G., Lyubovitskij V.E., Rusetsky A.G. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.442, p.435.
21. Efimov G.V., Kalloniatis A.C. and Nedelko S.N. — *Preprint FAU-TP3-98/15, Erlangen, 1998; Phys. Rev. D (in press); hep-th/9806165*.
22. Kuraev E.A. et al. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.424, p.235.
23. Gerasimov S.B. — *Talk at the XI Intern. Conf. «Problems of Quantum Field Theory» (Dubna, July 13–17, 1998), hep-ph/9812509*.
24. Ivanov M.A., Lyubovitskij V.E., Lipartia E.Z., Rusetsky A.G. — *Phys. Rev. D*, 1998, v.58, p.094024-(1-22).
25. Soloviev V.G. — *Nucl. Phys. A*, 1998, v.633, p.247.
26. Van Giai N., Stoyanov Ch., Voronov V.V. — *Phys. Rev. C*, 1998, v.57, p.1204.
27. Pietralla N. et al. — *Phys. Rev. C*, 1998, v.57, p.150.
28. Eramzhyan R.A., Kuz'min V.A. and Teterova T.V. — *Nucl. Phys. A*, 1998, v.642, p.428.
29. Mikhailova T.I., Mikhailov I.N., Di Toro M. and Do Dang G. — *Nucl. Phys. A*, 1998, v.641, p.64.
30. Antonenko N.V., Adamian G.G., Scheid W., Volkov V.V. — *Nucl. Phys. A*, 1998, v.633, p.409.
31. Kartavenko V.G., Sandulescu A. and Greiner W. — *Int. J. Mod. Phys. E*, 1998, v.7, p.449.
32. Heiss W.D. and Nazmitdinov R.G. — *Physica D*, 1998, v.118, p.134.
33. Mennicken R., Motovilov A.K. — *Teor. Mat. Fiz.*, 1998, v.116, p.163.
34. Пуньшиев В.В. — *ЯФ*, 1998, т.61, с.897.
35. Belyaev V.B., Monakhov D.E., Naumov D.V., Pen'kov F.M. — *Phys. Lett. A*, 1998, v.247, p.241.
36. Belyaev V.B., Monakhov D.E. et al. — *Phys. Rev. A*, 1998, v.58, p.2760.
37. Nikonov E.G., Shanenko A.A., Toneev V.D. — *Heavy Ion Physics*, 1998, v.8, p.89.
38. Буров В.В., Кадрев Д.Н., Лукьянов В.К., Польш Ю.С. — *ЯФ*, 1998, т.61, с.595.
39. Kartari L.P., Kämpfer B., Dorkin S.M., Semykh S.S. — *Phys. Rev. C*, 1998, v.57, p.1097.
40. Burov V.V., Molochkov A.V. — *Nucl. Phys. A*, 1998, v.637, p.31.
41. Plakida N.M., Oudovenko V.S. — *JINR Preprint E17-98-244, Dubna, 1998; Phys. Rev. B (in press)*.
42. Moskalenko V.A., Entel P. and Digor D.F. — *Phys. Rev. B (accepted)*.
43. Yushankhai V.Yu., Hayn R. and Rosner H. — *Proc. Intern. Conf. «Strongly Correlated Electron Systems» (July 15–18, Paris); Physica B*, 1998 (in press).
44. Aksenov V.L., Kabanov V.V. — *Phys. Rev. B*, 1998, v.57, p.608.
45. Kochetov E.A. — *J. Phys. A: Math. Gen.*, 1998, v.31, p.4473.
46. Povolotsky A.M., Priezzhev V.B. and Shcherbakov R.R. — *Phys. Rev. E*, 1998, v.58, p.5449.
47. Хайн Р., Плечко В.Н. — *ЯФ* (в печати).
48. Loutsenko I. and Spiridonov V. — *Montre'al Preprint CRM-2551 (1998); Nucl. Phys. B (accepted)*.
49. Osipov V.A. and Krasavin S.E. — *J. Phys.: Condens. Matter*, 1998, v.10, p.L639.
50. Sergeenkov S. — *JETP Lett.*, 1998, v.67, p.680.
51. Gerlach B., Wüsthoff J., Dzero M.O. and Smondirev M.A. — *Phys. Rev. B*, 1998, v.58, p.10568.
52. Sa-yakanit V., Yarunin V., Nisameneephong P. — *Phys. Lett. A*, 1998, v.237, p.152.
53. Yukalov V.I., Yukalova E.P. — *Laser Phys.*, 1998, v.8, p.890.
54. Chizhov A., De Renzi V. and Paris M. — *Phys. Lett. A*, 1998, v.237, p.201.

# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

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

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

## РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В 1998 г. в Лаборатории высоких энергий достигнуты важные результаты в работе нуклотрона. Энергия пучка увеличена до 4,1 ГэВ на нуклон. Интенсивность ускоренного пучка дейтронов достигла  $2 \cdot 10^{10}$  частиц/цикл. Проведен эксперимент по резонансной раскачке ускоренного пучка с параметрами, необходимыми для осуществления медленного его вывода (см. рис.1). Система медленного вывода нуклотрона будет создана в 1999 г. В соответствии с утвержденным дирекцией ОИЯИ планом работы были проведены два сеанса работы нуклотрона общей продолжительностью 558 часов. Впервые были ускорены и использованы для набора данных пучки ядер гелия.

Продолжительность работы синхрофазотрона в 1998 г. составила 250 часов. Затраты компенсировались потребителями пучков. Основная часть сеанса была использована для проведения экспериментов с уникальными пучками поляризованных дейтронов. Пучки протонов и неполяризованных дейтронов в диапазоне энергий 1–5 ГэВ также были предоставлены потребителям. Успешно решена задача формиро-

вания узкого пучка для облучения на синхрофазотроне протяженных мишеней малого диаметра ( $\varnothing 20$  мм).

Основным условием работы синхрофазотрона является привлечение средств заинтересованных пользователей. Несмотря на непрерывное удорожание энергоресурсов, число его пользователей растет. Это прежде всего потребители пучков поляризованных дейтронов. По-прежнему имеется большой интерес у пользователей к традиционным пучкам легких релятивистских ядер.

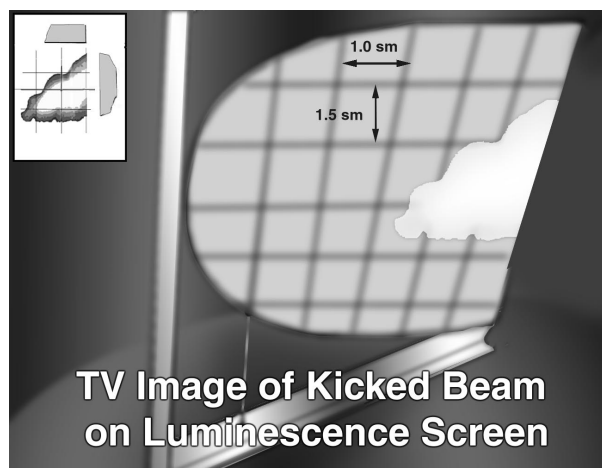


Рис.1. Светящийся след пучка на сцинтилляционном экране, установленном в камере ускорителя на расстоянии 2 см от ее оси



## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВНУТРЕННЕМ ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА

В рамках проекта **СФЕРА** продолжены исследования поперечных размеров области генерации кумулятивных частиц. Изучались корреляции протонов при малых относительных импульсах в реакциях  $dA \rightarrow ppX$  и  $\alpha A \rightarrow ppX$  в угловом интервале  $106^\circ \pm 112^\circ$  в лабораторной системе координат. Исследования проводились с ядрами C, Al и W. Получена предварительная информация о поперечных размерах области взаимодействия. Эксперимент выполнен с помощью сцинтилляционного двухплечевого спек-

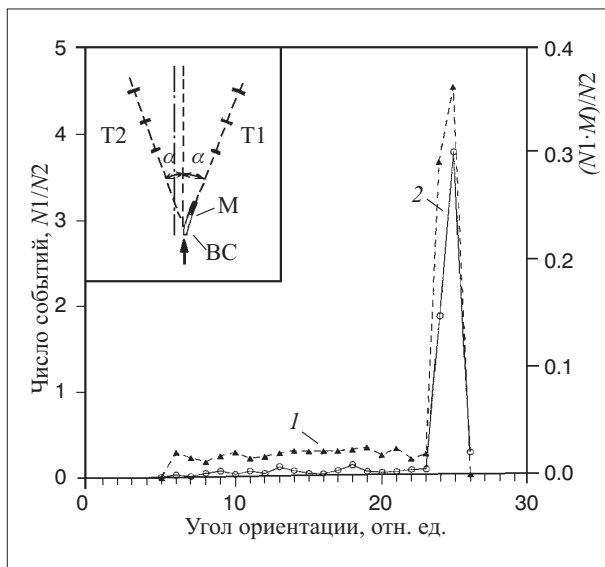


Рис.2. Зависимость отношения счета рабочего телескопа к счету фонового телескопа от ориентации кристалла. На вставке: фоновый T2 и рабочий T1 телескопы, сцинтиллятор M, расположенный в камере нуклотрона сразу за кристаллом BC

трометра на внутреннем пучке нуклотрона при энергии 3 ГэВ/нуклон [1].

В марте и декабре 1998 г. были продолжены эксперименты на внутренних пучках нуклотрона по изучению рождения  $\pi^0$ - и  $\eta$ -мезонов. Цель этих экспериментов — изучение свойств сжатой и нагретой ядерной материи, образуемой в ядро-ядерных столкновениях. В экспериментах, проведенных на пучках дейтронов и  $\alpha$ -частиц при энергии 3 ГэВ/нуклон, зарегистрировано свыше 10 млн событий с рождением двух и более  $\gamma$ -квантов. Измерено отношение структурных функций  $G(X,A)$  ядер  $d$  и  ${}^4\text{He}$  в области  $0,2 < X < 0,6$ , где  $X$  — кумулятивное число. Получены предварительные оценки для вероятности образования 6-кварковых конфигураций («флуктонов») в ядрах  $d$  и  ${}^4\text{He}$  — соответственно  $\sim 1\%$  и  $\sim 5\%$ .

В декабрем сеансе работы нуклотрона проведены первые испытания созданного в ЛВЭ ОИЯИ оборудования для сравнительного исследования вольфрамового и кремниевого кристаллических дефлекторов на пучках ускоренных ядер с энергией до 6 ГэВ/нуклон. На рис.2 представлена зависимость отношения счета рабочего телескопа к счету фонового телескопа от ориентации кристалла. Кривая 2 отвечает случаю, когда на совпадения к рабочему телескопу был дополнительно включен сцинтилляционный счетчик, расположенный в камере ускорителя за выходным торцом кристалла. Значительное увеличение счета по трассе вывода в узкой области углов ориентации кристалла вместе с резким ростом зависимости кривой 2 можно интерпретировать как эффект отклонения ускоренных дейтронов от орбиты нуклотрона изогнутым кристаллом.

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВЫВЕДЕННЫХ ПУЧКАХ ЛВЭ

Во время сеанса синхрофазотрона в июне 1998 г. был проведен физический запуск установки «Дельта» (ИЯИ РАН – ОИЯИ), предназначенной для работы на поляризованной протонной мишени ЛВЭ с использованием выведенных пучков синхрофазотрона и нуклотрона. Установка представляет собой двухплечевой безмагнитный спектрометр для регистрации и измерения энергии нейтральных ( $\gamma$ -квантов и мезонов) и заряженных (мезонов, протонов, дейтронов) частиц. Для регистрации нейтральных мезонов и  $\gamma$ -квантов в диапазоне энергий от 100 МэВ до 10 ГэВ используется черенковский 300-канальный спектрометр на основе модулей свинцового стекла. Для одновременной регистрации вылетающих заряженных частиц с энергией до 400 МэВ применяется

$dE-E$ -метод с использованием детекторов на основе пластмассовых сцинтилляторов. Работы по запуску установки проводились на пучке нейтронов с применением углеродной и полиэтиленовой мишеней. При работе на пучке нейтронов синхрофазотрона с интенсивностью  $5 \cdot 10^6$  нейтронов за цикл и энергией 1,5 ГэВ было набрано около 2100 парных событий, соответствующих «калибровочной» реакции  $np \rightarrow \pi^0 d$  на полиэтиленовой мишени и около 700 событий на водородной мишени. Величина фона составила порядка 30% от водорода. На рис.3 приведен пример восстановленного спектра инвариантных масс для  $\pi^0$ -мезона, распадающегося на два  $\gamma$ -кванта. Результаты обрабатываются.

В рамках проекта **СФЕРА** на пучке поляризованных дейтронов ускорительного комплекса ЛВЭ были выполнены измерения тензорной анализирующей способности  $A_{yy}$  в реакциях  $d+A \rightarrow p(130 \text{ мрад})+X$  и  $d+A \rightarrow \pi(135 \text{ мрад})+X$  фрагментации тензорно-поляризованных дейтронов в протоны и кумулятивные пионы с большим поперечным импульсом. Данные измерения являются продолжением исследований, выполненных в лабораториях Сакле и ЛВЭ в предшествующих экспериментах с вылетом фрагментов дейтрона вперед, где в области больших внутренних импульсов были обнаружены значительные отклонения от предсказаний нуклонных моделей дейтрона, основанных на импульсном приближении. Описание структуры дейтрона на малых расстояниях на основе двухкомпонентной волновой функции является, по-видимому, несостоятельным, и необходимо введение дополнительных компонент, учитывающих ненуклонные степени свободы в дейтроне. Для выявления природы этих компонент и их относительной роли необходим расширенный набор экспериментальных данных, дающий в том числе информацию о зависимости спиновых наблюдаемых от поперечного импульса. Выполненные измерения при больших поперечных импульсах ( $P_T \approx 0,8 \text{ ГэВ/с}$ ) принесли неожиданные новые результаты. Так, в реакции  $d+A \rightarrow p(85 \text{ мрад})+X$ , где в рамках модели жестко-

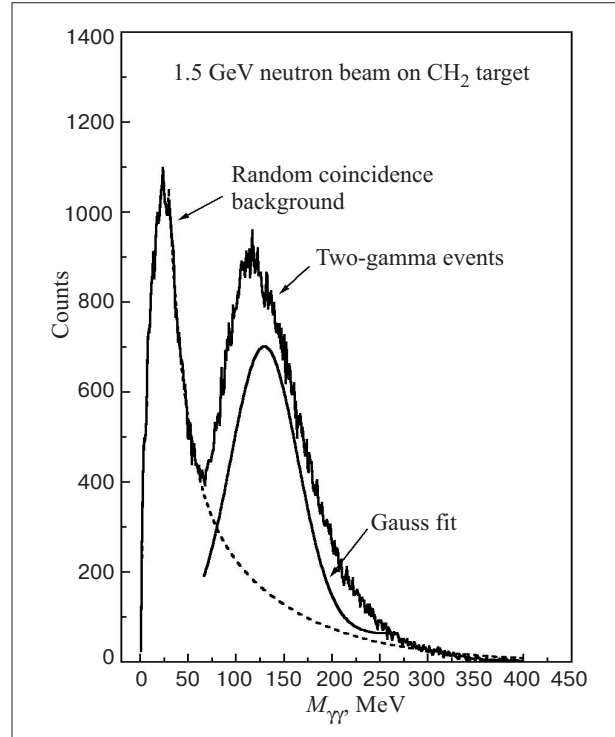


Рис.3. Пример восстановленного спектра инвариантных масс для  $\pi^0$ -мезона, распадающегося на два  $\gamma$ -кванта. Сплошная линия — результат фитирования функцией Гаусса. Разрешение спектрометра по массе около 10%

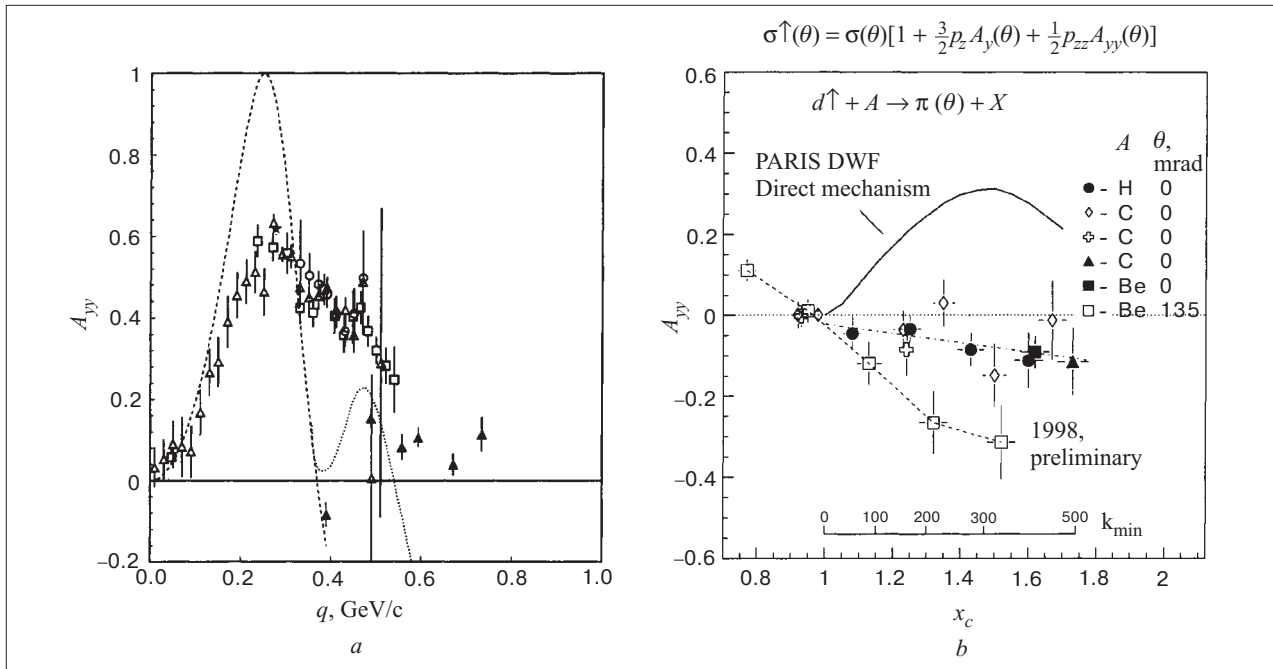


Рис.4. а) Данные по  $A_{yy}$  для реакции развала дейтрона ( $\blacktriangle$ ) в сравнении с данными, полученными под углом  $0^\circ$  на углеродной мишени. Значения  $A_{yy}$  показаны в зависимости от импульса протона в системе покоя дейтрона. Пунктирная и штриховая линии — результаты расчета на основе парижской DWF для углов эмиссии протонов  $0$  и  $85$  мрад соответственно; б)  $A_{yy}$  для реакции  $dA \rightarrow \pi(\theta)X$  при фрагментации дейтронов  $9 \text{ ГэВ}$  на H-, Be- и C-мишенях в сравнении с расчетами модели прямого рождения (парижская DWF). Значения  $A_{yy}$  показаны в зависимости от кумулятивной переменной  $x_c$  и внутреннего импульса в дейтроне  $k_{\min}$

го рассеяния ожидалось улучшение степени согласия с IA-расчетами в связи с уменьшением роли пионных диаграмм, обнаружено резкое рассогласование с моделью, нарастающее с увеличением поперечного импульса протонов (рис.4,*a*). Полученные в сеансе 1998 г. новые данные при 130 мрад позволят проследить эволюцию  $A_{yy}$  с ростом поперечного импульса. В реакции  $d+A \rightarrow \pi(135 \text{ мрад})+X$  обнаружен рост величины тензорной анализирующей способности с увеличением поперечного импульса кумулятивных пионов (рис.4,*b*), конфликтующей по знаку с предсказанием модели, основанной на прямом механизме рождения кумулятивных мезонов, опирающемся на гипотезу высокоимпульсной нуклонной компоненты в дейтроне. Исследование спиновых эффектов в кумулятивном мезонообразовании проведено впервые. Эти уникальные данные получены благодаря наличию высокоимпульсных поляризованных пучков дейтронов в ЛВЭ [2–5]. Исследования должны быть продолжены с целью получения аналогичной информации по векторной анализирующей способности в реакции фрагментации векторно-поляризованных дейтронов в кумулятивные пионы. Наблюдение роста анализирующей способности с ростом поперечного импульса кумулятивных частиц может быть сопоставлено с обнаружением значительных спиновых эффектов в жестком рассеянии адронов при больших переданных импульсах, которые не были предсказаны в рамках пертурбативной КХД.

В сеансах на ускорительном комплексе ЛВЭ испытаны прототипы детекторов системы диагностики и мониторинга. Завершена работа по созданию и вводу в эксплуатацию новой системы диагностики циркулирующего пучка нуклотрона на основе микроканальных пластин. Профилометр прошел успешные испытания в четырех ускорительных сеансах. Изготовлены и испытаны сцинтилляторы и световоды для времяпролетных годоскопов установки **МАРУСЯ**. Изготовлены и отполированы сцинтилляторы и световоды для детектора множественности. Подготовлены и испытаны черенковские детекторы на основе монокристаллов кварца. Создан и введен в эксплуатацию переносной вакуумный стенд для испытания детекторов.

### Теоретические исследования, интерпретация экспериментальных данных

На основе принципов симметрии и подобия найдено явное аналитическое выражение для инклюзивных сечений образования частиц, ядерных фрагментов и антиядер при столкновении релятивистских ядер в центральной области быстрот ( $y = 0$ ). Результат

согласуется с имеющимися экспериментальными данными. Показано, что эффективное число нуклонов, участвующих в столкновении ядер, с ростом энергии уменьшается, а сечение стремится к постоянной величине, равной для частиц и античастиц. Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что надежды на получение плотной и горячей материи при столкновении тяжелых ультрарелятивистских ядер не оправдаются [6].

Проведен анализ спиновых корреляций при регистрации нефакторизуемых двухчастичных спиновых состояний. Появление таких корреляций связано с общим квантово-механическим эффектом, предсказанным Эйнштейном, Подольским и Розеном. Показано, что при наличии спиновых корреляций упругое рассеяние одной из двух неполяризованных конечных частиц приводит к поляризации другой, нерассеянной частицы. Это делает в принципе возможным создание пучков частиц с контролируемой спиновой поляризацией без прямого силового воздействия на поляризуемые частицы. Рассмотрены особенности корреляций в синглетном и триплетном состояниях двух частиц со спином 1/2; проанализированы корреляции плоскостей рассеяния двух частиц со спином 1/2 на бесспиновой или неполяризованной мишени. Показано, что спины двух тождественных нуклонов (протонов, нейтронов) с малыми относительными импульсами, образующихся в ядерных столкновениях, сильно скоррелированы. Проведено исследование нейтрон-протонных спиновых корреляций при периферическом развале дейтрона [7].

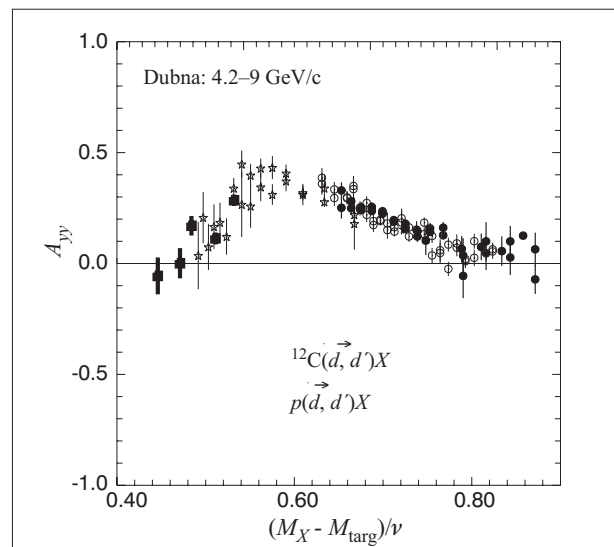


Рис.5.  $A_{yy}(X)$  для  $p(\bar{d}, d')X$  и  $^{12}C(\bar{d}, d')X$  неупругого рассеяния [2,8]:  $\circ$  — 4,2±4,5 ГэВ/с;  $\bullet$  — 5,53 ГэВ/с; все для угла рассеяния  $0^\circ$  в лабораторной системе;  $\blacksquare$  — 9 ГэВ/с при угле рассеяния в л.с. 85 мрад (углеродная мишень [2])

Для случая неупругого рассеяния  $(a, a')X$  рассмотрена безразмерная релятивистски-инвариантная переменная  $\mathfrak{X}$ , которую можно интерпретировать как отношение энергии возбуждения  $X$ -системы к переданной энергии  $E_a - E_{a'}$  в системе покоя мишени; такая величина может являться «мерой неупругости»:

$$\mathfrak{X} = \frac{\Delta m_X}{v}, \quad v = \frac{1}{m_t} P_t (P_a - P_{a'}) = m_a u_t (u_a - u_{a'}).$$

Здесь  $P_a, P_{a'}$  и  $P_t$  — 4-импульсы соответственно налетающей и регистрируемой частиц, а также мишени;  $u_a, u_{a'}$  и  $u_t$  — 4-скорости соответствующих фрагментов;  $\Delta m_X = m_X - m_t$  — разность масс нерегистрируемой системы ( $m_X$ ) в конечном состоянии и мишени ( $m_t$ ) в начальном. Данные по тензорной анализирующей способности  $A_{yy}$  в неупругом рассеянии  $(d, d')X$ , полученные в ЛВЭ ОИЯИ, рассмотрены в зависимости от этой переменной. Обнаружено, что  $A_{yy}(\mathfrak{X})$  не зависит от энергии падающих дейтронов и угла рассеяния вплоть до  $\theta_{cm} \approx 30^\circ$ ; не наблюдается также заметных различий между результатами,

полученными на протонной мишени и углеродной (см. рис.5) [9].

### Анализ информации с пузырьковых камер

В событиях из реакции  $np \rightarrow np\pi^+\pi^-$  при импульсе налетающего нейтрона  $P_n = (5,20 \pm 0,16 \text{ МэВ/с})$ , выбранных с условием  $\cos \theta_p^* > 0$ , наблюдается особенность в спектре эффективных масс  $\pi^+\pi^-$ -комбинаций при значении  $M_{\pi^+\pi^-} = (759 \pm 5) \text{ МэВ/с}^2$ , превышающая фон на 6,12 стандартных отклонений. Сечение наблюдаемого эффекта  $\sigma = (38 \pm 9) \text{ мкб}$ . Полная экспериментальная ширина особенности  $\Gamma = (35 \pm 12) \text{ МэВ/с}^2$ , изотопический спин  $I = 0$ , наиболее вероятное значение спина  $J = 0$ . Данная особенность может быть интерпретирована как  $\sigma$ -мезон с квантовыми числами  $I^G(J^{PC}) = 0^+(0^{++})$  [10]. Эти результаты находятся в хорошем согласии с данными других работ.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во время работы синхрофазотрона коллаборацией физиков из университетов и институтов Германии, Франции, России, Греции, Белоруссии, Индии и Китая были продолжены исследования [11,12] по генерации нейтронов в мишенях из свинца и урана и трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов ( $^{129}\text{I}$ ,  $^{237}\text{Np}$  и  $^{241}\text{Am}$ ) на протонном пучке синхрофазотрона при энергиях 0,5, 1,0 и 1,5 ГэВ.

С помощью калориметрической методики на основе малоинерционных высокочувствительных микротермопар исследовано пространственно-временное распределение температурных полей в объеме свинцовой мишени ( $50 \times 50 \times 80 \text{ см}$ ) при ее облучении протонным пучком с энергией 5 ГэВ. Работы по калориметрии, начатые в 1998 г., выполнялись совместно с сотрудниками ВНИИАтомэнергомаш и Института прикладной математики им. Келдыша (Москва).

С целью оптимизации геометрических размеров уран-свинцовой сборки, которая создается в ЛВЭ, проведено измерение пространственно-энергетического распределения нейтронов в свинцовом блоке при энергии протонов 1,5 ГэВ. С помощью томографического метода с применением активационных детекторов из золота (с кадмиевыми экранами и без экранов) было просканировано нейтронное поле вну-

три сплошной свинцовой мишени и оценены вклады тепловых, резонансных и быстрых нейтронов в полный нейтронный спектр, а также получены данные, необходимые для выбора продольных и поперечных размеров уранового бланкета и свинцового нейтронно-генерирующего конвертора U/Pb-сборки [13].

В экспериментах 1998 г. выполнены активационная и трековая томография и калориметрия многосекционной мишени-конвертора с размерами ( $\varnothing 10 \text{ см} \times 50 \text{ см}$ ), выбранными на основе результатов вышеупомянутых экспериментов. Измерения температуры в этой свинцовой мишени и урановом образце ( $\varnothing 36 \text{ мм} \times 104 \text{ мм}$ ) за счет продуктов ядерных реакций и радиоактивных распадов, а также ионизационных потерь энергии пучка проводились с использованием датчиков на основе кварцевых резонаторов и платиновых термометров сопротивления. Созданы и успешно опробованы прецизионные методики измерения температуры. Впервые в Объединенном институте появилась возможность измерения температуры с точностью 2–3 мК [13]. Эти методики пригодны для применения в различных видах калориметрических исследований для регистрации тонких эффектов, сопровождающихся выделением тепла. Полученные экспериментальные результаты необходимы для проектирования полномасштабных электроядерных установок.

## СОТРУДНИЧЕСТВО С ДРУГИМИ УСКОРИТЕЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ

В эксперименте, проведенном в Сакле (Франция) в 1997 г. (EXP278C), изучалось неупругое рассеяние поляризованных дейтронов с импульсом 3,73 ГэВ/с на протонах в области возбуждения роверовского резонанса и  $\Delta$ -изобары. Получены первые (предварительные) данные на части статистики: тензорная анализирующая способность реакции неупругого  $p(d, d')X$ -рассеяния (рис.6) и тензорная анализирующая способность упругого  $p(d, p)d$ -рассеяния назад в системе центра масс (рис.7). В реакции  $p(d, p)d$  регистрировались в совпадении обе частицы: рассеянный протон и дейтрон отдачи. Идентификация каждой частицы ( $d$  и  $p$ ) основывалась на измерениях импульсов, времени пролета и энергетических потерь в сцинтилляторах. Измерение тензорной анализирующей способности реакции упругого рассеяния назад в с.ц.м. при энергиях выше 1 ГэВ впервые проведено в кинематически переопределенном опыте, когда обе частицы регистрируются.

Проект WASA нацелен на дальнейшие исследования порогового рождения легких мезонов и новые исследования редких распадов мезонов с помощью  $4\pi$ -установки WASA на накопительном кольце CELSIUS в Уппсале (Швеция).

Получено экспериментальное свидетельство анизотропии в угловых распределениях продуктов реакции  $pp \rightarrow pp\eta$  вблизи порога [16]. Знак угловой асимметрии  $\eta$ -мезонов чувствителен к основному механизму их рождения. Все существующие теоретиче-

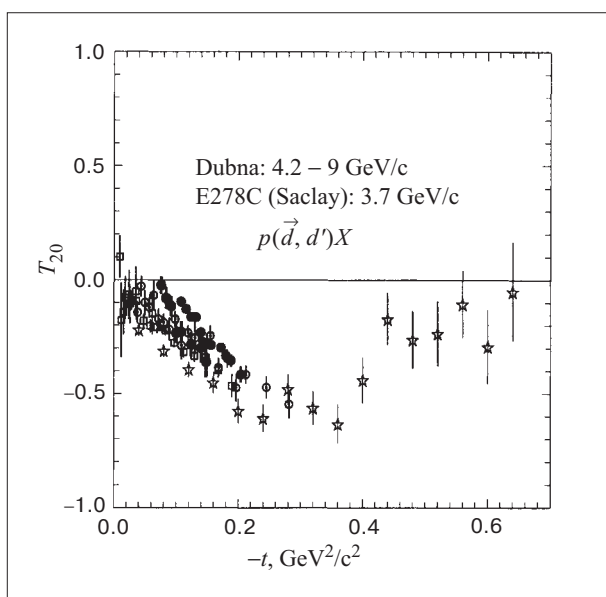


Рис. 6. Данные по  $T_{20}$  для неупругого  $p(d, d')X$ -рассеяния под углом  $0^\circ$  из [8]:  $\star$  — 9 ГэВ/с;  $\square$  — 5,532 ГэВ/с;  $\circ$  — 4,495 ГэВ/с;  $\bullet$  — данные из [9] для импульса  $4,24 \div 6,55$  ГэВ/с

ские модели, описывающие  $\eta$ -рождение в  $pp$ -взаимодействии, различаются в основном выбором мезонного обмена в возбуждении нуклонной изобары. Полученные данные указывают на более важный вклад  $\rho$ -мезонного обмена по сравнению с  $\pi$ -мезонным обменом в этом процессе.

Выполнен анализ данных WASA/PROMICE по тормозному излучению в  $pp$ -взаимодействии с целью исследования дибарионов в области масс от 1900 до 1960 МэВ/с<sup>2</sup> [17]. В результате получен верхний предел сечения для дибарионов (на 95% -м уровне достоверности), который составляет 10 нб для 200 МэВ протонов и 3 нб для 310 МэВ.

В 1998 г. были установлены и протестированы система корпускулярной мишени и новые элементы центрального детектора, такие как сверхпроводящий соленоид с магнитопроводом, полный CsI(Na)-электромагнитный калориметр, мини-дрейфовая камера, сцинтилляционная пластиковая «бочка» и бериллиевый ионопровод. Полномасштабную  $4\pi$ -установку предполагается ввести в эксплуатацию к концу 1999 г.

В рамках сотрудничества EMU01/12 получены экспериментальные данные о мультифрагментации ядер золота во взаимодействиях с ядрами фотоэмульсии при энергии 10,6 А ГэВ, проведено системати-

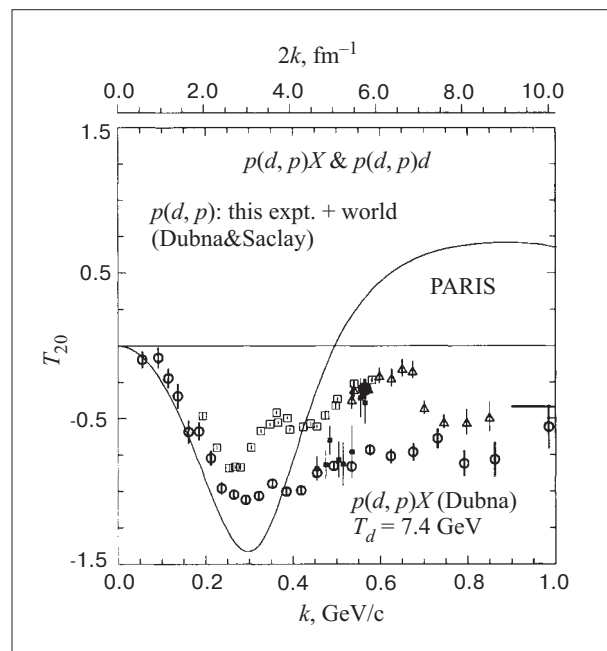


Рис. 7. Данные по  $T_{20}$  для упругого  $p(d, p)d$ -рассеяния назад ( $\square$  и  $\Delta$ ) из [9,14] и для  $p(d, p)X$ -развала дейтрона под углом  $0^\circ$  при энергии  $T_d = 7,4$  ГэВ/с из [15] ( $\circ$ ); данные для  $p(d, p)d$  при  $\theta_{cm} = 180^\circ$ , когда обе конечные частицы детектируются в совпадении ( $\bullet$ ); данные для  $p(d, p)pn$  при  $\theta_{cm} = 180^\circ$  ( $\blacksquare$ )

ческое сравнение экспериментальных данных с данными других коллабораций. При регистрации фрагментов сделан вывод о меньшей множественности фрагментов промежуточных масс при высоких энергиях по сравнению с промежуточными энергиями; при высоких энергиях заряд тяжелого фрагмента в событии больше, чем при промежуточных энергиях.

В ЛВЭ завершена разработка нового многоканального усилителя-дискриминатора AD16-H1 для дрейфовых камер установки **HADES**, создаваемой в GSI (Дармштадт) в рамках коллаборации 19 институтов из 9 стран.

К характеристикам усилителя-дискриминатора предъявляются очень жесткие требования: малая потребляемая мощность, низкие шумы, высокое быстродействие для обеспечения пространственного разрешения лучше 100 мкм. Задача особенно осложнялась требованием обеспечить высокую плотность размещения каналов ( $\sim 2,5$  см<sup>2</sup>/канал). Основные параметры AD16-H1: число каналов 16, потребляемая мощность 30 мВт/канал, передний фронт сигнала с усилителя 8 нс, шумы 0,3 фКл, разрешение пары импульсов лучше 100 нс, размер многослойной платы  $9 \times 4$  см<sup>2</sup>. С помощью 8-канальной электроники такого типа были проведены испытания полномасштабного прототипа дрейфовой камеры, разработанной в ЛВЭ ОИЯИ, на пучке протонов в GSI и достигнуто пространственное разрешение 50 мкм. Первые опытные образцы нового усилителя-дискриминатора изготовлены в ОП ОИЯИ.

В ЛВЭ созданы две первые дрейфовые камеры MDC-2 центральной части спектрометра **HADES**. Испытание многослойной дрейфовой камеры MDC-2 с полным комплектом считывающей электроники будет проведено в феврале 1999 г. После испытаний на пучке дрейфовых камер с новой электроникой планируется начать массовое производство 27 тыс. каналов.

**STAR.** Основной целью проекта является участие в создании 4 $\pi$ -детектора **STAR** для ускорителя RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL). Группа сотрудников ЛВЭ вместе со специалистами IUCF (Индиана) и BNL принимает участие в проектировании и создании детектора максимума ливня (SMD) для EEMC-калориметра. EEMC является важной частью детектора **STAR** для изучения поляризации на RHIC. Спроектирован, изготовлен и протестирован на радиоактивном источнике и космических мюонах прототип сцинтиллятора детектора максимума ливня с системой сбора света, основанной на российских фотоумножителях. Закончено проектирование 30°-модуля газового детектора максимума ливня. Прототип SMD был изготовлен в ОИЯИ и протестирован на Alternating Gradient Synchrotron (AGS). Результаты этого тестирования были представлены на совещании коллаборации **STAR**.

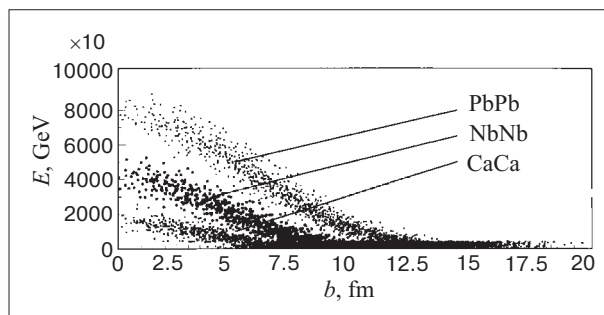


Рис. 8. Корреляция между полным потоком энергии  $E$  в калориметре малых углов и прицельным параметром соударения. Сверху вниз: 10 000 событий с минимальным обзором типа Pb–Pb, Nb–Nb, Ca–Ca при энергии столкновения 5 ТэВ/нуклон

**Тяжелые ионы в CMS.** Выполнено исследование (моделирование) глобального отклика калориметров CMS к полному потоку поперечной энергии, рожденному в ядро-ядерных соударениях. Сделаны выводы о том, что:

- калориметр малых углов установки CMS (HF) может обеспечить адекватную оценку прицельного параметра соударения при минимальной зависимости от деталей динамики в центральной области по псевдобыстроте (см. рис.8) [18];
- разрешение калориметрической системы CMS позволяет наблюдать проявление эффекта гашения струй в плотной ядерной материи непосредственно в дифференциальных распределениях по полной поперечной энергии [19,20];
- для отбора неупругих ядро-ядерных соударений может быть использовано быстрое триггерное решение: основная идея состоит в использовании временного совпадения сигналов с двух противоположных плеч калориметра малых углов.

**ALICE.** Завершено конструирование дипольного магнита для мюонного спектрометра. Ведется изготовление полномасштабного прототипа обмотки. Начаты работы по созданию прототипа ярма. Выполнено предварительное конструирование сверхпроводящего магнитного экрана (экран Мейснера), который будет обеспечивать отсутствие магнитного поля вокруг вакуумной камеры ускорителя.

Проведены испытания на пучке плоскопараллельных камер, выбранных в качестве детекторов для этой системы. Предложен новый тип газовой смеси. Изготовлена и отправлена в ЦЕРН передвижная подставка для двумерного сканирования детекторов на пучке.

**WA98.** В 1998 г. было завершено создание лент суммарных результатов по данным, полученным в Pb–Pb-сеансе на ускорителе SPS (ЦЕРН) при энергии пучка 158 АГэВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Ю.С. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 5[91]-98, с.25.
2. Афанасьев С.В. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 2[88]-98, с.5.
3. Золин Л.С. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 2[88]-98, с.27.
4. Afanasiev S.V. et al. — *Phys. Lett.*, 1998, v.B434, p.21.
5. Afanasiev S.V. et al. — *Phys. Lett.*, 1998, v.B445, p.14.
6. Балдин А.М., Малахов А.И. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 1[87]-98, p.5.
7. Lyuboshitz V.L. — *JINR Preprint E2-98-274, Dubna*, 1998.
8. Azhgirey L.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1998, No.2[88]-98, p.17.
9. Ажгирей Л.С. и др. — *ЯФ*, 1998, т.61, с.494.
10. Троян Ю.А. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 5[91]-98, с.33.
11. Brandt R. et al. — *Kerntechnik*, 1998, v.63, p.167.
12. Ochs M. et al. — *JINR Preprint E1-99-1, Dubna*, 1999; submitted to «*Nucl. Inst. and Meth.*».
13. Кривоустов М.И., Чултэм Д. — *Новости ОИЯИ*, 1998, №3, с.27.
14. Punjabi V. et al. — *Phys. Lett.*, 1995, v.B350, p.178.
15. Azhgirey L.S. et al. — *Phys. Lett.*, 1996, v.B387, p.37.
16. Bilger R. et al. — *Higher partial waves in  $pp \rightarrow pp\eta$  near threshold*. TSL/ISV-98-0198; submitted to «*Phys. Lett. B*».
17. Calen H. et al. — *Phys. Lett.*, 1998, v.B427, p.248.
18. Krasnov V.A., Malakhov A.I., Shmatov S.V. and Zarubin P.I. — *JINR Rapid Communications*, 1998, No. 1[87]-98, p.39.
19. Savina M.V., Shmatov S.V., Slavin N.V. and Zarubin P.I. — *JINR Rapid Communications*, 1998, No.1[87]-98, p.45.
20. Vogt R. — *CMS Note 1998/061, Preprint LBNL 42040, October 1998*.

# ЛАБОРАТОРИЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1998 г. деятельность Лаборатории сверхвысоких энергий 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 темы **OSCAR** продолжались исследования на установке **EXCHARM** [1]. Эксперимент EXCHARM является дальнейшим развитием научной программы, проводимой на ускорителе У-70 в Протвино. Она включает в себя поиск экзотических состояний в адронных реакциях, исследование адронного рождения странных и очарованных частиц, а также характеристик одиночного и двойного рождения  $\phi$ -мезонов.

В ходе экспериментов было записано более  $5 \cdot 10^8$  взаимодействий нейтронов с ядрами углерода, алюминия, меди и вольфрама. К настоящему времени программой реконструкции обработано почти 80 % всей экспериментальной информации. Основные физические результаты, полученные в 1998 г., базируются на анализе 40 % записанных событий:

- наблюден сигнал двойного рождения  $\phi$ -мезонов ( $124 \pm 20$  событий, см. рис. 1), соответствующий инклюзивному сечению  $\sigma_{\phi\phi} = (12,9 \pm 2,5 \text{ (стат.)} \pm 1,3 \text{ (сист.)})$  мкб/нуклон;
- из анализа рождения пар  $K_S^0 K_S^0$  (9500 событий) получены параметр корреляции  $\lambda$  и радиус  $R$  области рождения  $K_S^0$ -мезонов:

$$\lambda = 1,13 \pm 0,34 \text{ (стат.)} \pm 0,34 \text{ (сист.)},$$

$$R = (1,01 \pm 0,13 \text{ (стат.)} \pm 0,18 \text{ (сист.)}) \text{ фм};$$

- на основе уникальной экспериментальной статистики по векторному мезону  $K^*(892)$  получены следующие значения спиральной амплитуды:

$\rho_{00} = 0,42 \pm 0,02$  для  $K^*(892)^+$  и  $\rho_{00} = 0,35 \pm 0,04$  для  $K^*(892)^-$ . До сих пор аналогичные измерения были выполнены с соответствующей точностью только в  $e^+e^-$ -аннигиляции в экспериментах на OPAL и DELPHI;

- зарегистрированы сигналы гиперонов и антигиперонов по следующим каналам распадов:

$$\Lambda \rightarrow p\pi^- \approx 3,1 \cdot 10^6 \text{ событий};$$

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda\pi^- \approx 2,7 \cdot 10^4 \text{ событий};$$

$$\Sigma(1385)^- \rightarrow \Lambda\pi^- \approx 1,0 \cdot 10^5 \text{ событий};$$

$$\Sigma(1385)^+ \rightarrow \Lambda\pi^+ \approx 7,5 \cdot 10^4 \text{ событий};$$

$$\Xi(1530)^0 \rightarrow \Xi^-\pi^+ \approx 1,0 \cdot 10^3 \text{ событий};$$

$$\Omega^- \rightarrow \Lambda K^- \approx 200 \text{ событий};$$

$$\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+ \approx 8,3 \cdot 10^4 \text{ событий};$$

$$\bar{\Xi}^+ \rightarrow \bar{\Lambda}\pi^+ \approx 1,2 \cdot 10^3 \text{ событий};$$

$$\bar{\Sigma}(1385)^+ \rightarrow \bar{\Lambda}\pi^+ \approx 1,6 \cdot 10^3 \text{ событий};$$

$$\bar{\Sigma}(1385)^- \rightarrow \bar{\Lambda}\pi^- \approx 1,2 \cdot 10^3 \text{ событий};$$

$$\bar{\Xi}(1530)^0 \rightarrow \bar{\Xi}^+\pi^- \approx 45 \text{ событий};$$

$$\bar{\Omega}^+ \rightarrow \bar{\Lambda}K^+ \approx 70 \text{ событий}.$$

В кинематической области  $-1 < X_f < 1$  получены следующие значения инклюзивных сечений рождения гиперонов:

$$\sigma(\Sigma(1385)^-) = (405 \pm 37) \text{ мкб/нуклон},$$

$$\sigma(\Sigma(1385)^+) = (230 \pm 20) \text{ мкб/нуклон},$$

$$\sigma(\Xi^-) = (83 \pm 7) \text{ мкб/нуклон},$$

$$\sigma(\Xi(1530)^0) = (17 \pm 2) \text{ мкб/нуклон}.$$



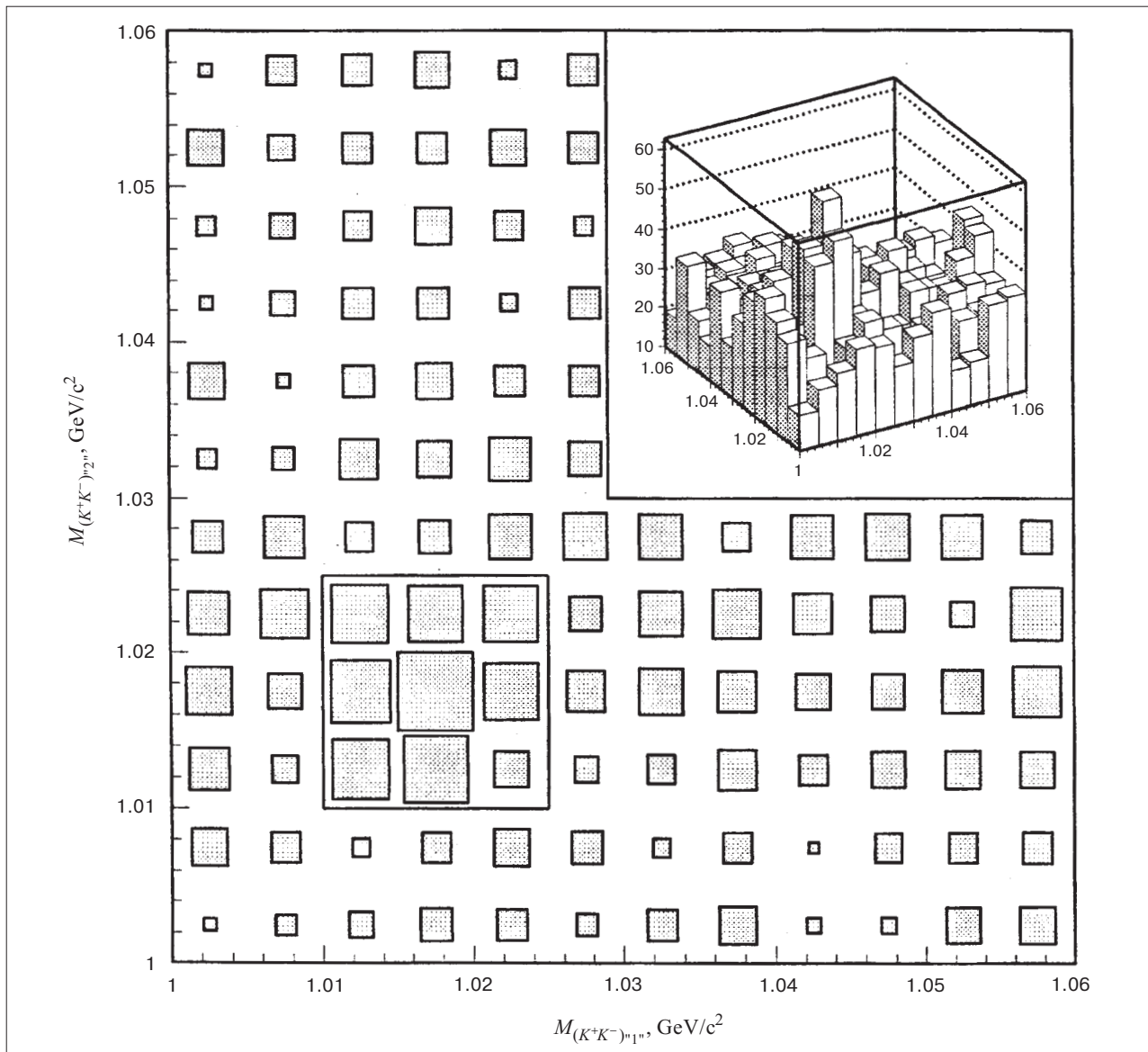


Рис.1. Наблюдение сигнала фф-рождения

Основные результаты эксперимента EXCHARM по измерению разности масс  $\Sigma_c^0$  - и  $\Lambda_c^+$  -гиперонов, а также отношения парциальных ширин распадов  $\Lambda_c^+$  -гиперона на  $K^0 p \pi^+ \pi^-$  и  $\Lambda^0 p^+ \pi^+ \pi^-$  вошли в компиляцию данных группы «Particle Data» [2].

Завершен эксперимент по поиску прямого  $CP$ -нарушения в распадах  $K^\pm \rightarrow 3\pi$  на установке «Комплекс меченых нейтрино» (КМН) [3]. Продолжается обработка полученных данных по распаду  $K^+ \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^+$ .

## СОТРУДНИЧЕСТВО С ЦЕРН

Завершен эксперимент NA47 (SMC). В течение 1998 г. коллаборация SMC закончила анализ виртуальных фотон-протонной и фотон-дейтронной спиновых асимметрий  $A_1^p(x, Q^2)$  и  $A_1^d(x, Q^2)$ , измеренных в глубоконеупругом рассеянии поляризованных

мюонов на поляризованных протонах и дейтронах при энергиях налетающего мюона от 100 до 190 ГэВ. Экспериментальная статистика была увеличена до 15,6 млн событий для  $A_1^p$  и 19,0 млн событий для  $A_1^d$  в расширенной кинематической области по  $x$  с нижней

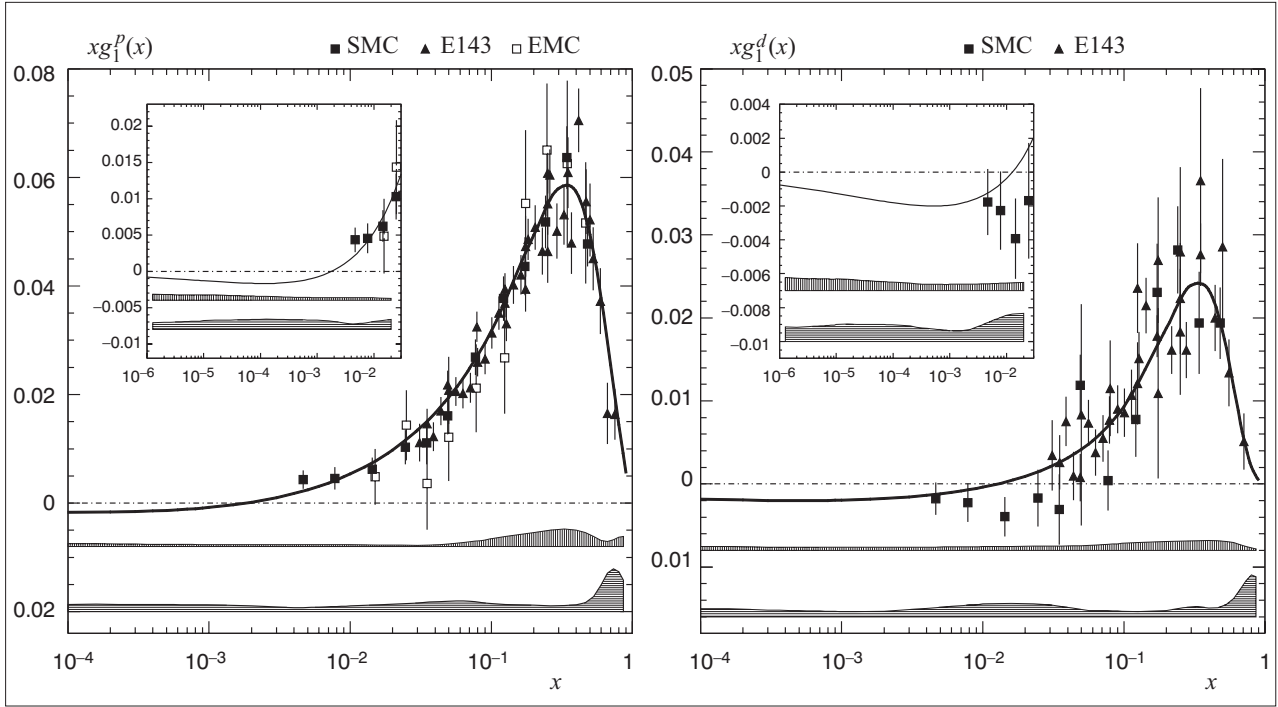


Рис.2. Зависимости  $xg_1^p$  и  $xg_1^d$  от  $x$ , полученные на основе КХД-анализа мировых данных при  $Q^2=5 \text{ ГэВ}^2$ . Во вставках выделена область малых  $x$ . Экспериментальные точки приведены со статистическими ошибками. Неопределенности фитирования, обусловленные экспериментальной систематикой и теоретическими неоднозначностями, показаны с помощью вертикально и горизонтально заштрихованных полос

границей  $x=8 \cdot 10^{-4}$  [4]. Полученные после интегрирования по  $Q^2$  спинзависимые структурные функции протона и дейтрона приведены на рис.2. Из данных SMC при  $Q_0^2=10 \text{ ГэВ}^2$  были извлечены следующие значения первых моментов спинзависимых структурных функций  $g_1^p$ ,  $g_1^d$  и  $g_1^n$ :

$$\begin{aligned}\Gamma_1^p &= 0,120 \pm 0,005 \pm 0,006 \pm 0,014, \\ \Gamma_1^d &= 0,019 \pm 0,006 \pm 0,003 \pm 0,013, \\ \Gamma_1^n &= -0,078 \pm 0,013 \pm 0,008 \pm 0,014.\end{aligned}$$

Совместно с данными других экспериментов, данные SMC были использованы в КХД-анализе с учетом высших порядков, следующих за лидирующим [5].

Правило сумм Бьеркена проверялось при  $Q_0^2=5 \text{ ГэВ}^2$  двумя способами: с помощью глобального анализа в рамках пертурбативной КХД

$$(\Gamma_1^p - \Gamma_1^n)_{\text{глоб}} = 0,174_{-0,012}^{+0,024}$$

и в анализе, учитывающем только несинглетную часть  $g_1$ :

$$(\Gamma_1^p - \Gamma_1^n)_{\text{несингл}} = 0,181_{-0,021}^{+0,026}.$$

Полученные результаты находятся в прекрасном согласии с теоретическим ожиданием

$$(\Gamma_1^p - \Gamma_1^n)_{\text{теор}} = 0,181 \pm 0,003.$$

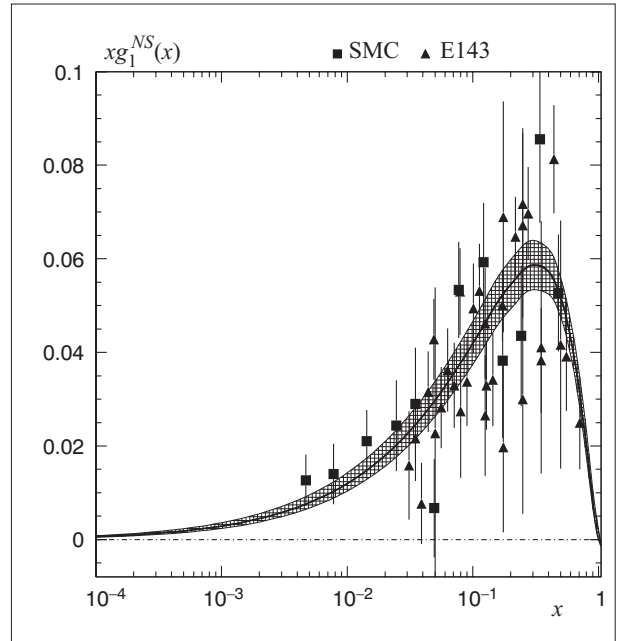


Рис.3. Результат наилучшего фитирования  $xg_1^{NS}$  с использованием данных в области до  $Q^2=5 \text{ ГэВ}^2$ . Экспериментальные точки показаны только со статистическими ошибками, в то время как полоса ошибок вокруг кривой представляет систематические неопределенности фитирования, включая вклады, обусловленные экспериментальной систематикой и теоретическими неоднозначностями

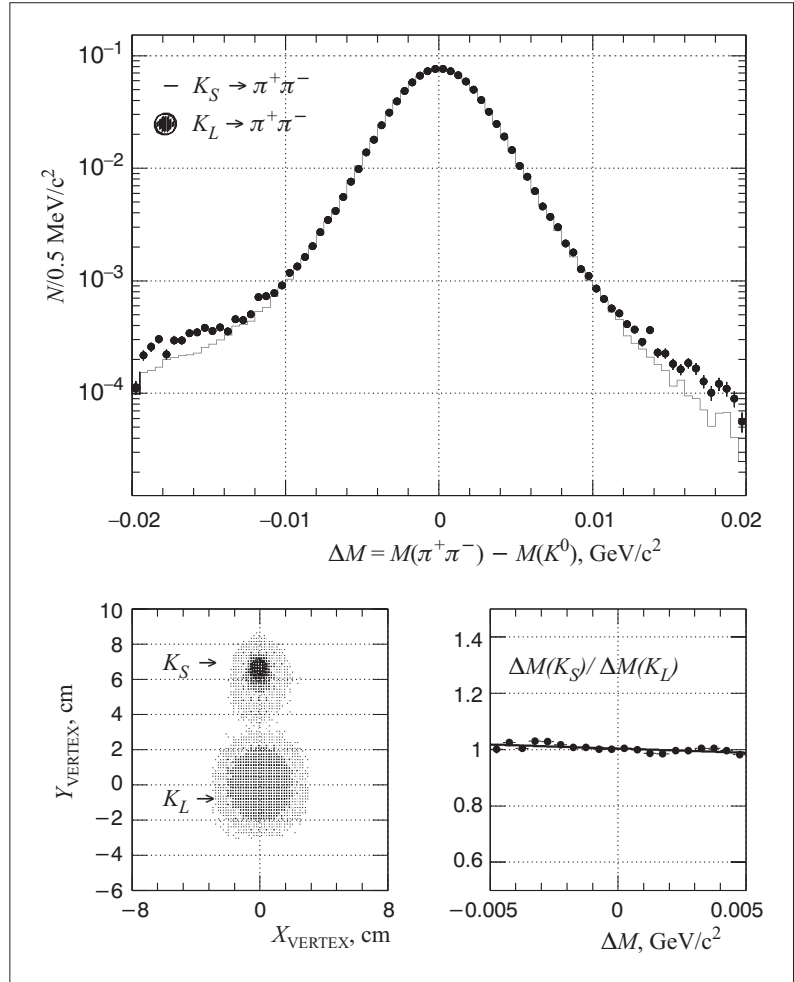


Рис.4. Сравнение инвариантных масс  $\pi^+\pi^-$  от распадов  $K_S^0$ - и  $K_L^0$ -мезонов

Показано, что нарушение правила сумм Эллиса–Джаффе для спинзависимой структурной функции протона подтверждается новыми данными на уровне, превышающем  $2\sigma$ . По данным SMC для спинзависимой структурной функции дейтрона эффект нарушения оказывается даже больше и достигает  $3,7\sigma$ . Из фитирования данных по разности  $g_1^p(x, Q^2) - g_1^n(x, Q^2)$  была также определена функция распределения несинглетных партонов (см. рис.3).

Завершено создание детектора **NA48** для измерения отношения  $\epsilon'/\epsilon$ , характеризующего  $CP$ -нарушающие вклады в распадах  $K^0$ -мезонов на  $\pi^+\pi^-$  и  $\pi^0\pi^0$ . Ожидаемая точность измерения  $2,1 \cdot 10^{-4}$  в несколько раз превысит точность, достигнутую к настоящему времени, что должно обеспечить проверку существования прямого  $CP$ -нарушения. В ходе проведенного в 1998 г. сеанса измерений с участием дубненской группы было набрано около  $2,2 \cdot 10^6$  распадов  $K_L^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ . На рис.4 показано разделение распадов  $K_S^0$ - и  $K_L^0$ -мезонов по инвариантным массам  $\pi^+\pi^-$ . Группа ОИЯИ внесла значительный вклад в развитие системы контроля эксперимента: мониторинг триггера в режиме on-line, мониторинг

триггера третьего уровня, мониторинг различных детекторов. В результате эта система стала эффективнее; она доступна через сеть Internet, что позволяет всем участникам эксперимента, включая ОИЯИ, осуществлять контроль в режиме реального времени. Создана компьютерная инфраструктура ЛСВЭ, позволяющая физикам ОИЯИ участвовать в анализе данных, находясь в Дубне.

Группа ОИЯИ внесла значительный вклад в анализ данных, записанных в 1997 г. Этот вклад был высоко оценен коллаборацией: результаты дубненской группы были включены в доклад коллаборации на XXIX Международной конференции по физике высоких энергий (Ванкувер, Канада). Группа ОИЯИ стимулировала изучение поляризаций  $\Lambda$ -гиперонов и внесла значительный вклад в получение результатов, представленных на международной конференции в Генуе (Италия). Группа ОИЯИ также инициировала и провела специальный сеанс по поиску наблюдаемых эффектов отклонения от  $V-A$ -теории в  $K_{e3}$ -распадах. Изучены редкие распады  $K_L \rightarrow \mu\mu\gamma$  и  $K_L \rightarrow \pi\mu\nu\gamma$  [6]. Полученное значение отношения  $\Gamma(\mu\mu\gamma)/\Gamma(\text{total}) = 3,4 \pm 0,6 \pm 0,4$  включено в компиляцию данных по физике частиц группы «Particle Data» [7].

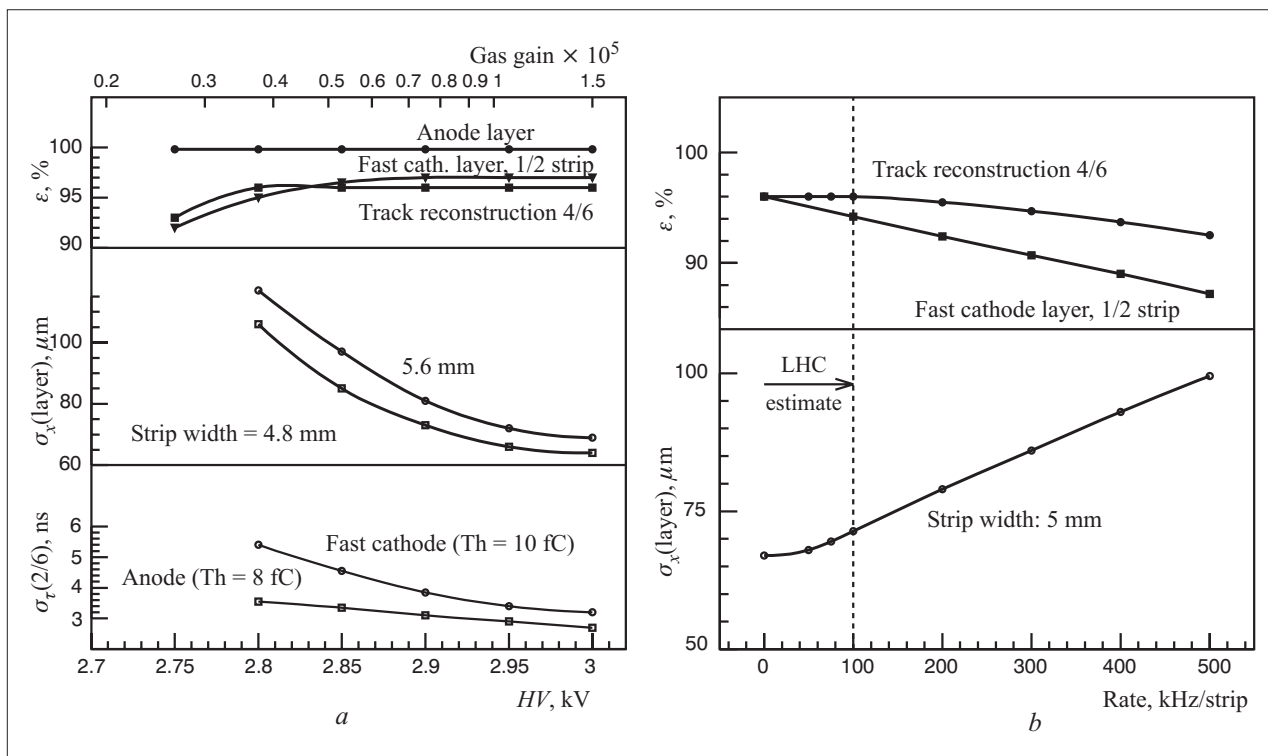


Рис.5. Характеристики работы станции вперед летящих мюонов ME1/1 CMS (а) и ее пропускная способность (б)

В соответствии с обязательствами ОИЯИ по созданию установки ATLAS, ЛСВЭ участвует в создании жидкоаргонного адронного калориметра и связанных с ним подсистем. Завершены и доставлены в ЦЕРН полномасштабный прототип и модуль «0» передней части адронного калориметра. После сборки и проверки в теплых условиях в Дубне модуль был помещен в жидкоаргонный криостат для дальнейших исследований в ЦЕРН. Свойства модуля как детектора элементарных частиц исследовались в пучках пионов, электронов и мюонов [8]. Предварительные результаты анализа экспериментальных данных показали, что характеристики детектора удовлетворительно согласуются с характеристиками, ожидавшимися на основе моделирования установки.

Физиками ЛСВЭ разработан новый подход к восстановлению струй в жидкоаргонном калориметре [9]. При восстановлении двухструйных процессов эффективность этого алгоритма превышает 80 %. В рамках подготовки программы исследований по физике топ-кварков на установке ATLAS группа ОИЯИ исследовала образование пар  $t\bar{t}$  и одиночное рождение  $t$ -кварка. Проведено полное моделирование этих процессов в детекторе ATLAS с детальным изучением их топологии.

Специалисты ЛСВЭ участвуют также в создании детектора переходного излучения, который является частью внутреннего трекера установки ATLAS. Его

концепция совмещает в себе как трекер заряженных частиц на основе straw-камер, так и детектор переходного излучения для идентификации электронов. Для детального изучения параметров работы straw-камер были созданы и исследованы различные виды прототипов небольшого размера, некоторые из которых были использованы на тестовом пучке. Исследования на тестовом пучке показали, что прототипы обеспечивают надежную идентификацию электронов и хорошую точность измерения их треков.

ОИЯИ участвует в проекте CMS в рамках группы RDMS (Russia and Dubna Member States) коллаборации CMS. Усилия этой группы сконцентрированы прежде всего на разработке торцевых детекторов. ОИЯИ несет полную ответственность за первую станцию вперед летящих мюонов ME1/1 [10]. Главная задача — оптимизация геометрии стриповых камер с катодным считыванием (СККС), пригодных для массового производства.

В Дубне был разработан и изготовлен первый прототип Р4 станции ME1/1 с оптимизированной геометрией. Этот прототип, оснащенный новой электроникой, быстрым катодным триггером и анодным считыванием, был испытан на пучке H2 в ЦЕРН в сильном магнитном поле и с различными газовыми смесями. На рис.5,а показаны параметры, характеризующие работу СККС для ME1/1. СККС может рабо-

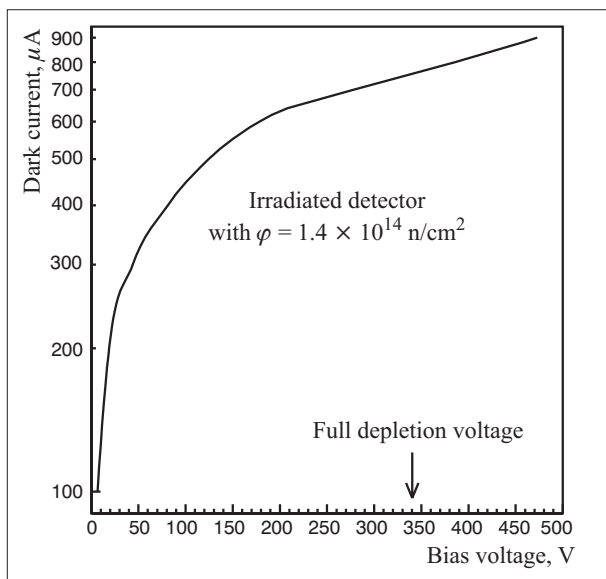


Рис.6. Типичная вольт-амперная кривая для детектора при облучении

тать при низком газовом усилении  $(5 \div 7) \cdot 10^4$ , что является необходимым условием для предотвращения старения. При этом камера обеспечивает достаточные эффективность реконструкции трека и пространственное разрешение. Рис.5,б показывает, что при ожидаемом для LHC уровне фоновой загрузки до 100 кГц/стрип параметры СККС ухудшаются незначительно.

ОИЯИ координирует деятельность RDMS коллаборации CMS по разработке и созданию торцевого адронного калориметра и его поглотителя. Основным результатом в 1998 г. явилось изготовление технологического прототипа калориметра. Было изучено влияние нулевого слоя на энергетическое разрешение составной системы (адронный + электромагнитный калориметры). На пучке H2 была исследована работа адронного калориметра вместе с электромагнитным калориметром и без него. Совместно со специалистами из Зеленограда и ЦЕРН разработана новая топология силиконового детектора для предливневого детектора CMS. Результаты испытаний прототипов подтвердили, что параметры работы торцевого адронного калориметра удовлетворяют требованиям CMS. Радиационные испытания полномасштабного детектора с новой топологией проведены в облучениях протонами и быстрыми нейтронами. На рис.6 показана типичная вольт-амперная кривая для детекторов после облучения нейтронами с потоком  $1,4 \cdot 10^{14}$  нейтронов/см<sup>2</sup>. Был изготовлен и исследован в ЦЕРН прототип предливневого детектора с новой электроникой считывания.

Исследована возможность использования КХД и электрослабых процессов  $pp \rightarrow \text{jet} + Z (\rightarrow \mu^+ \mu^-)$  и  $pp \rightarrow \text{jet} + \gamma$  для калибровки адронного калориметра в процессе набора данных. Найдены критерии отбора для подавления основного источника дисбаланса поперечного импульса струи и прямого фотона (или Z-бозона), а именно процессов с большим вкладом излучения глюонов в начальном состоянии. Показано, что калибровку адронного калориметра можно выполнить в основном уже в течение первого года работы установки CMS при низкой светимости. Участники от ОИЯИ внесли вклад в развитие физической программы исследований по тяжелым ионам на CMS [11]. Проведены моделирования распределений глобальных энергетических потоков с целью изучения возможности их использования для наблюдения эффекта уширения струй в сталкивающейся ядерной материи. Для столкновений тяжелых ионов предложены условия триггера и исследована перегрузка калориметров CMS.

Установка **COMPASS (NA58)**, включенная в проблемно-тематический план ОИЯИ в 1998 г., была предложена для проведения серии экспериментов на пучках мюонов и адронов высоких энергий. Главные обязательства ОИЯИ по созданию аппаратуры для этого эксперимента включают в себя адронный калориметр HCAL1, состоящий из 500 модулей общей площадью  $3 \times 4$  м, а также straw-трекер и детектор RICH. Почти половина всех модулей HCAL1 уже доставлена из ОИЯИ в ЦЕРН. Мюнхенский университет и ОИЯИ разработали прототип straw-камер, в основу конструкции которых была положена технология, предложенная для внутреннего детектора установки ATLAS.

Важный вклад в эксперимент COMPASS ожидается от физиков ЛСВЭ, имеющих широкий опыт в изучении глубоконеупругого рассеяния мюонов на неполяризованных и поляризованных мишенях в экспериментах BCDMS, SMC и HERMES, уже внесших существенный вклад в современное понимание кварковой структуры нуклонов. В частности, физики ЛСВЭ подготовили программное обеспечение для изучения глюонного состава нуклона, который впервые будет измерен в эксперименте COMPASS, а также для анализа спинзависимых структурных функций  $g_1(x, Q^2)$  и  $g_2(x, Q^2)$ , которые будут измерены на установке COMPASS с высокой точностью при наибольших достижимых  $Q^2$ . Развиваются также КХД-подходы к определению  $g_1(x, Q^2)$  и программное обеспечение для измерений поляризации  $\Lambda$ -гиперонов, рожденных в глубоконеупругом рассеянии. Кроме того, ЛСВЭ участвует в разработке программ для распознавания образов, реконструкции и моделирования RICH и других детекторов и процессов.

## СОТРУДНИЧЕСТВО С DESY

Дубненская группа, участвующая в наборе данных в эксперименте **HERMES**, несет ответственность за создание и эксплуатацию дрейфовых камер вершинного детектора. Участие дубненской группы в обработке данных этого эксперимента включает в себя инклюзивный анализ (извлечение спиновых структурных функций протона из асимметрии с помощью нового метода — разделения сечений) и специальное Монте-Карло моделирование детектора **RICH**. В глубоконеупругом рассеянии продольно-поляризованных позитронов с энергией 27,6 ГэВ на продольно-поляризованной водородной газовой мишени измерена спиновая структурная функция протона  $g_1^p(x, Q^2)$  [12]. Измерения проведены в кинематической области  $0,021 < x < 0,85$  и  $0,8 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 20 \text{ ГэВ}^2$ . Данные эксперимента

**HERMES** в сравнении с данными других коллабораций приведены на рис.7.

Впервые из полуинклюзивного глубоконеупругого рассеяния определена ароматическая асимметрия моря легких кварков в нуклоне в кинематической области  $0,02 < x < 0,3$  и  $1 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 10 \text{ ГэВ}^2$  [13]. Величина  $(\bar{d}(x) - \bar{u}(x)) / (u(x) - d(x))$  извлекалась с помощью соотношения между выходом положительных и отрицательных пионов из неполяризованных водородной и дейтронной мишеней. Обнаруженная ненулевая ароматическая асимметрия  $\bar{d} - \bar{u}$  зависит от  $x$  и указывает на превышение  $\bar{d}$ -кварков над  $\bar{u}$ -кварками в протоне (см. рис.8).

Разность сечений поглощения виртуальных фотонов ( $\sigma_{1/2} - \sigma_{3/2}$ ) для протона и нейтрона была определена из измерений асимметрий поляризованных се-

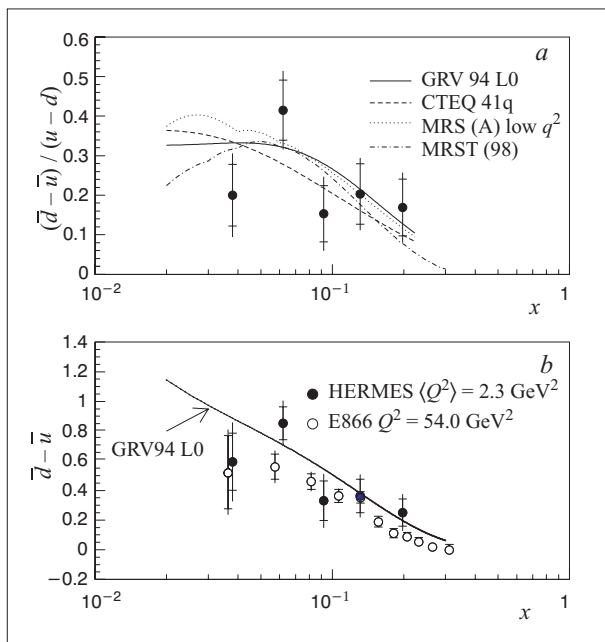
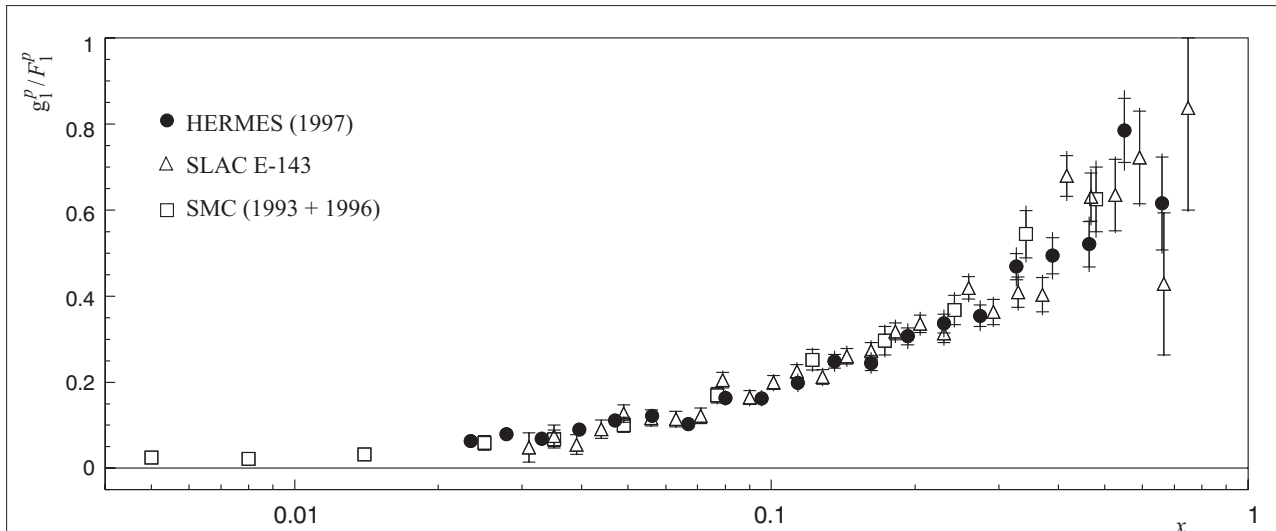


Рис.7. Сравнение данных эксперимента **HERMES** с последними результатами по  $g_1^p / F_1^p$ , полученными в **SLAC** (E-143) и **ЦЕРН** (SMC) для  $Q^2 > 1 \text{ ГэВ}^2$

Рис.8. Ароматические асимметрии в зависимости от  $x$ . Показаны теоретические параметризации, вычисленные для соответствующего  $Q^2$  в каждом бине по  $x$ ; представлены также результаты эксперимента E-866 (o)

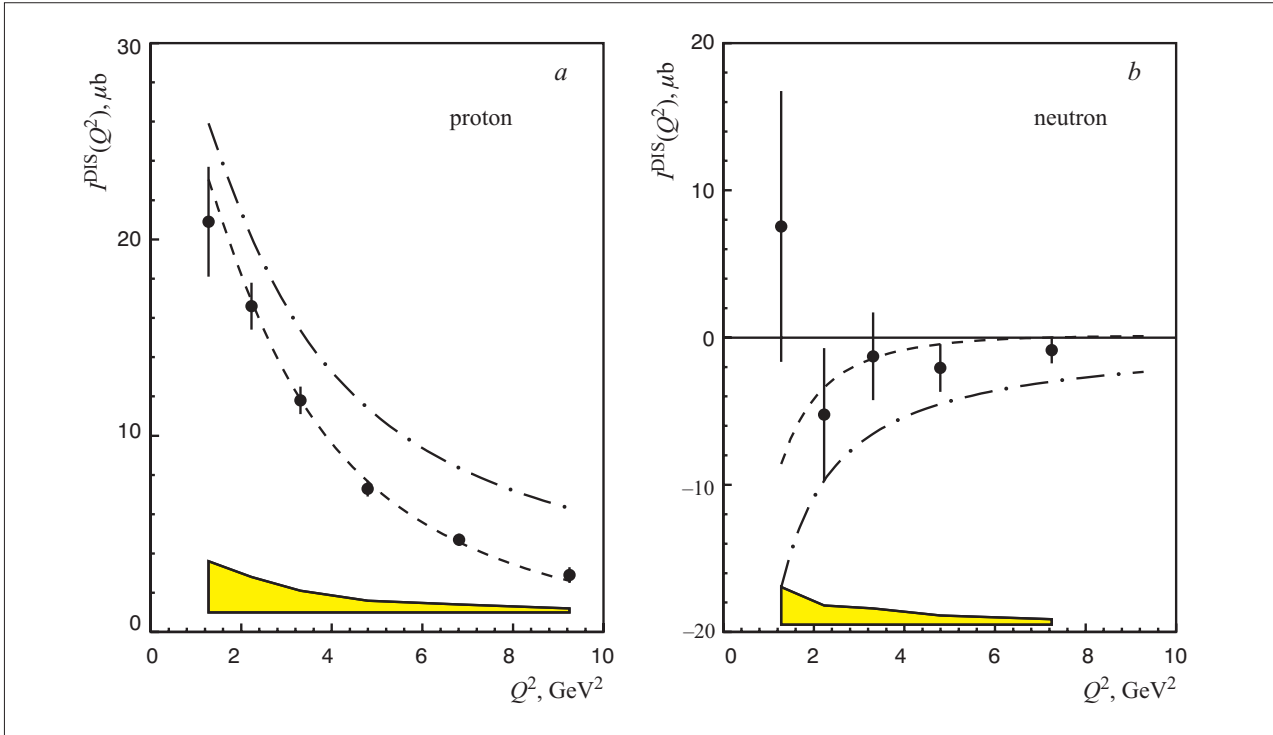


Рис.9. Обобщенный интеграл Герасимова–Дрелла–Херна как функция от  $Q^2$  в области глубоконеупругого рассеяния. Точки измерены по данным HERMES в области  $v_0 \leq v \leq 23,5$  ГэВ для протона (а) и нейтрона (б). Экспериментальные точки приведены со статистическими ошибками, в то время как полосы представляют систематические неопределенности

чений глубоконеупругого рассеяния продольно-поляризованных позитронов с энергией 27,5 ГэВ на поляризованных внутренних газовых  $^1\text{H}$ - и  $^3\text{He}$ -мишенях. Набраны данные в кинематической области над нуклонными резонансами ( $v < 23,5$  ГэВ и  $0,8 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 12 \text{ ГэВ}^2$ ). В случае протона было обнаружено, что вклад в обобщенный интеграл Герасимова–Дрелла–Херна оказывается значительным и должен быть учтен для корректного определения полного интеграла [14]. Более того, эти данные совместимы с результатами фитирования предыдущих данных по глубоконеупругому рассеянию в высших порядках КХД, следующих за лидирующим порядком. Это означает, что эффекты высших твистовых поправок несущественны (см. рис.9 и 10).

В соответствии с обязательствами ОИЯИ ЛСВЭ участвует в создании внешнего трекера детектора **HERA-B**, создаваемого для поиска  $CP$ -нарушения в эксклюзивных  $B$ -распадах, прежде всего в канале  $B^0 \rightarrow J/\Psi K_S^0$ . Внешний трекер состоит из модулей дрейфовых камер большой площади с размерами ячеек 5 и 10 мм, длиной от 1 до 4 м. Возможны две технологии изготовления таких модулей: дрейфовые камеры сотового типа из трубок с ячейками гексагональной формы и дрейфовые камеры на основе straw-трубок. ЛСВЭ участвует в производстве модулей сотового типа, изготавливаемых из углеродистого пока-

лона, а также в разработке и исследовании straw-камер.

Создана специальная линия для массового производства сотовых дрейфовых камер из материалов и комплектующих деталей, поставляемых Германией. Линия состоит из шести рабочих мест, и ее производительность составляет 6 модулей в неделю. Созданы специальные установки для комплексных испытаний изготовленных камер:

- стенд с радиоактивным источником  $^{106}\text{Ru}$  [15] для контроля работоспособности камер;
- стенд для испытания в космических лучах [16] для измерения трековой эффективности, дрейфовой зависимости  $r(t)$  и пространственного разрешения камер.

Дрейфовые камеры на основе straw-трубок круглого сечения являются альтернативной технологией создания внешнего трекера [17]. Изготовлены прототипы модулей из трубок РС и МС1, длиной 1 и 3 м. Оба модуля были испытаны в Дубне с помощью радиоактивного источника и на тестовом электронном пучке DESY. Они показали стабильную работу с низким уровнем шумов, пренебрежимо малым темновым током и высокой эффективностью. Параллельно с изготовлением прототипов модулей были развернуты работы по созданию устройств для изготовления самих трубок. Изготовлено 5 устройств, которые могут обеспечить производство 200 км трубок в год.

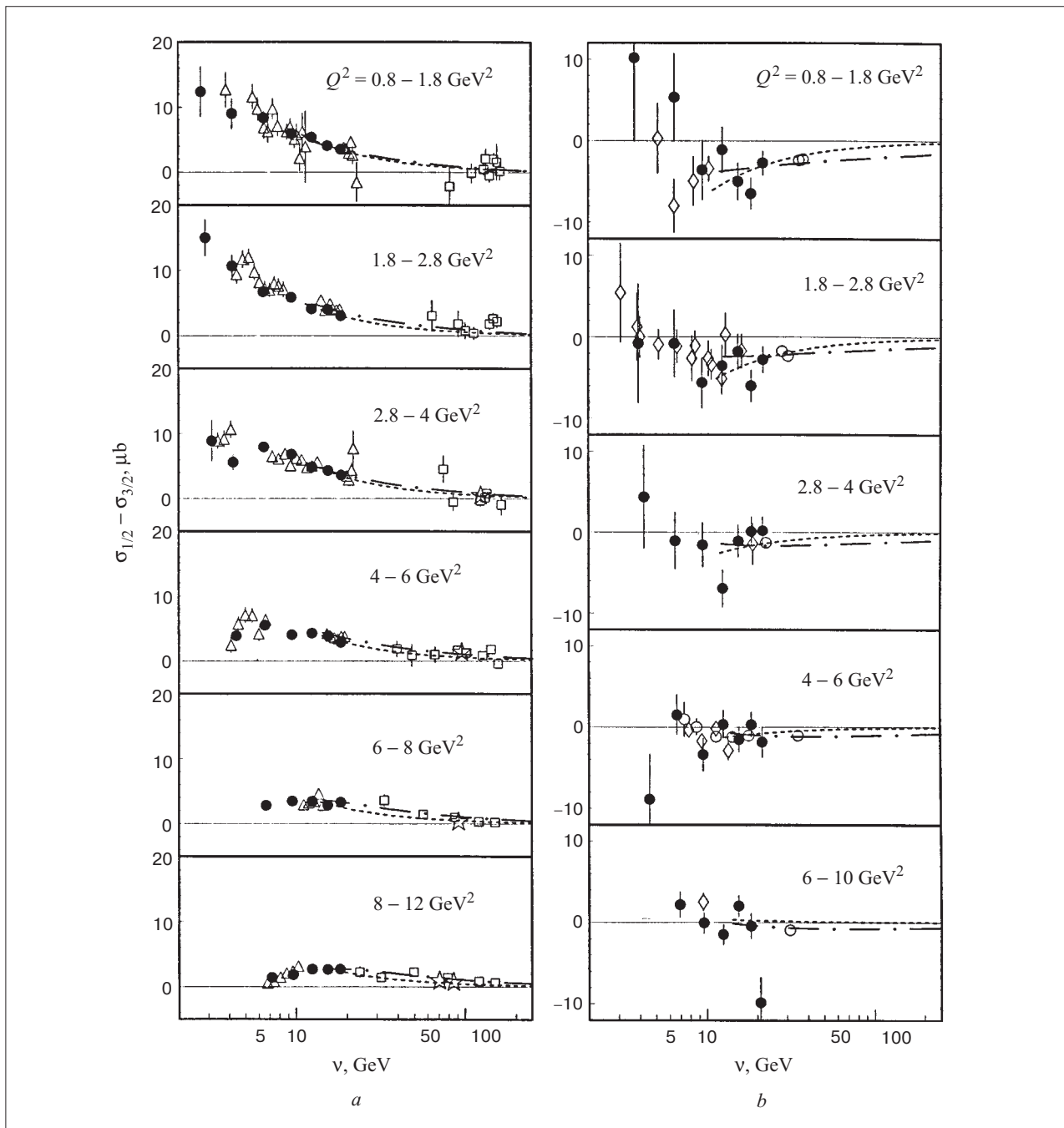


Рис.10. Разности сечений как функции от  $v$ , измеренные в различных бинах по  $Q^2$  для протона (а) и нейтрона (б): ● — данные эксперимента HERMES; значения, извлеченные из данных других экспериментов: ☆ — для EMC,  $\Delta$  — для E-154. Показаны только статистические неопределенности. Штриховые кривые — реджевский  $v^{-1}$ -фит данных HERMES с  $W > 4,5$  ГэВ. Штрихпунктирные кривые показывают параметризацию КХД в следующем за лидирующим порядке

Физики ЛСВЭ также участвуют в развитии программного обеспечения для моделирования и обработки данных в экспериментах на установке HERA-B, прежде всего в описании геометрии, моделировании, дигитизации и реконструкции внешнего трекера. Проведено детальное исследование реконструкции мюонных треков от распадов  $J/\Psi$  для раз-

личных сценариев неполной конфигурации внешнего трекера в случае полной геометрии мюонного детектора [18]. Показано, что даже при неполной геометрии внешнего трекера эффективность реконструкции мюонов по сегментам трека во внешнем трекере и мюонном детекторе составляет величину не менее 85 %.



ЛСВЭ участвует в модернизации детекторов для эксперимента **H1** по изучению глубокоэластичного рассеяния электронов на протонах, прежде всего спектрометра вперед летящих протонов (СВЛП) и PLUG-калориметра. Модернизация СВЛП включает в себя разработку, производство и проверку позиционно-чувствительных фотоумножителей, используемых в новых станциях горизонтальных детекторов в качестве устройств считывания для сцинтилляционного волоконного годоскопа. ЛСВЭ внесла следующий вклад в PLUG-калориметр вперед летящих адронов:

- разработка и проверка прототипа PLUG-калориметра (сэндвич медь–сцинтиллятор) на электронном и  $\pi$ -мезонном пучках серпуховского ускорителя;
- выбор схемы считывания PLUG-калориметра и ее проверка на позитронном пучке синхротрона DESY;
- производство и проверка многоканальных фотоумножителей, устойчивых в магнитном поле, которые используются в качестве устройств считывания в сцинтилляционных слоях PLUG-калориметра.

## ДРУГИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

ЛСВЭ участвует в разработке и изготовлении торцевого электромагнитного калориметра (ТЭМК) для  $4\pi$ -детектора STAR на коллайдере RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории. В эксперименте на этом детекторе физики ОИЯИ будут участвовать в исследованиях различных асимметрий в поляризованных  $pp$ - и  $pA$ -столкновениях при энергиях  $S = 50 \div 600$  ГэВ на нуклон. Прочностные характеристики разработанной конструкции ТЭМК были изучены методами аналитического расчета, который показал, что конструкция обладает достаточно высоким запасом прочности с точки зрения статических и кратковременных динамических нагрузок. Детальный расчет и анализ напряжений в свинцовых пластинах пассивной зоны калориметра убедительно показал, что процессы «медленной» деформации типа ползучести не нарушат стабильную и безопасную эксплуатацию разработанной конструкции ТЭМК по крайней мере в течение первых 10 лет.

Для контроля за постоянством рабочих характеристик ТЭМК, в частности его калибровочных параметров, создана специальная лазерная оптическая система. Разработана на основе моделирования Монте-Карло и испытана в лабораторных условиях на стенде специальная процедура контроля характеристик калориметра, позволяющая восстанавливать его калибровочные характеристики с точностью в несколько процентов. Создан специальный стенд для контроля размера и формы пластин.

Наиболее важный вклад в развитие будущей физической программы на детекторе STAR был внесен в области спиновой физики, являющейся в ЛСВЭ одним из традиционных направлений исследований. Физики ЛСВЭ показали, что в условиях работы де-

тектора STAR возникают совершенно новые возможности для измерения поляризации частиц, рождаемых в многочастичных процессах. Для этих задач проведено моделирование конкретных реакций, возникающих в  $pp$ -взаимодействиях при энергии 200 ГэВ.

Специалисты ЛСВЭ также участвуют в разработке низкофонового нейтринного детектора высокой радионуклидной чистоты, **BOREXINO**, расположенного в подземной лаборатории в Гран-Сассо (Италия). Для проведения необходимых тестов изготовлен прототип установки для эксперимента BOREXINO. Физики ЛСВЭ выполнили следующие работы:

- выбор типа ФЭУ на основе измерения квантовой эффективности фотокатода, разброса времени одноэлектронного сигнала, амплитудно-временных характеристик импульсов и чувствительности к одноэлектронному сигналу;
- проверка на радиоактивность элементов ФЭУ с помощью нейтронно-активационного анализа;
- разработка и реализация долговременного уплотнения ФЭУ для работы в деминерализованной воде;
- расчет, разработка и создание системы защиты ФЭУ прототипа установки от магнитного поля Земли;
- разработка системы вакуумной дистилляции жидкого сцинтиллятора;
- разработка методов удаления радиоактивных загрязнений, зависящих от физической и химической формы радионуклидных примесей: экстракция водой, вакуумная дистилляция, ионно-объемная очистка, диффузия и микрофльтрация пыли и бактерий.

## УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В соответствии с соглашением 1997 г. о сотрудничестве между ОИЯИ и ЦЕРН по проекту ЛНС ОИЯИ обеспечивает электростатические кикеры и усилители для систем подавления поперечных колебаний пучка на ЛНС. В настоящее время на основе расчетов и экспериментальных исследований, проведенных сотрудниками ЛСВЭ, составлено физическое обоснование системы и принята основная концепция ее реализации. На этой базе подготовлена техническая спецификация прототипа кикера и усилителя, проведены исследования моделей усилителя в масштабе мощности 1:10. Разработана конструкция прототипа кикера. Проводятся технологические эксперименты по отдельным узлам прототипа кикера. Создан и оборудован полномасштабный стенд для исследования и наладки усилителей прототипа. Проведены испытания высоковольтного источника (12 кВ/6 А) на номинальную нагрузку. Собран и проходит испытания прототип усилителя на лучевом тетраде RS2048 в классическом варианте схемы.

В рамках проекта TESLA ЛСВЭ участвует в разработке вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) лазера на свободных электронах (ЛСЭ), а также в разработке и производстве банч-компрессора для тестового оборудования испытательного комплекса TESLA в DESY. Выработаны концептуальные проекты как для ЛСЭ рентгеновского диапазона, так и для области вторичного взаимодействия в  $\gamma$ - $\gamma$ - и  $\gamma$ - $e$ -столкновениях на линейном коллайдере [19]. С помощью времязависящего подхода исследованы параметры ВУФ ЛСЭ на испытательном комплексе TESLA. Исследованы схемы ЛСЭ, обеспечивающие полную когерентность излучений ВУФ ЛСЭ и ЛСЭ рентгеновского диапазона.

Продолжались работы по развитию ЛСЭ миллиметрового диапазона для линейного коллайдера [20]. Достигнута рекордно высокая эффективность ЛСЭ-генератора — 26 %. При оптимизации спектральных характеристик такого генератора удалось

реализовать режим одномодовой генерации с шириной полосы около 0,25 %. Эти результаты позволили сделать вывод о пригодности данного ЛСЭ-генератора для запитки высокоградиентных ускоряющих структур коллайдеров, например ускоряющей структуры CLIC.

Большой объем работ выполнен по **источникам многозарядных ионов** для адронных ускорителей ОИЯИ и ЦЕРН [21]. Завершено создание камеры, предназначенной для изучения методов создания интенсивных потоков частиц при воздействии лазерного излучения на твердотельные мишени. Изучены потоки нейтральных и заряженных частиц, входящих в состав абляционной лазерной плазмы. Отработана новая методика определения концентрации нейтронов при помощи зондирования ионным пучком. Ведутся работы по изучению влияния внешней инжекции потоков на характеристики плазмы, создаваемой при разряде в магнитном поле пробочной конфигурации.

Создана библиотека компьютерных программ для расчета и оптимизации транспортировки пучков многозарядных ионов на основе метода полных моментов функции распределения. Проведена оптимизация «теплой» линии транспортировки пучка. Максимальное значение проведенного тока ионного пучка составляет 40÷50 мА. Предложен новый вариант линии транспортировки пучка, основанный на сверхпроводящих соленоидах, позволяющий повысить проведенный ионный ток до 100 мА и более. Дальнейшее развитие получили теоретические модели и математические методы моделирования накопления и получения многозарядных ионов в ECR-источниках, в частности, в режиме ионных и газовых смесей. Совместно с KVI (Гронинген, Голландия), RIKEN (Япония) и INFN-LNS (Италия) проведено численное моделирование и интерпретация экспериментальных результатов на ECR-источниках ионов. Это позволило впервые оценить параметры электронной компоненты ECR-плазмы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алеев А.Н. и др. — Препринт ОИЯИ P13-98-286, Дубна, 1998.
2. Particle Data Group. — *Europ. Phys. J.*, 1998, v.3C, p.730–733.
3. Anikeev V. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1998, No.1 [87]-98, p.13.
4. Adeva B. et al. — *CERN-EP/98-85*, 1998.
5. Adeva B. et al. — *CERN-EP/98-86*, 1998.
6. Adloff C. et al. — *Europ. Phys. J.*, 1998, v.5C, p.439.
7. Particle Data Group. — *Europ. Phys. J.*, 1998, v.3C, p.461.
8. Cheplakov A. et al. — *ATLAS Int. Note, LARG-NO-097*, 23.04.98.
9. Kiryunin A., et al. — *ATLAS, HEC Note-047*, 08.04.98.

10. Bayatian G. et al. — CERN/LHCC 97-32 15, December 1997;  
Palchik V. et al. — CERN Note CMS CR-1998/015, 1998.
11. Savina M. et al. — JINR Rapid Communications, 1998, No.1 [87]-98, p.45;  
Krasnov V. et al. — JINR Rapid Communications, 1998, No.1 [87]-98, p.39.
12. Airapetian A. et al. — Preprint DESY 98-072, Hamburg, 1998.
13. Ackerstaff K. et al. — Preprint DESY 98-078, Hamburg, 1998.
14. Ackerstaff K. et al. — Preprint DESY 98-122, Hamburg, 1998.
15. Bel'kov A. et al. — HERA-B Note 98-075, OTR 98-019, Hamburg, 1998.
16. Bel'kov A. et al. — HERA-B Note 98-076, OTR 98-020, Hamburg, 1998; JINR Rapid Communications, 1998, No.4[90]-98, p.15.
17. Bel'kov A. et al. — HERA-B Note 98-077, OTR 98-021, Hamburg, 1998.
18. Bel'kov A., Lanyov A., Moshkin A. — HERA-B Note 98-065, Software 98-010, Hamburg, 1998.
19. Brinkmann R. et al. — Nucl. Instr. and Methods, 1998, v.A406, p.13.
20. Ginzburg N.S. et al. — IEEE Trans. Plasma Sci., 1998, v.26, No.3, p.536;  
Ginzburg N.S. et al. — IEEE Trans. Plasma Sci., 1998, v.26, No.3, p.541.
21. Shirkov G., Nakagawa T. — Preprint RIKEN-AF-AC-4, 1997; Rev. Sci. Instrum., 1998, v.69, No.2, p.1141;  
Mironov V. et al. — Rev. Sci. Instrum., 1998, v.69, No.2, p.1129;  
Alexandrov V. et al. — JINR Preprint E9-98-148, Dubna, 1998.

# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

## ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Среди ряда важных результатов, полученных в 1998 г. коллаборацией **DELPHI**, следует особо отметить то, что были найдены ограничения на массу бозона Хиггса:  $M_H = 76_{-47}^{+85}$  ГэВ [1], при этом были использованы все чувствительные к электрослабым взаимодействиям наблюдаемые, в том числе и прямые измерения массы топ-кварка. Тем не менее все эти наблюдаемые позволяют получить только косвенные ограничения на массу бозона Хиггса, поэтому не теряет своего значения прямой поиск и попытки регистрации хиггсовского бозона, предсказываемого в стандартной модели электрослабого взаимодействия. Предварительный анализ результатов прямого поиска такой частицы коллаборации DELPHI при энергии LEP 189 ГэВ позволил установить нижнюю границу для ее массы  $M_H > 94,1$  ГэВ [2].

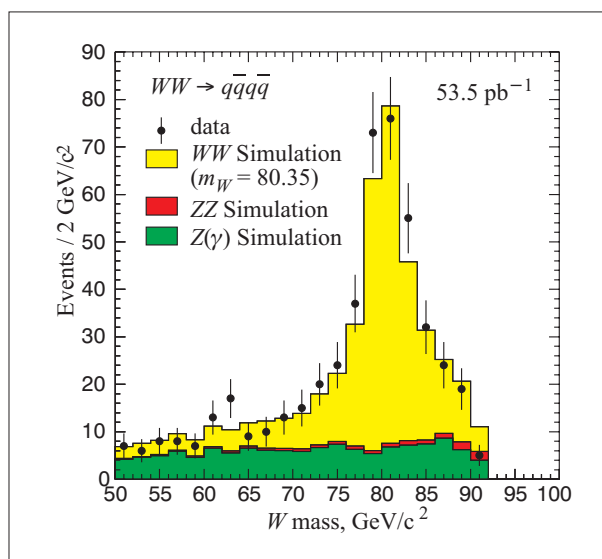
Одной из главных целей коллайдера LEP2 было создание оптимальных условий для прецизионного, с точностью  $\sim 40$  МэВ, измерения массы  $W$ -бозона. Для решения этой задачи необходимо анализировать все кинематически разрешенные каналы распада  $W$ -бозона. Измеренное коллаборацией DELPHI в распаде  $WW \rightarrow q\bar{q}q\bar{q}$  распределение масс этого бозона показано на рис.1 [3]. Этот канал распада статистически наиболее обеспечен, однако реконструкция массы  $W$ -бозона, по-видимому, сопряжена с трудностями, возникающими из-за взаимодействий в конечном состоянии адронов от разных  $W$ -бозонов, — так называемых бозе-эйнштейнских корреляций. Вообще говоря, этот эффект вполне может иметь большое значение, поскольку характерное расстояние между  $W^+$  и  $W^-$  в  $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ -событиях при энергиях LEP2 мало,  $\sim 0,1$  фм.

Рис.1. Распределение масс  $W$ -бозонов в реакции  $WW \rightarrow q\bar{q}q\bar{q}$

На достигнутом уровне статистики, однако, не удалось обнаружить эти корреляции для одинаково заряженных частиц, образованных от разных  $W$ -бозонов как при энергии 172 ГэВ, так и при 183 ГэВ [4].

Главный интерес к  $\gamma\gamma$ -физике заключается в стремлении понять поведение структурных функций фотона в широком интервале кинематических переменных  $Q^2$  и  $x$ . Такого сорта исследование позволит измерить распределения партонов в фотоне, которые необходимо определять экспериментально для того, чтобы использовать их в качестве начальных условий в рамках КХД-теории возмущений, а также в мягких непертурбативных взаимодействиях.

Структурные функции фотона,  $F_2^\gamma(x, Q^2)$  и  $F_L(x, Q^2)$ , измеряют в реакции  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma^* \rightarrow e^+e^-X$ , где  $X$  — система из большого числа адронов, при этом один из рассеянных лептонов регистри-



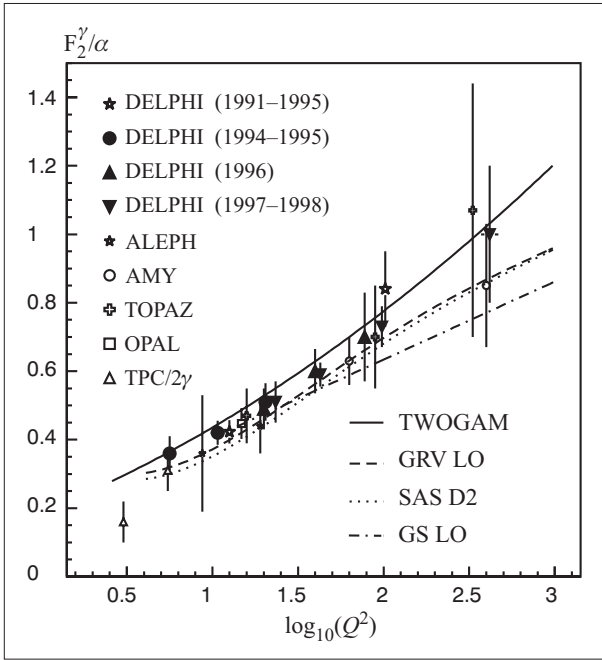


Рис.2. Структурная функция фотона  $F_2^\gamma$  при  $0,3 < x < 0,8$

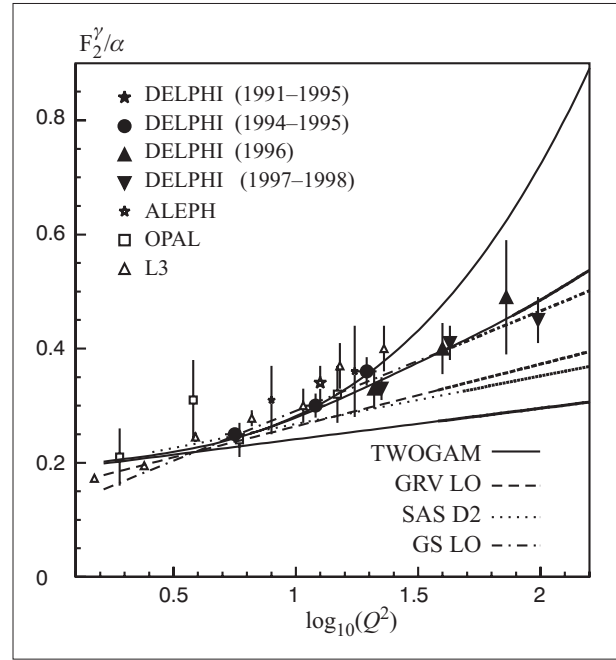


Рис.3. Структурная функция фотона  $F_2^\gamma$  при  $0,01 < x < 0,1$

руется под большим углом к плоскости реакции. В настоящее время основная задача состоит в продвижении исследования этих структурных функций в более широкую область  $Q^2$  на основе данных LEP2. Полученные недавно коллаборацией DELPHI результаты для  $F_2^\gamma(x, Q^2)$  [5] показаны на рис.2, 3.

В сентябре 1998 г. закончился набор данных на установке **NOMAD** (SPS, ЦЕРН), созданной с целью поиска осцилляций  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  и  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ .

В течение четырех лет (1995–1998 гг.) было зарегистрировано около 1,2 млн  $\nu_\mu N$ -взаимодействий по каналу заряженного тока.

На основе анализа  $\sim 70\%$  этих данных установлены новые ограничения на параметры осцилляций:  $\sin^2 2\theta_{\mu\tau} < 1,2 \cdot 10^{-3}$  при 90% C.L. в области больших  $\Delta m^2$  ( $\Delta m^2 > 1000 \text{ эВ}^2$ ) [6].

Область значений  $\Delta m^2$  и  $\sin^2 2\theta_{\mu\tau}$ , в которой осцилляции не обнаружены экспериментально (по данным NOMAD), расположена справа и выше от кривой на рис.4. Видно, что наиболее строгий предел, установленный ранее в эксперименте E531 во FNAL ( $\sin^2 2\theta_{\mu\tau} < 5 \cdot 10^{-3}$ ), улучшен экспериментом NOMAD более чем в 4 раза.

В исследовании  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ -осцилляций завершены обработка и анализ  $\sim 2700 \nu_e N$ -взаимодействий по каналу заряженного тока (данные 1995–1996 гг.).

Установлен новый верхний предел на амплитуду  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ -осцилляций:  $\sin^2 2\theta_{\mu e} < 1,3 \cdot 10^{-3}$  (90% C.L.) в области  $\Delta m^2 > 15 \text{ эВ}^2$ . В настоящее время это лучший

в мире результат для  $\sin^2 2\theta_{\mu e}$  [7]. Исключенные для осцилляций значения  $\Delta m^2$  и  $\sin^2 2\theta_{\mu e}$  (по данным разных экспериментов) расположены справа и выше от кривых, приведенных на рис.5. Сплошной штриховкой выделена область, которая известна с 1996 г. как область наблюдения осцилляций  $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$  и  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  в эксперименте LSND. Как видно из рис.5, результаты NOMAD полностью перекрывают область LSND при  $\Delta m^2 > 15 \text{ эВ}^2$  и, следовательно, опровергают в этой области результаты эксперимента LSND.

В Ядерном центре Карлова университета (Прага) на экспериментальной установке, созданной в свое время чешскими и дубненскими специалистами для исследования взаимодействий поляризованных нейтронов с поляризованными протонами при энергии 16 МэВ (проект «**NN-рассеяние**»), завершается коренная реконструкция. Ее цель — переход к экспериментам на поляризованных дейтронах. В 1998 г. создана универсальная система измерения поляризации мишени, завершены работы по созданию новой DAQ-системы, полностью обработаны и опубликованы данные по проведенным экспериментам с использованием протонного варианта поляризованной мишени [8].

Проект **DIRAC** нацелен на измерение времени жизни  $\pi^+ \pi^-$ -атомов с точностью 10%, что позволит проверить модельно-независимым образом киральную теорию возмущений (низкоэнергетический предел КХД) на уровне точности 5%.

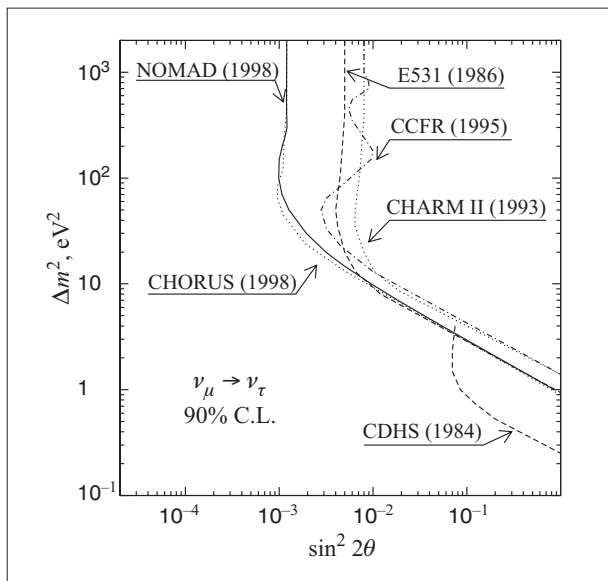


Рис. 4. Результаты NOMAD (1998 г.) и других экспериментов в переменных  $\Delta m^2 = \left| m_{\nu_\mu}^2 - m_{\nu_\tau}^2 \right|$  и  $\sin^2 2\theta$ , где  $\theta$  — угол смешивания. Области, в которых осцилляции не обнаружены экспериментально, расположены справа и выше от кривых

В октябре 1998 г. завершились работы по монтажу детекторов установки DIRAC на пучке. Проведен первый тестовый сеанс. На основе полученных данных определены фоновые условия и точностные характеристики детекторов.

В 1998 г. главная задача участия в проекте ATLAS мюонной группы ОИЯИ состояла в завершении создания в ЛЯП условий для массового производства мюонных камер и изготовлении модуля № 0. Для этой цели: а) была выполнена основная часть работ по перестройке помещения для изготовления камер, включая монтаж двух кранов; б) изготовлен во Франции, перевезен в Дубну и смонтирован высокопрецизионный гранитный стол для сборки мюонных камер размером  $3,5 \times 2,5 \times 0,5$  м с высокой степенью гладкости (не более 8 мкм по всей плоскости стола); в) в тесном сотрудничестве с экспертами из INOEL (Бухарест, Румыния) спроектирован, собран в Бухаресте, смонтирован на месте работы в ЛЯП и прошел испытания современный прибор для контроля утечки (leak test device), основанный на радиочастотном масс-спектрометре; г) согласно договоренности с MPI и LMU (Мюнхен, Германия) в ЛЯП будет создано единое помещение для производства и тестирования дрейфовых трубок; д) в качестве первого шага в реализации данной договоренности в этом помещении создается «чистая комната» размером  $14 \times 4,5$  м.

В конце 1998 г., в полном согласии с графиком работ, закончено массовое производство пластин-поглотителей для *Tile-калориметра* (Tilecal). Для этого была создана и эффективно работала коллаборация со странами-участницами ОИЯИ (Белоруссия, Слова-

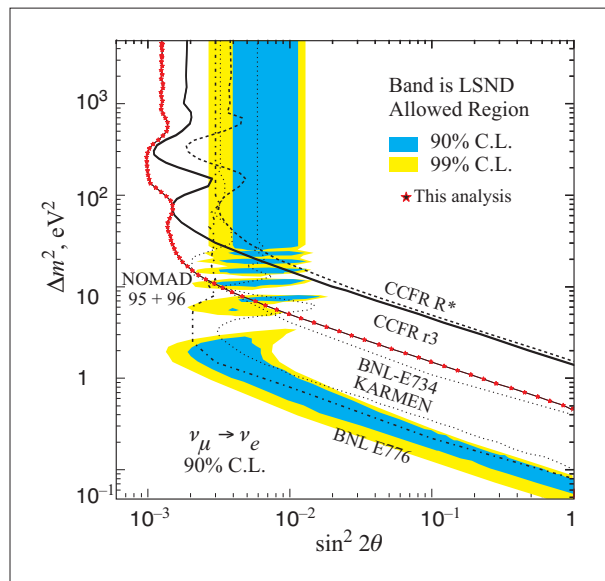


Рис. 5. Результаты NOMAD (1995–1996 гг.) и других экспериментов в переменных  $\Delta m^2 = \left| m_{\nu_\mu}^2 - m_{\nu_e}^2 \right|$  и  $\sin^2 2\theta$ , где  $\theta$  — угол смешивания. Области, в которых осцилляции не обнаружены экспериментально, расположены справа и выше от кривых

кия, Чехия). Было разработано программное обеспечение для системы медленного контроля Tilecal, эти программы успешно использованы при тестовых испытаниях. В ОИЯИ подготовлены помещения для сборки 64 модулей Tilecal и в декабре 1998 г. начато их массовое производство. На основе результатов тестовых испытаний разработан алгоритм реконструирования адронных ливней в Tilecal. Достигнутые характеристики Tilecal полностью отвечают всем проектным требованиям.

В рамках проекта COMPASS получены следующие результаты. Проведена модификация существующей (для эксперимента D0) технологии производства пропорциональных трубок (для первой мюонной стенки) с соблюдением правил безопасности ЦЕРН. Изготовлено 16 трубок для тестов на пучке в 1999 г. Проведена схематическая разработка конструкции детектора.

Проведена проверка состояния многопроволочных пропорциональных камер (для трековой системы спектрометра). На небольшом прототипе камеры выполнены методические исследования новой front-end электроники и проведено измерение таких параметров, как скорость дрейфа, чувствительность, эффективность, амплитудные характеристики для предложенной газовой смеси.

Алгоритм клеточного автомата внедрен в программу реконструкции, успешно проведено его тестирование. В сравнении со стандартным алгоритмом он обеспечивает такую же или более высокую (в части установки между магнитами) эффективность, а скорость его работы в 10 раз выше.

Одной из главных целей участия сотрудников ЛЯП в модернизации установки **CDF** (тэватрон, FNAL) является разработка новой системы сцинтилляционных мюонных триггерных счетчиков (Muon Scintillator counters Upgrade — MSU).

В 1998 г. были изготовлены прототипы сцинтилляционных счетчиков для четырех подсистем MSU (четыре характерных размеров с длинами от 180 до 310 см). В счетчиках применена новая система светосбора, предложенная и разработанная совместно с коллегами из Пизы, Харькова, Братиславы и Удины. Результаты тестирования на космических мюонах показали, что рабочие характеристики счетчиков полностью удовлетворяют всем проектным требованиям.

## РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

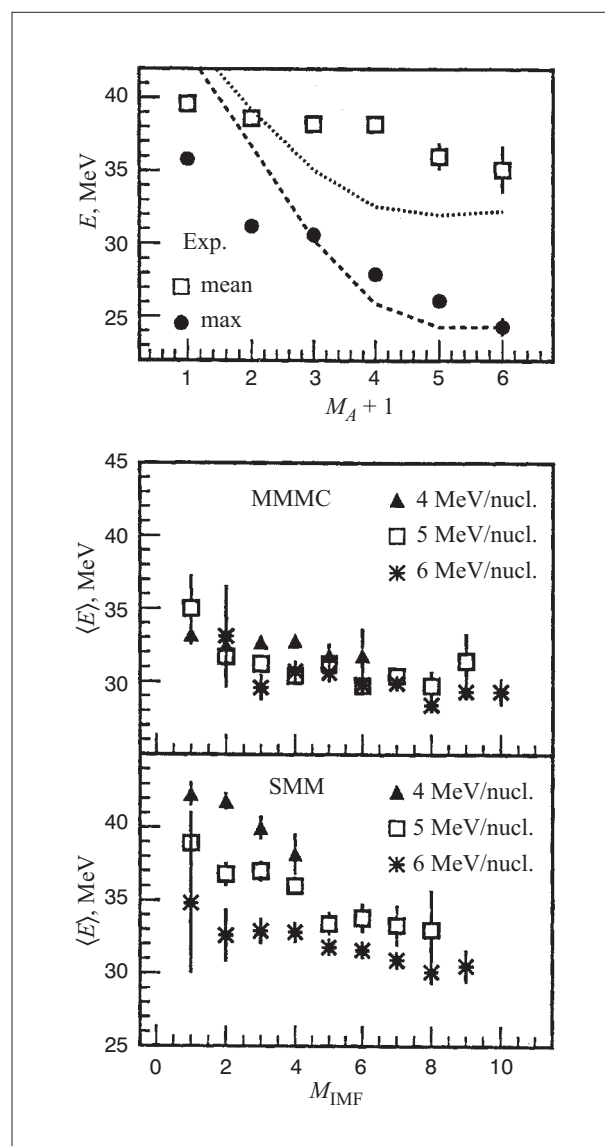
Выяснение механизма множественной эмиссии фрагментов промежуточной массы (IMF) сильно возбужденными ядрами является одной из главных задач современной ядерной физики. Изучение этого процесса дает информацию о свойствах ядерной материи при пониженной плотности и о фазовом переходе «жидкость–газ» в ядерном веществе.

Основные усилия коллаборации **ФАЗА** в 1998 г. были сосредоточены на детальном изучении энергетических спектров фрагментов. В случае тепловой мультифрагментации кинетическая энергия фрагментов определяется, главным образом, кулоновским взаимодействием. Это позволяет «восстановить» геометрию системы в момент развала и ее эволюцию во времени. Для соударений протонов с  $E = 8,1$  ГэВ с золотом найдено, что средняя энергия фрагмента и положение максимума спектра уменьшаются с ростом числа испущенных фрагментов. На рис.6 это демонстрируется для фрагмента с  $Z = 6$ . На первый взгляд, эта тенденция указывает на уменьшение плотности фрагментирующего ядра с ростом множественности. Однако наблюдаемое поведение находит естественное объяснение в статистических моделях мультифрагментации при фиксированной плотности и связано с кинематическим перераспределением энергии фрагментов.

Рис. 6. Средняя энергия (и  $E_{\max}$ ) для изотопов углерода, испускаемых в соударениях  $p(8,1 \text{ ГэВ})+\text{Au}$ . Символы в верхней части — экспериментальные результаты, линии получены в расчете по комбинированной модели: ядерный каскад + расширение ядра + статистическая модель SMM ( $\langle E \rangle$  — точечная,  $E_{\max}$  — пунктир). Средняя и нижняя части рисунка показывают результаты расчетов по статистическим моделям мультифрагментации MMMC и SMM для развала ядра с  $A=160$  при фиксированных энергиях возбуждения

Обязательства ОИЯИ в реконструкции установки **D0** (FNAL, тэватрон) состоят в разработке и изготовлении мюонного трекового детектора (на основе мини-дрейфовых трубок — МДТ) и соответствующей front-end электроники. Детектор включает в себя 6300 МДТ и 1600 плат электроники (около 50 000 каналов). В настоящее время все методические исследования по оптимизации конструкции детектора завершены, в Опытном производстве ОИЯИ начато серийное производство МДТ.

Совместно с НИИЯП БГУ (Минск) и ПО «Интеграл» (Минск) разработаны микросхемы 8-канального усилителя и 8-канального дискриминатора. Весной 1998 г. началось массовое производство этих микросхем.



В настоящее время установка ФАЗА модернизируется. Новая триггерная система, состоящая из 25  $\Delta E(\text{газ})-E(\text{SiAu})$ -телескопов, существенно увеличивает эффективность установки. Кроме того,

улучшаются условия для измерения малоугловых корреляций фрагментов, что важно для детального изучения временной шкалы процесса [9].

## ФИЗИКА НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

Прецизионное измерение вероятности бета-распада пиона  $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e$  позволяет с рекордной точностью проверить справедливость гипотезы универсальности заряженного кварк-лептонного тока, а также оценить степень унитарности матрицы смешивания Кабиббо–Кобаяши–Маскавы (с возможным проявлением «новой физики» за пределами стандартной модели). Целью эксперимента является увеличение точности измерения вероятности бета-распада пиона с 4% до 0,5% (на первом этапе).

Для установки **PIBETA** в ЛЯП ОИЯИ были изготовлены цилиндрические пропорциональные камеры и низкошумящая электроника катодных стрипов. Использовалась новая оригинальная технология, обеспечивающая большую надежность и точность камер.

Установка **PIBETA** была полностью смонтирована к середине 1998 г. и успешно испытана на пучке пионов в июле–августе. Полученная во время испытаний статистика уже позволит улучшить известную точность вероятности бета-распада пиона.

Международная коллаборация «**Мюоний-антимюоний**» успешно завершила в PSI эксперимент по

поиску переходов мюоний–антимюоний ( $M\bar{M}$ ). Процесс переходов  $M\bar{M}$  нарушает закон сохранения лептонного аромата и поэтому запрещен в стандартной модели, однако он может иметь место в моделях, выходящих за ее рамки.

В эксперименте (1993–1996 гг.) было образовано  $5,7 \cdot 10^{10}$  атомов мюония в наблюдаемом объеме. Было найдено одно событие, удовлетворяющее всем критериям отбора при ожидаемом фоне 1,7 события. Полученные данные позволяют установить новое ограничение на верхнюю границу вероятности переходов  $M\bar{M}$   $P_{M\bar{M}} \leq 2,3 \cdot 10^{-10}$ . Соответствующее ограничение на величину константы связи для  $M\bar{M}$ -переходов составляет  $G_{M\bar{M}} \leq 3 \cdot 10^{-3} G$ , где  $G_F$  — константа Ферми.

Полученное значение  $G_{M\bar{M}}$  позволяет исключить некоторые модели и дает новые ограничения на параметры ряда других. Возможности экспериментальной установки практически исчерпаны, и поэтому коллаборация решила закончить эксперимент.

Исследованы реакции ( $\pi^+, \pi^\pm p$ ) на ядрах  $^3\text{H}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^6\text{Li}$  и  $^7\text{Li}$  и реакция ( $n, 2p$ ) на ядрах  $^3\text{He}$  и

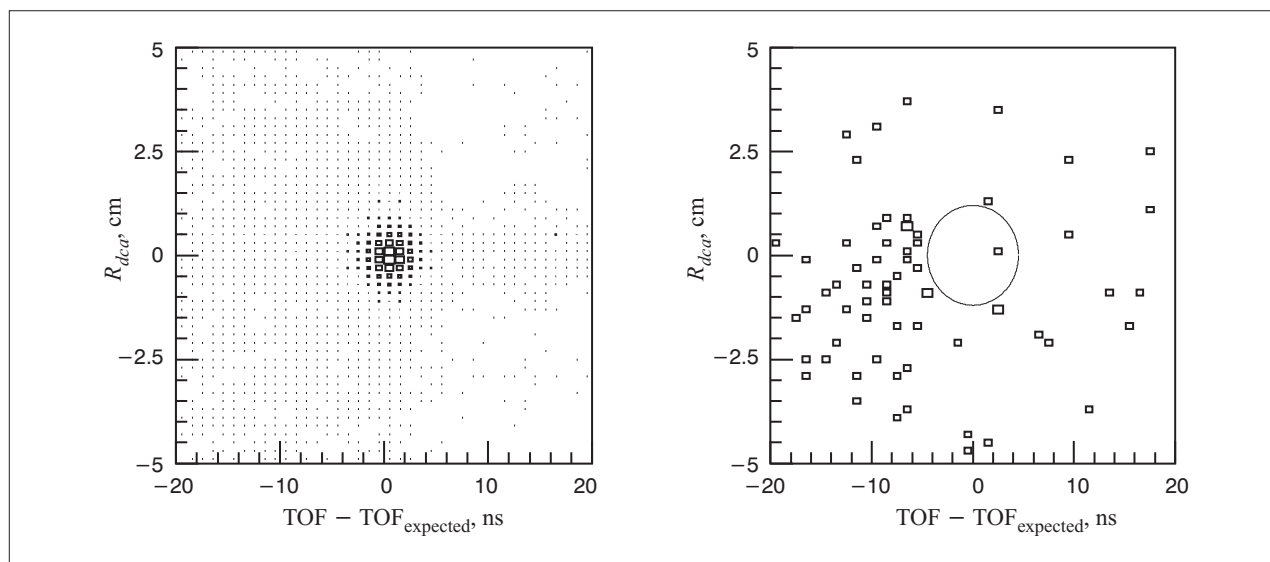


Рис.7. Распределение кратчайших расстояний ( $R_{dca}$ ) между треком быстрой частицы в магнитном спектрометре и проекцией позитрона на MCP-детектор как функция времени пролета (TOF) частицы с атомной оболочки при регистрации мюония (слева) и то же распределение для данных, накопленных в 1996 г. во время поиска антимюония (справа). Лишь одно событие попало в 3 $\sigma$ -область (отмечена на рисунке эллипсом) ожидаемых значений TOF и  $R_{dca}$ . События, сосредоточенные в области более коротких времен и меньших  $R_{dca}$ , отвечают фоновым сигналам от разрешенного распада  $\mu \rightarrow 3e + 2\nu$



<sup>4</sup>He в кинематике квазисвободного рассеяния (проект «Meson»). Полученные данные указывают на возможное существование примеси  $\Delta$ -изобары в волновой функции основного состояния ядер. Эксперименты проводились в LANL (Лос-Аламос, США). Для продолжения этих исследований сооружен двухплечевой магнитный спектрометр с постоянными магнитами.

Измерены инклюзивные спектры и множественности протонов, дейтронов и тритонов из реакции  $^{14}\text{N}(\text{Ag}, X)$ ,  $X = p, d, t$  при  $E/A = 52$  МэВ. Экспериментальные данные сравниваются с дубненской версией каскадной модели и анализируются в рамках модели движущегося источника. Эксперимент выполнен на пучке У-400М в ЛЯР.

В 1998 г. осуществлен физический запуск спектрометра ANKE на внутреннем пучке протонного синхротрона COSY (Юлих, ФРГ). Проведена настройка и калибровка спектрометра путем регистрации пионов из процессов  $pp \rightarrow \pi^+ + d$  и  $pp \rightarrow \pi^+ + p + n$  боковой детекторной системой на совпадениях с дейтронами и протонами в передней детекторной системе. Такие данные позволяют измерить вероятность рождения пиона в определенных изоспиновых состояниях нуклонной пары с малым относительным импульсом. Начат эксперимент по измерению дважды дифференциального сечения подпорогового рождения  $K^+$ -мезонов в  $pC$ -соударениях. Указанные измерения проводились с углеродной и полиэтиленовой мишенями, вводимыми во внутренний пучок синхротрона в виде тонкой пленки. Замена твердотельной мишени на кластерную дейтериевую мишень, разработанную в Мюнстерском университете, позволит в следующем году начать эксклюзивное исследование кумулятивного развала дейтрона, подготавливаемое сотрудниками ЛЯП в составе международной коллаборации ANKE.

Коллаборация DUBTO завершает подготовку экспериментальной установки для изучения взаимодействий пионов с легкими ядрами при низких энергиях. Основой установки является стримерный спектрометр ОИЯИ «Стример», который одновременно служит вершинным и трековым детектором и снабжен телекамерами на ПЗС-матрицах для регистрации изображений ядерных событий, происходящих внутри газового объема стримерной камеры. За исключением стримерной камеры, не существует приборов, с помощью которых можно измерять низкие энергии (начиная всего лишь с  $\sim 1$  МэВ) таких вторичных частиц, как протоны и легкие ядра, рождающихся в реакциях, происходящих внутри газовых мишеней.

Проводится модернизация спектрометра «Стример», которая будет закончена после некоторых модификаций системы триггера и геометрии камеры. Проведены экспозиции и получены видеоизображения событий ядерных реакций; созданы первые програм-

мы моделирования, основанные на пакете программ GEANT ЦЕРН.

На ускорителе ПИЯФ (Гатчина) проводилось измерение скорости ядерного захвата отрицательных мюонов в изотопах  $^{84}\text{Kr}$  и  $^{136}\text{Xe}$  с использованием аппаратуры и изотопов, разработанных в ЛЯП [10]. На фазотроне ЛЯП в рамках проекта «Muon» проведено исследование захвата отрицательных мюонов в  $^{40}\text{Ar}$  и  $^{132}\text{Xe}$ . Измерение времени жизни отрицательного мюона в  $^{132}\text{Xe}$  было выполнено впервые ( $\tau(^{132}\text{Xe}) = 101,7 \pm 1,7$  нс). Для  $^{40}\text{Ar}$  уточнено время жизни отрицательного мюона:  $\tau(^{40}\text{Ar}) = 568 \pm 6$  нс.

Продолжалось изучение конденсированных сред  $\mu\text{SR}$ -методом. В исследованиях деполяризации отрицательных мюонов в кремнии впервые были обнаружены следующие особенности:

а) независимо от типа и концентрации примеси во всех образцах при температурах ниже 50 К наблюдается релаксация спина мюона, и температурная зависимость скорости релаксации хорошо описывается степенной функцией ( $\lambda = C \cdot T^{-q}$ );

б) в образцах с примесью фосфора, алюминия и сурьмы имеет место сдвиг частоты прецессии спина мюона во внешнем магнитном поле, величина сдвига составляет примерно  $\Delta\omega/\omega = (7 \div 8) \cdot 10^{-3}$  при 15 К;

в) в кремнии  $n$ -типа при концентрации примеси около  $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и температурах ниже 30 К наблюдаются релаксирующая и нерелаксирующая компоненты остаточной поляризации мюона. Частота прецессии спина мюона нерелаксирующей компоненты соответствует частоте свободного спина, и это свидетельствует о том, что магнитный момент электронной оболочки акцепторного центра, образовавшегося при захвате мюона атомом кремния, скомпенсирован и акцепторный центр находится в ионизованном (диамагнитном) состоянии.

Из экспериментальных данных на основе представления о взаимодействиях акцепторных центров в полупроводниках, теории деполяризации мюонов в среде и развитого в ЛЯП формализма определены скорость релаксации момента электронной оболочки акцепторного центра и скорость перехода  $\nu$  акцептора из нейтрального (парамагнитного) в ионизованное (диамагнитное) состояние.

В отличие от большинства методов исследований акцепторных центров в полупроводниках,  $\mu^- \text{SR}$ -метод позволяет наблюдать акцепторные центры, находящиеся как в ионизованном, так и в нейтральном состояниях.

Продолжено изучение систем с «тяжелыми фермионами». Соединение  $\text{Ce}_3\text{Pd}_{20}\text{Si}_6$  представляет собой одну из самых тяжелоэлектронных систем. В PSI (Швейцария) проводилось исследование магнитного упорядочения этого соединения при низких температурах. Продольное магнитное поле выше 0,5 Тл, при-

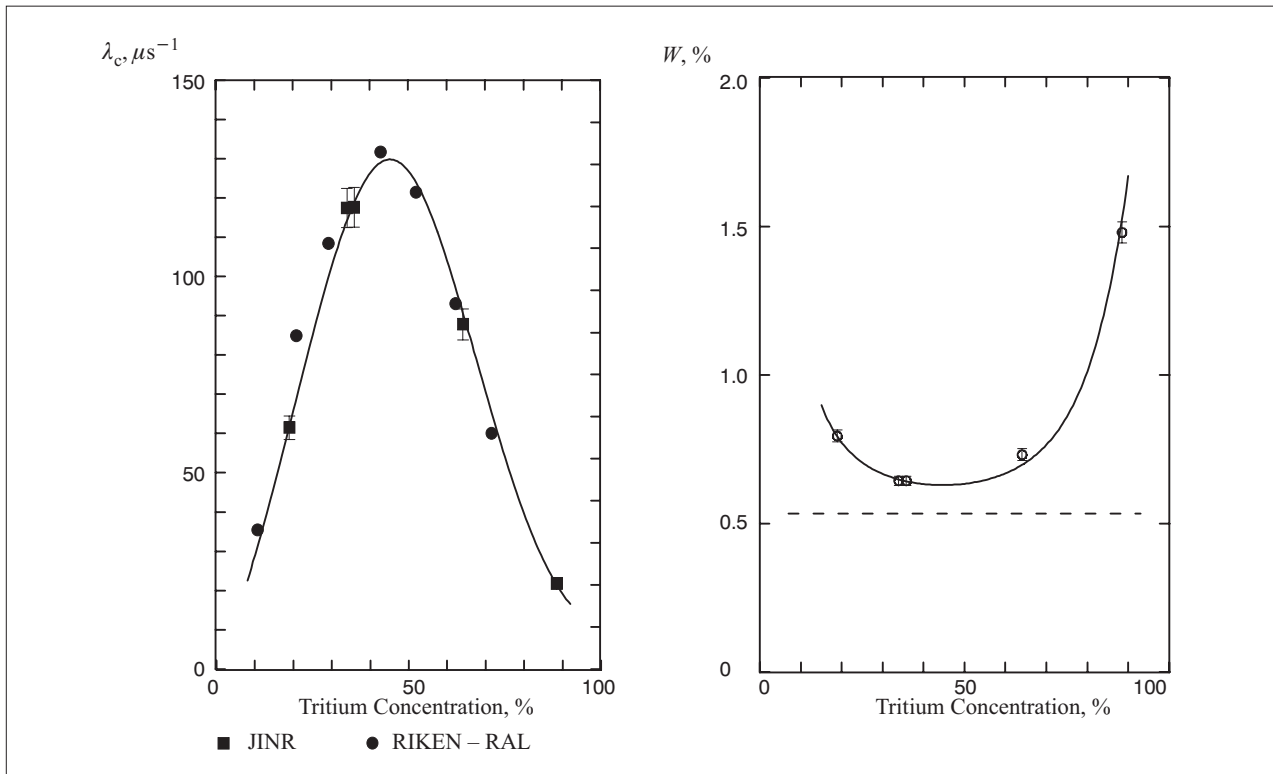


Рис. 8. Нормированные скорости циклов и эффективные параметры потери мюонов как функции концентрации трития. Данные, полученные в ОИЯИ, показаны черными квадратами

ложенное при температуре 0,04 К, не вызвало полевой зависимости скорости деполяризации  $\sigma$  спина мюона:  $\sigma(0,5 \text{ Тл}) \approx \sigma(2,5 \text{ Тл}) = 0,18 \text{ мкс}^{-1}$ . Рост скорости деполяризации при температуре ниже 0,4 К свидетельствует о квазистатическом характере упорядочения магнитных моментов электронного происхождения, предположительно со случайной ориентацией.

Теоретические вычисления показывают, что моменты Се в этом соединении подвержены фрустрации, которая может объяснить подобное спин-стеклоное поведение. Отсутствие восстановления поляризации обычно вызывается флуктуацией магнитных моментов.

В 1998 г. было завершено изучение нарушения правила OZI в рождении  $\phi$ - и  $f_2'(1525)$ -мезонов при аннигиляции антипротонов в покое, проведенное в рамках эксперимента **OBELIX**.

Анализ реакции  $\bar{p}p \rightarrow K^+ K^- \eta$  для аннигиляции в жидкой и газообразной мишенях показал, что выход канала  $\phi\eta$  уменьшается с ростом давления водорода [11]. Эта тенденция противоположна тому, что наблюдается в канале  $\phi\pi^0$ . Пока не существует никакого теоретического объяснения такому специфическому поведению канала  $\phi\eta$ .

Фазовый анализ реакции  $\bar{p}p \rightarrow K^+ K^- \pi^0$  для аннигиляции антипротонов в покое при трех значениях

плотности водородной мишени продемонстрировал сильную зависимость рождения  $\phi\pi^0$  от начальных квантовых чисел  $\bar{p}p$ -системы [12]. Также было обнаружено сильное нарушение правила OZI в образовании тензорных мезонов при аннигиляции из  $P$ -волны.

Целью эксперимента **DISTO** является измерение дифференциальных сечений и спиновых переменных  $P_\Lambda$ ,  $P_{\Sigma^0}$ ,  $A_\Upsilon$  и  $D_{\Upsilon\Upsilon}$  в реакциях  $pp \rightarrow pK^+ \Lambda$ ,  $pp \rightarrow pK^+ \Sigma^0$  и  $pp \rightarrow pK^+ \Upsilon^*$  при энергиях от пороговой до максимальной на ускорителе SATURNE (около 2,9 ГэВ) [13]. Измерение спиновых переменных дает возможность исследовать связь между фундаментальным подходом квантовой хромодинамики и теориями, основанными на обмене бозонами.

Экспериментальная аппаратура размещена на протонном пучке ускорителя SATURNE и включает жидководородную мишень и различные детекторы: камеры из сцинтиллирующих волокон, проволочные камеры, сцинтилляционный годоскоп, черенковские счетчики. Существенную часть аппаратуры DISTO составляют 4 пропорциональные проволочные камеры, изготовленные в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и отправленные в Сакле.

Набор статистики был начат во второй половине 1996 г. и закончен в 1997 г. Обработка данных началась в 1998 г. В Дубне в 1996–1998 гг. параллельно с подготовкой аппаратуры был развит метод обработки

данных с использованием методики клеточных автоматов и нейронных сетей.

В 1998 г. реализован новый и эффективный метод экспериментального исследования мюонного катализа (Muon Catalyzed Fusion). Сотрудниками ЛЯП в коллаборации с представителями других институтов для выполнения широкого спектра исследований процессов мюоно-каталитического слияния ядер в смесях изотопов водорода была создана установка **TRITON**. Высокая эффективность этой установки, низкий уровень нейтронного фона и стабильная работа фазотрона ОИЯИ позволили успешно проводить эти исследования. В 1998 г. впервые в мире на этой установке в плотной смеси двойных и тройных изотопов водорода были выполнены прямые измерения коэффициента прилипания мюонов к гелию, а также выхода нейтронов. Также впервые измерена зависимость скорости цикла (нейтронного выхода) от температуры, давления (плотности) и концентрации изотопов (рис.8).

Еще одним проектом, нацеленным на поиск физики за пределами стандартной модели, является проект **НЕМО-3**. Находящийся в настоящее время в стадии сборки спектрометр этого эксперимента представляет собой детектор нового поколения для исследования процессов двойного бета-распада.

В 1998 г. значительная часть спектрометра **НЕМО-3** была создана и оборудована трековыми и калориметрическими детекторами (14 из 20 секторов). Все механические компоненты (высокочистые медные и железные стенки, стальные поддерживающие конструкции и пассивная железная защита), а также 6 тонн пластических сцинтилляторов, часть электронной системы считывания и соединительные провода были сделаны в ОИЯИ в 1997–1998 гг.

В конце 1998 г. первый сектор был полностью собран и перевезен в подземную лабораторию в Модане (в тоннеле Фреджуса, Франция), где будут проводиться эксперименты с этим детектором. В 1999 г. эти работы продолжатся. Параллельно в ОИЯИ группа по разработке математического обеспечения создала новый алгоритм распознавания треков на базе «упругих» и нейронных сетей. Для визуализации трековой информации разрабатываются соответствующие пакеты программ.

Согласно графику работ по проекту сборка всего спектрометра **НЕМО-3** должна завершиться в январе 2000 г. После этого планируется начать измерения с 7 кг обогащенного  $^{100}\text{Mo}$ , 1 кг  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{116}\text{Cd}$  и другими изотопами, а также с небогащенными соответствующими образцами для исследования различных мод двойного бета-распада и одновременного контроля фона.

В 1998 г. для исследования двойного бета-распада  $^{48}\text{Ca}$  использовался низкофоновый высокочувствительный и многодетекторный спектрометр **TGV**.

С помощью дополнительной защиты от нейтронов было достигнуто еще большее снижение фона.

Выполнена предварительная обработка данных, накопленных за 7070 часов работы спектрометра, что позволило отделить  $\beta$ -частицы от  $\gamma$ -квантов посредством измерения времени нарастания импульса с детектора. Из анализа высокоэнергетической области измеренного спектра и монте-карловского моделирования для двухнейтринной моды двойного бета-распада  $^{48}\text{Ca}$  было получено значение  $T_{1/2} = 4(2) \cdot 10^{19}$  лет.

Окончательное значение полупериода для данной моды распада будет получено после завершения измерения фона (как с источником с естественным  $\text{Ca}$ , так и без него) и тестовых измерений (с источниками, содержащими естественный  $\text{Ca}$  и известное количество  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -активности).

Предварительная оценка времени полураспада для безнейтринной моды двойного бета-распада  $^{48}\text{Ca}$  составляет  $T_{1/2} > 1,1 \cdot 10^{21}$  лет (90% C.L.).

На ISOL-комплексе **ЯСНАПП-2** с помощью современных спектрометров исследованы спектры излучений радиоактивного распада ряда короткоживущих ядер. Полученные данные позволили впервые предложить или существенно уточнить схемы возбужденных состояний дочерних ядер — переходных (от сферических к сильнодеформированным) в области скачка деформации ( $N \approx 88$ ).

Выполнено экспериментальное и теоретическое исследование [14] структуры силовой функции  $\beta^+$  (EC)-распада околomagического ядра  $^{147g}\text{Tb}$ . Силовая функция имеет резонансный характер с главным максимумом при 2,0 МэВ.

Получены указания на наличие  $F$ -запрещенного перехода 45,6 кэВ между состояниями  $^{152m}\text{Eu}$  ( $0^-, 9,3$  ч) и  $^{152g}\text{Eu}$  ( $3^-$ ) с заметно различающимися формами ядра. Изучение распада короткоживущих ядер-изобар  $A=157$  и  $159$ , а также долгоживущих  $^{155,157}\text{Dy}$  существенно уточнило картину поведения одночастичных и коллективных уровней дочерних ядер тулия ( $Z=69$ ), гольмия ( $Z=67$ ), тербия ( $Z=65$ ) с числом нейтронов вблизи  $N=88 \div 90$ . Некоторые уровни этих ядер фрагментированы уже при низких энергиях. Их ротационные полосы сильно смешаны. Идентифицированы ранее неизвестные изомеры  $^{156m}\text{Ho}$  (6 мин) и  $^{157m}\text{Tm}$  (1,6 с).

Завершены исследования распада  $^{221}\text{Fr}$ . Получены более точные и надежные сведения о гамма-спектре  $^{221}\text{Fr}$ . Установлено, что девять гамма-переходов были ранее отнесены к распаду  $^{221}\text{Fr}$  ошибочно. Обнаружено пять новых гамма-переходов. Уточнены сведения об интенсивностях гамма-лучей. При количественном анализе результатов альфа-гамма-совпадений определены заселенности уровней  $^{217}\text{At}$  при

распаде  $^{221}\text{Fr}$ . Измерены полные интенсивности гамма-переходов 96,3, 117,8, 150,2 и 171,8 кэВ, использованные для вычисления полных коэффициентов внутренней конверсии, и установлены мультипольности.

Отработана высокоэффективная методика поиска короткоживущих изомеров в диапазоне от нескольких наносекунд до десятков микросекунд с использованием однокристалльного сцинтилляционного временного спектрометра. На основе этой методики создан двухдетекторный четырехмерный ( $E1-E2-E3-T$ ) спектрометр тройных совпадений.

Совместно с сотрудниками ЕрГУ (Армения) ведутся исследования [15] методом наведенной активности протон-ядерных реакций на разделенных изотопах олова с целью выявления влияния нуклонного

состава ядер-мишеней и ядер-продуктов на выходы остаточных ядер.

Продолжены совместно с ЛВЭ и учеными из Университета Марбурга (ФРГ) эксперименты [16] по трансмутации радиоактивных отходов.

В рамках минимально и суперсимметричным образом расширенной стандартной модели (MSSM) с нарушенной  $R$ -четностью рассмотрены нейтринные осцилляции. Данные по атмосферным нейтрино с детектора «Super-Kamiokande» позволяют получить ограничения на билинейные нарушающие  $R$ -четность слагаемые лагранжиана модели. Эти ограничения оказываются настолько жесткими, что не представляется возможным их превзойти не только в современных экспериментах, но и в экспериментах ближайшего будущего [17].

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1998 г. продолжалась отработка технологии производства малых образцов **аэрогеля** диоксида кремния на однолитровом автоклаве. Достигнута высокая прозрачность образцов на уровне лучших показателей лабораторий мира. Получены образцы аэрогелей низкой плотности с  $n = 1,01$  по двухступенчатой технологии. В основном оптимизирован процесс сушки образцов, что позволило сократить время сушки и улучшить качество полученных образцов. Разработана методика введения смесителей спектра в аэрогель. На полученных образцах выход света увеличился приблизительно на 25%.

В течение года проводились измерения характеристик черенковского аэрогелевого счетчика в пороговой области с помощью телескопа сцинтилляционных счетчиков и поглотителей на космических лучах. Определен выход фотоэлектронов для аэрогелей с показателем преломления в интервале  $n = 1,02 - 1,05$ .

Введен в эксплуатацию 37-литровый автоклав, что открывает возможность производства крупных образцов аэрогеля диоксида кремния диаметром до 200 мм, что, в свою очередь, позволит создавать черенковские аэрогелевые счетчики с эффективной площадью в несколько квадратных метров.

Осуществлен комплекс работ по подготовке электронной модели кольцевого циклотрона к запуску для проведения исследований по эффекту расширения замкнутых орбит. Проведена разработка эскизного проекта сильноточного циклотрона-инжектора. Выбрана конфигурация ускоряющих резонаторов циклотрона и схема инъекции пучка в ускоритель. Проведены расчеты элементов инъекции. Заканчиваются конструкторские работы по созданию рабочего проекта магнитной и высокочастотной систем изотопного циклотрона.

Проведен расчет компоновки и параметров системы вывода пучка из циклотрона VINČY (Белград, Югославия). Выполнены расчеты динамики внутреннего пучка. По данным магнитных измерений подготовлены распределения магнитного поля для различных ускоряемых частиц и их энергий. Построена компьютерная модель магнитного поля ускорителя.

Проводились работы по циклотрону У-120М (Ржеж, Чехия). Выполнен анализ динамических характеристик магнитного и электрического поля в центре ускорителя, а также расчеты центра для двух вариантов. Особое внимание при этом уделялось теоретическим и экспериментальным исследованиям, направленным на повышение тока отрицательных ионов в центральной области циклотрона.

Продолжались работы по изготовлению С-электрода с увеличенной апертурой. Разработана компьютерная программа обеспечения использования новых датчиков для системы дозиметрического контроля. Изготовлены две вакуумные камеры с полюсными наконечниками для мезонного канала установки «Стример».

Для физико-технического обеспечения медико-биологических и клинических исследований по **лучевой терапии** на пучках фазотрона ОИЯИ в 1998 г. продолжались разработки on-line аппаратуры (на связи с ЭВМ) для сканирования опухоли широким протонным пучком и исследования параметров различных типов детекторов для дозиметрии медицинских протонных пучков [18].

Разработаны метод формирования расширенного пика Брэгга с помощью автоматической системы для сканирования и аппаратное оборудование для измерения и контроля распределения дозы при формировании такого расширенного пика Брэгга. Произведены

отладка электронного оборудования и тестирование параметров устройства для сканирования.

В плане подготовки к клиническим облучениям онкологических больных за счет средств Минатома РФ осуществлен ремонт выделенной части инфекционного корпуса МСЧ-9 для открытия в этом корпусе

радиологического отделения на 30 коек, подчиненного МСЧ-9. Научное сопровождение адронной терапии онкологических больных на медицинских пучках фазотрона ОИЯИ будет проводиться Медицинским радиологическим научным центром РАМН по заключенному трехстороннему договору с ОИЯИ и МСЧ-9.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Karlen D. — Plenary talk at «ICHEP'98».
2. Ruhlmann-Kleider V. — DELPHI report to the LEP, 12 Nov. 1998, CERN, Geneva.
3. DELPHI Coll. — «ICHEP'98» Conf., No.341.
4. DELPHI Coll. — Phys. Lett. B401, 1997, p.181; DELPHI Coll. — «ICHEP'98» Conf., No.288.
5. Тяркин И., DELPHI Coll. — In: Proc. «Photon'97» Conf., Egmond aan Zee, 1997; Proc. Workshop on Two-Photon Interactions, Lund, 10–13 Sept., 1998.
6. NOMAD Coll. Recent Results from the NOMAD Experiment. — In: Int. Europhysics Conf. on High Energy Physics, Vancouver (Canada), July 1998.
7. Valuev V., NOMAD Coll. Preliminary Results from the NOMAD Experiment. — In: Int. Europhysics Conf. on High Energy Physics, Jerusalem, August 1997.
8. Broz J. et al. — Z. für Physik, 1997, v.A359, p.23.
9. FASA Coll. — European Physical J., 1998, v.A3, p.75; Авдеев С.И. и др. — ЯФ, 1999, т.62, вып.1 (в печати).
10. Mamedov T.N. et al. — JETP Letters, 1998, v.67, No.5, p.350;
11. Mamedov T.N. et al. — JETP Letters, 1998, v.68, No.1, p.61.
12. Alberico V. et al. — Phys. Lett. B432, 1998, p.427.
13. DISTO Coll.: Balestra F. et al. Spin Transfer in Exclusive Lambda Production from pp Collisions at 3.67 GeV/c. — Submitted to «Phys. Rev. Lett.». DISTO coll.: Balestra F. et al. A Large Acceptance Multiparticle Spectrometer for 1–3 GeV Proton Beams. — Accepted for publication in «Nucl. Instr. and Meth.», 1998.
14. Izosimov I.N. et al. — J. Phys., G: Nucl. Part. Phys., 1998, v.24, p.831.
15. Данагулян А.С. и др. — ЯФ, 1997, т.60, с.965.
16. Wan J.-S. et al. — Kerntechnik, 1998, v.63, p.167.
17. Bednyakov V., Faessler A., Kovalenko S. Super-Kamiokande Constraints on R-parity Violating Supersymmetry. — hep-ph/9808224, to be published in «Phys. Lett. B».
18. Vatnitsky S. et al. Proton Dosimetry Intercomparison based on the ICRU Protocol. — Submitted to «Radiotherapy and Oncology», 1998.

# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ им. Г.Н.ФЛЕРОВА

В Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова в течение последних пяти лет были созданы уникальные исследовательские установки: кинематические сепараторы, 4π-спектрометры заряженных частиц, детекторы нейтронов и γ-квантов. Основой экспериментальной базы стали изохронные циклотроны У-400 и У-400М, оснащенные ЭЦР-источниками ионов. Благодаря высокой эффективности получения ионов  $^{48}\text{Ca}$  была начата не имеющая аналогов в мире программа синтеза сверхтяжелых элементов.

Время работы циклотронов У-400 и У-400М в 1998 г. было практически равно запланированному и составило 6000 часов. Таким образом, лаборатория

имела широкие возможности для проведения экспериментов в диапазоне низких и средних энергий.

В ЛЯР проводятся исследования по трем основным направлениям. Они включают эксперименты с пучками стабильных и радиоактивных изотопов по синтезу тяжелых и экзотических ядер, изучение механизма ядерных реакций, развитие ускорительной техники, а также изучение взаимодействия тяжелых ионов с веществом и прикладные исследования.

Исследования сгруппированы в 14 проектов и выполняются в широкой международной кооперации как на ускорителях лаборатории, так и в других научных центрах.

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПУЧКАМИ СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ, ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

### Синтез новых элементов

Важным достижением лаборатории явилось экспериментальное подтверждение значительного повышения стабильности сверхтяжелых ядер по отношению к спонтанному делению вблизи нейтронной подболочки с  $N=162$ .

В рамках сотрудничества Дубна–Ливермор (США) на ускорителе У-400 в реакции  $^{22}\text{Ne}+^{248}\text{Cm}$  были синтезированы два новых изотопа элемента Sg ( $Z=106$ ) и в реакции  $^{34}\text{S}+^{238}\text{U}$  — новый изотоп элемента Hs ( $Z=108$ ) с  $A=267$ . В результате экспериментов по синтезу элемента 110 в реакции  $^{34}\text{S}+^{244}\text{Pu}$  был получен его изотоп с числом нейтронов  $N=163$ .

В экспериментах, выполненных в 1994–1998 гг. совместно с GSI (Германия) на ускорителе UNILAC, в реакциях холодного слияния  $^{62,64}\text{Ni}+^{208}\text{Pb}$ ,  $^{64}\text{Ni}+^{209}\text{Bi}$  и  $^{70}\text{Zn}+^{208}\text{Pb}$  были открыты элементы с  $Z=110$ , 111 и 112. Эти исследования качественно подтвердили предсказания макро-микроскопической те-

ории о существенном стабилизирующем влиянии деформированной подболочки в тяжелых деформированных ядрах вблизи  $Z=108$ ,  $N=162$  и показали, что существование сферической оболочки вблизи  $Z\approx 114$  и  $N\approx 180$  является весьма реалистичным.

Использование ионов  $^{48}\text{Ca}$  в качестве бомбардирующих частиц для синтеза наиболее тяжелых элементов представляет особый интерес. Значительное обогащение нейтронами этого ядра позволяет получать составные ядра с числами нейтронов в районе предсказанных магических чисел  $N=178+184$ . Дважды «магическая» структура  $^{48}\text{Ca}$  ( $Z=20$ ,  $N=28$ ) позволяет получать относительно холодные составные ядра в реакциях вблизи кулоновского барьера.

Первые эксперименты с целью синтеза сверхтяжелого ядра с  $Z=114$  в реакции  $^{48}\text{Ca}+^{244}\text{Pu}$  были выполнены в рамках сотрудничества ЛЯР–Национальная ливерморская лаборатория им. Лоуренса (США).

При облучении мишени из  $^{244}\text{Pu}$  ионами  $^{48}\text{Ca}$  наблюдалась цепочка последовательных распадов,

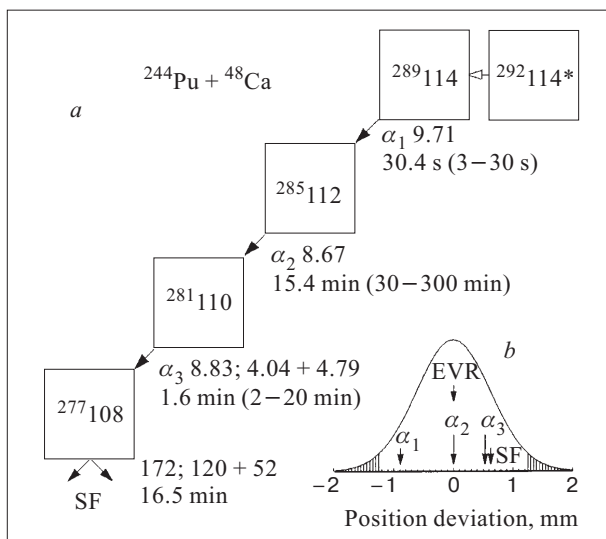


Рис. 1. а) Временная последовательность событий в цепочке распадов. Ожидаемые времена жизни изотопов, соответствующие измеренным значениям  $Q_\alpha$ , указаны в скобках. Факторы запрета для  $\alpha$ -распада ядер с нечетным числом нейтронов принимались равными от 1 до 10. б) Отклонения в позициях наблюдавшихся событий распада (в мм) от позиции имплантированного ядра. Кривая показывает распределение позиций коррелированных сигналов, незаштрихованная область соответствует уровню надежности 95%

начинавшаяся имплантируемым атомом, затем следовали три  $\alpha$ -частицы, а заканчивало ее спонтанное деление. Все события четко коррелируют по позиции в детекторе. Измеренные значения энергий  $\alpha$ -частиц и соответствующие временные интервалы составляли  $E_\alpha = 9,71$  МэВ ( $\Delta t_1 = 30,4$  с),  $8,67$  МэВ ( $\Delta t = 15,4$  мин) и  $8,83$  МэВ ( $\Delta t = 1,6$  мин); для спонтанного деления ( $\Delta t = 16,5$  мин) и полное энерговыделение примерно 190 МэВ. Высокие средние энергии  $\alpha$ -частиц вместе с длительными интервалами времени между распадами и спонтанное деление, завершающее цепочку, указывают на распад ядер с высокими атомными номерами. Хорошим кандидатом в качестве исходного ядра, породившего эту цепочку  $\alpha$ -распадов, является изотоп  $^{289}114$ , образовавшийся в  $3n$ -испарительном канале с поперечным сечением около 1 пб. Периоды полураспада всех новых  $\alpha$ -излучателей находятся в хорошем согласии с теоретическими предсказаниями  $T_\alpha$  для ядер с  $Z=110, 112$  и  $114$ . Значительное увеличение времен жизни для новых изотопов элементов с  $Z=112$  и  $110$ , дочерних продуктов ядра с  $Z=114$  (более чем в  $10^6$  раз) по отношению к известным изотопам элементов  $112$  и  $110$  может рассматриваться как прямое указание на существование «острова стабильности» сверхтяжелых элементов [1].

Реакции  $^{206,208}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, xn)$  были выбраны для комплексного тестирования ионного источника, ускорителя У-400 и сепараторов в длительных экспериментах, нацеленных на синтез наиболее тяжелых эле-

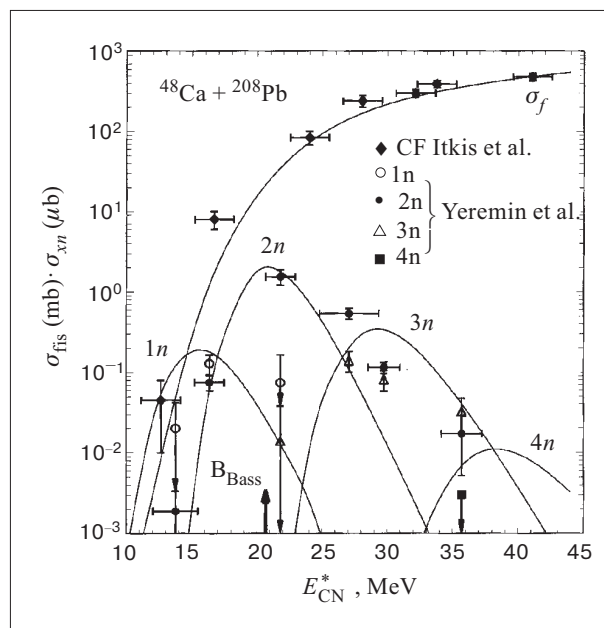


Рис.2. Сечения образования изотопов No

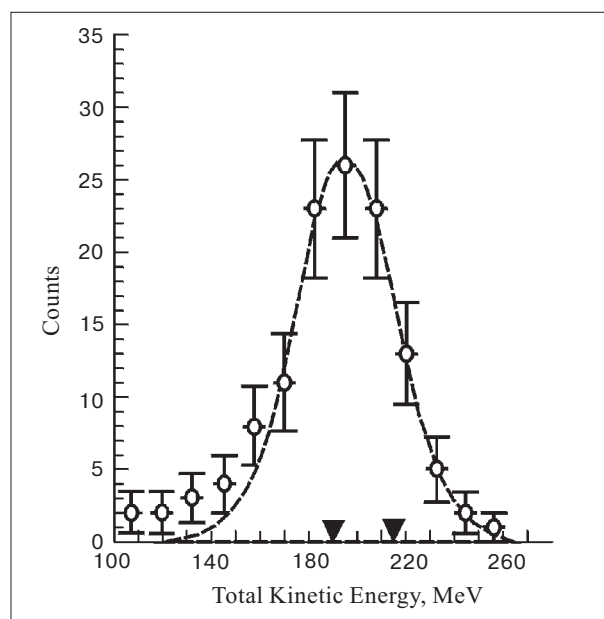


Рис.3. Распределение полной кинетической энергии осколков деления  $^{252}\text{No}$  (s.f.) в реакции  $^{206}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, 2n)$

ментов. Впервые в этих опытах использовался режим непрерывного пучка.

На сепараторе ВАСИЛИСА изучалось образование изотопов No в диапазоне энергии бомбардирующих ионов  $205 \div 235$  МэВ. Полученные значения сечений образования показаны на рис.2. Распределение полной кинетической энергии осколков деления  $^{252}\text{No}$  (s.f.) (рис.3) изучалось в реакции  $^{206}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, 2n)$  [2].

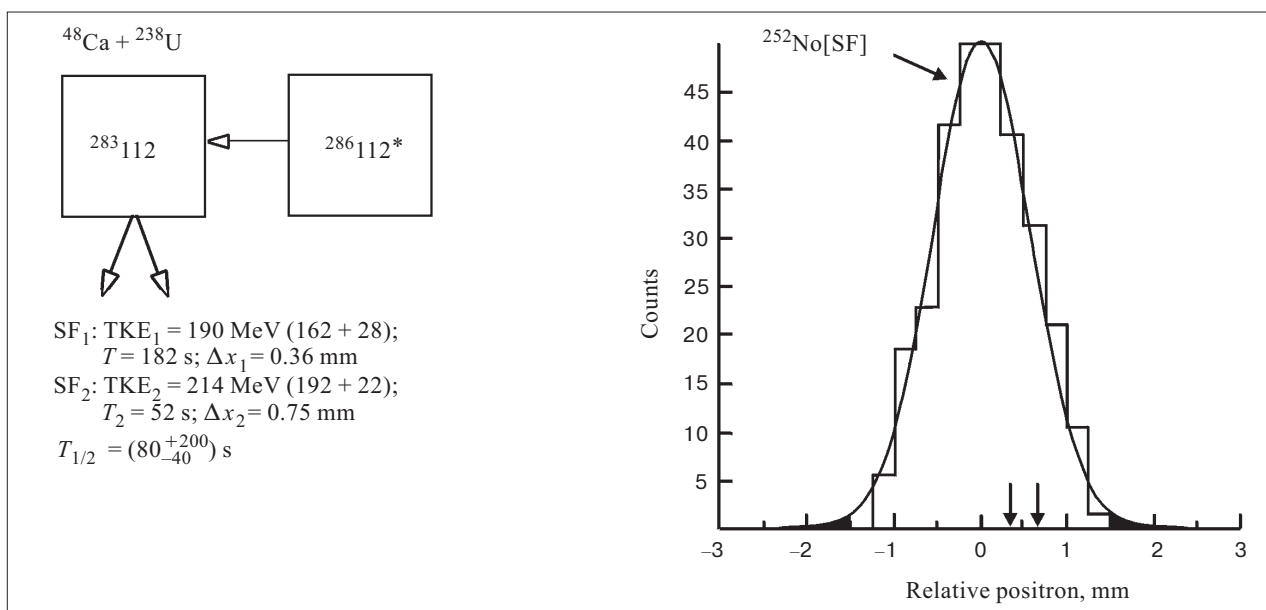


Рис.4. Временная последовательность событий в распаде и позиционные отклонения (в мм) событий спонтанного деления от позиций имплантированных ядер. Незаштрихованная область соответствует уровню достоверности 98 % [3]

Попытка синтеза нового изотопа элемента 112 в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$  была предпринята также на сепараторе ВАСИЛИСА. Эксперимент выполнялся при двух значениях энергии пучка. В опытах с меньшей энергией было наблюдеено два события спонтанного деления с полными кинетическими энергиями осколков 190 и 212 МэВ. Эти события приписываются распаду нового обогащенного нейтронами изотопа  $^{283}112$ , образующегося в реакции  $^{238}\text{U} (^{48}\text{Ca}, 3n)$ .

Измеренное значение сечения образования этого изотопа соответствует  $(5,0_{-3,2}^{+6,3})$  пб, а период полураспада —  $(81_{32}^{+147})$  с. Полные кинетические энергии осколков показаны на рис.3 треугольниками. На рис.4 показана временная последовательность событий в распаде и позиционные отклонения событий спонтанного деления от позиций имплантированных ядер. Незаштрихованная область соответствует уровню достоверности 98 % [3].

С целью поиска долгоживущих продуктов распада элемента 110 проводились облучения ториевой мишени внутренним пучком ионов  $^{48}\text{Ca}$ . Методами быстрой химии из облученной мишени извлекалась фракция, содержащая Sg, и в последующих измерениях проводился поиск  $\alpha$ -распада долгоживущего изотопа  $^{268}\text{Sg}$  и спонтанного деления  $^{264}\text{Rf}$ . Эти эксперименты выполнялись в сотрудничестве с Орсе (Франция) и институтом RIKEN (Япония) [4,5].

В настоящее время в сотрудничестве с GSI (Германия), RIKEN (Япония) и Институтом физики Университета им. Я.Коменского (Словакия) проводятся эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$ .

#### Химия трансактинидов

Исследование химических свойств новых элементов является традиционным направлением программы исследований ЛЯР. На установке ХИПТИ совместно с химиками из Швейцарии, Германии и Польши была выполнена серия экспериментов.

Были получены новые результаты по свойствам резерфордия (Rf). Сравнительное изучение (оксо)-хлоридов и бромидов  $^{261}\text{Rf}$  ( $T_{1/2} = 78$  с), образующихся в реакции  $^{248}\text{Cm} (^{18}\text{O}, 5n)$ , и  $^{165}\text{Hf}$  ( $T_{1/2} = 76$  с) проводилось методами изотермической хроматографии. Было показано, что соединения Rf более летучи, чем соединения Hf [6].

Систематически изучалось поведение короткоживущих изотопов Mo и W, аналогов Sg. 40 атомов элемента 106 были выделены в форме  $\text{SgO}_2\text{Cl}_2$  методами термохроматографии и зарегистрированы по спонтанному делению на кварцевой поверхности. Было установлено, что химическое поведение элемента 106 и короткоживущих изотопов Mo и W идентично. Сравнительный анализ полученных данных и данных по химии Sg позволил установить формулы химических соединений этого элемента. В сотрудничестве с химиками из Германии продолжается подготовка методов идентификации долгоживущих изотопов Sg в водных растворах [7,8].

Завершено конструирование новой установки КИТ (система из восьми ионизационных камер с транспортной лентой). В 1999 – 2000 гг. на этой установке методами газовой термохроматографии планируется исследовать некоторые физико-химические характеристики летучих соединений элементов с  $Z \geq 106$  и изучить их комплексообразование методами экстракции и ионного обмена.



## Деление и кластерная радиоактивность

Новые важные физические результаты были получены при изучении спонтанного деления и деления слабо возбужденных составных ядер.

Ядра из области At–Th и сверхтяжелые ядра с  $Z \geq 100$  представляют значительный интерес для изучения феномена деления. С другой стороны, изучение сечений слияния-деления тяжелых и особенно сверхтяжелых ядер при низких энергиях возбуждения исключительно важно для предсказания их выживаемости и выбора оптимального способа синтеза таких ядер.

Для получения информации о характеристиках деления ядер в трех областях: доактинидной, промежуточной и трансфермиевой — применялся 4 $\pi$ -детектор нейтронов ДЕМООН и триггер осколков деления КОРСЕТ. С использованием единого подхода были получены экспериментальные данные о массовых и энергетических распределениях, пред- и последовательных нейтронах, а также корреляционные спектры угловых и энергетических распределений

нейтронов в совпадениях с осколками выделенной массы и энергии.

Была выполнена серия экспериментов по изучению деления составных ядер  $^{220}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Th}$ ,  $^{256}\text{No}$ ,  $^{270}\text{Sg}$  и  $^{286}\text{112}$ , образующихся в реакциях с ионами  $^{12}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{22}\text{Ne}$  и  $^{48}\text{Ca}$  при энергиях возбуждения в диапазоне от 12 до 60 МэВ (рис.5) [9,10].

Был продемонстрирован многомодовый характер деления нейтронодефицитных изотопов Th при низких энергиях возбуждения. При переходе от  $^{220}\text{Th}$  к  $^{233}\text{Th}$  был наблюден переход от симметричного к асимметричному делению. Эти эксперименты выполнялись в сотрудничестве ЛЯР с INFN (Италия), ISN (Франция), Брюссельским университетом, Техаским университетом и ИЯФ (Казахстан).

Впервые в реакциях  $^{204,208}\text{Pb} (^{16}\text{O}, f)$  и  $^{208}\text{Pb} (^{18}\text{O}, f)$  при энергиях вблизи кулоновского барьера были изучены многомодовые корреляции (масса – энергия – угол) для осколков деления в совпадении с  $\gamma$ -квантами. Энергии возбуждения составных ядер  $^{220,224,226}\text{Th}$  в седловой точке изменялись в пре-

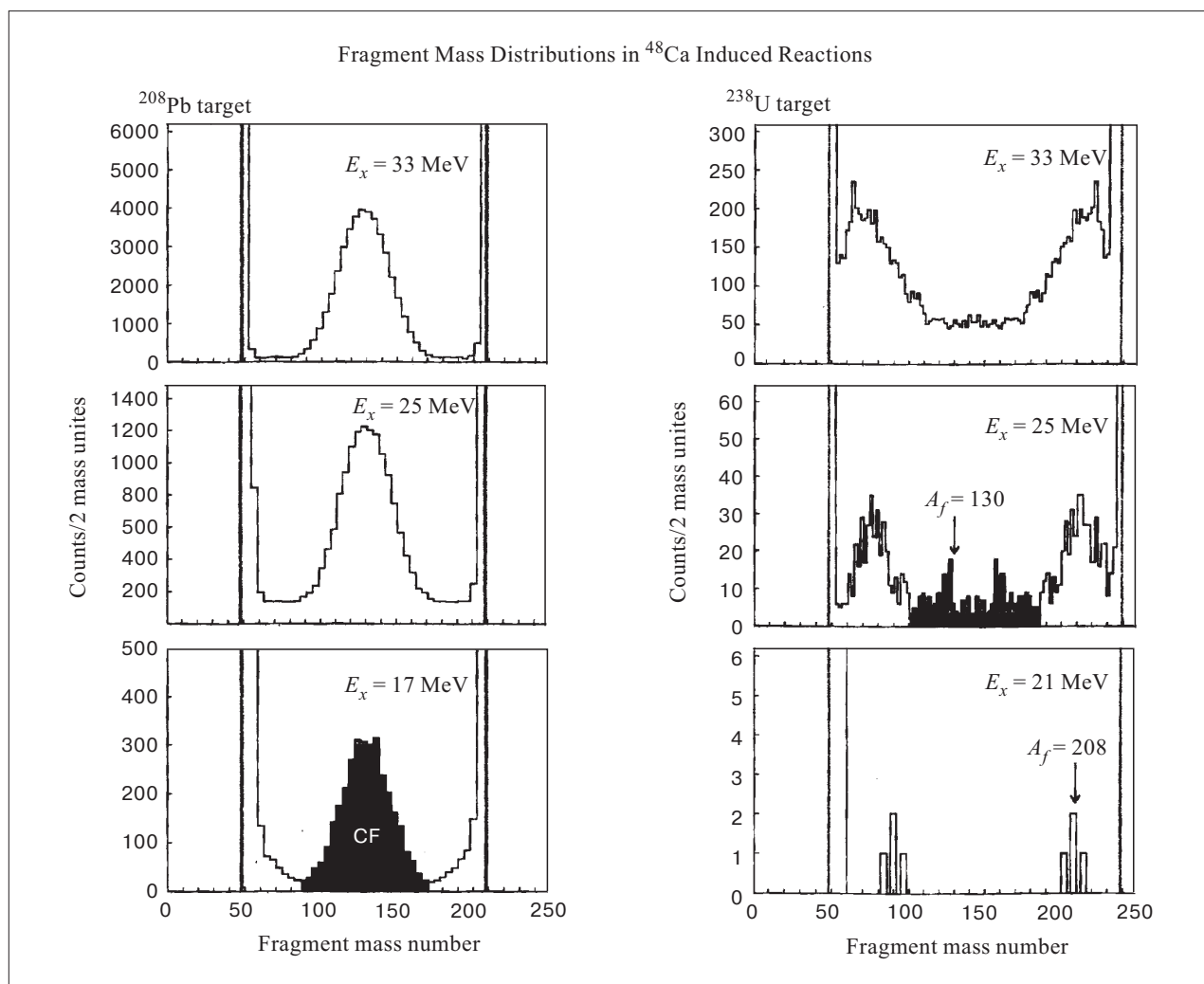


Рис.5. Массовые распределения осколков деления составных ядер  $^{256}\text{No}$  и  $^{286}\text{112}$ , образующихся в реакциях с ионами  $^{48}\text{Ca}$

делах  $E_{sp}^* = 16 \div 40$  МэВ. При низких энергиях возбуждения наблюдались две различные моды деления: симметричная и асимметричная. Для этих мод деления были оценены характерные времена коллективного движения. Экспериментально полученные характеристики оказались в хорошем согласии с предсказаниями макро-микроскопической теории.

Характеристики вынужденного деления ядер с  $Z \geq 100$  были измерены при весьма низких энергиях возбуждения, при которых существенную роль играют оболочечные эффекты, приводящие к новым, неожиданным свойствам. Важно отметить, что полученные данные о массовых и энергетических распределениях осколков деления, а также о сечениях слияния-деления ядер позволяют предсказывать свойства сверхтяжелых ядер и более точно планировать будущие эксперименты.

В последние годы были получены новые данные, указывающие на влияние оболочек на динамику спонтанного и вынужденного деления.

В совместных экспериментах ЛЯР – Университет Вандербильта (США) – ORNL (США) – IP (Словакия) были обнаружены две независимые моды спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$ .

При исследованиях массовых и энергетических распределений осколков спонтанного деления  $^{244}\text{Cm}$  и деления слабо возбужденного составного ядра  $^{242m}\text{Am}(n, f)$  была выявлена компактная область повышенного выхода осколков вблизи фрагментов с магическим числом нейтронов  $N=50$ . Наблюдаемое явление может быть связано с существованием сверхбыстрой цепочки распадов на три кластера примерно равной массы и с  $Z=31 \div 32$  ( $2 \cdot 10^{-5}$  от полного числа делений). Аналогичная структура, которая, возмож-

но, также определяется кластерной конфигурацией, наблюдалась и при изучении спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$  при низких энергиях возбуждения.

В подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия) с помощью полиэтиленерефталатных трековых детекторов изучалась кластерная радиоактивность и спонтанное деление  $^{232}\text{Th}$ . Установлена нижняя граница парциального периода полураспада при эмиссии наиболее вероятного кластера  $^{26}\text{Ne}$ :  $T_{1/2cl} > 5 \cdot 10^{21}$  лет. Измеренный период спонтанного деления составил:  $T_{1/2sf} = (1,2_{-0,3}^{+0,5}) \cdot 10^{21}$  лет.

### Реакции полного слияния и распад горячих ядер

На электростатическом сепараторе ядер отдачи ВАСИЛИСА исследовалось испарение протонов,  $\alpha$ -частиц и большего числа (до 15) нейтронов из составных ядер с энергиями возбуждения до 160 МэВ. Была получена информация о конкуренции различных каналов распада при температурах ядер до 2,5 МэВ.

Была обнаружена повышенная стабильность сильно возбужденных ядер по отношению к спонтанному делению. Теоретический анализ показал, что каналы испарения частиц доминируют —  $\Gamma_{n,p,\alpha} / \Gamma_{tot} \approx 0,8 \div 0,9$  — в диапазоне энергий возбуждения от 50 до 160 МэВ. Деление возбужденных ядер начинает преобладать лишь при низких энергиях возбуждения. Этот факт указывает на значительное время деления сильно возбужденных ядер:  $\tau \sim (3 \div 6) \cdot 10^{-20}$  с.

Высокая чувствительность и селективность сепаратора ВАСИЛИСА позволила синтезировать и иден-

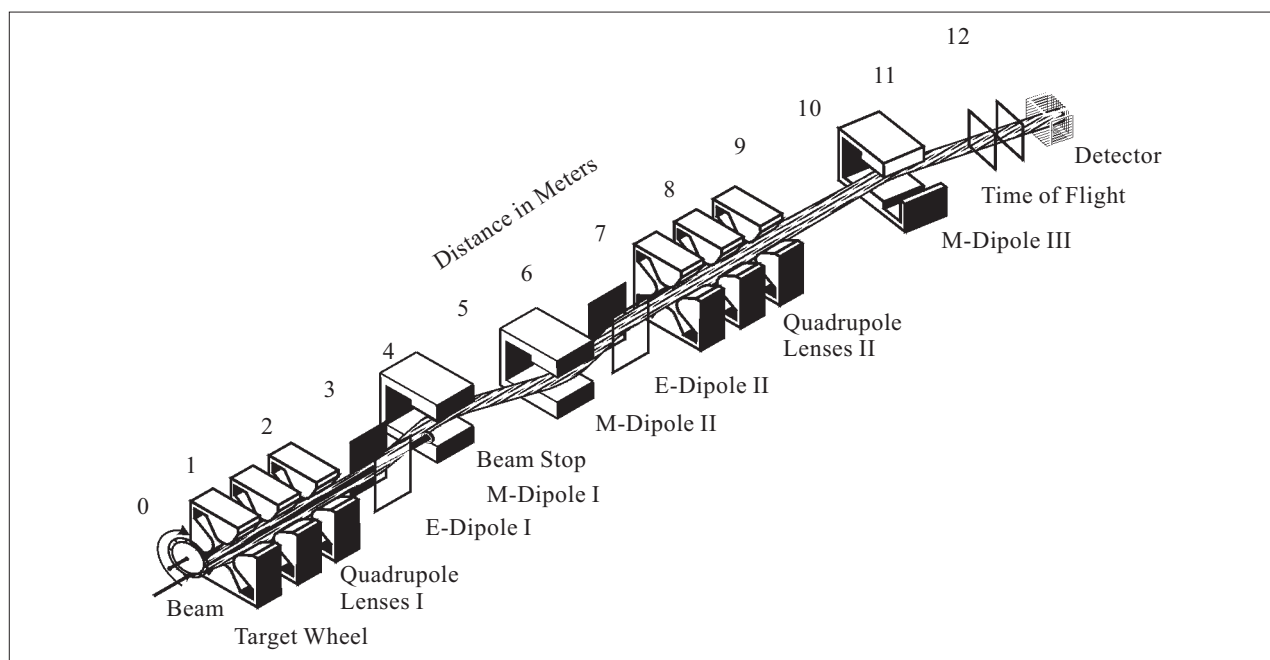


Рис.6. Планируемая модернизация сепаратора ВАСИЛИСА

тифицировать целый ряд нейтрондефицитных изотопов  $^{213,214}\text{Pa}$ ,  $^{219}\text{U}$ ,  $^{228,229}\text{Pu}$  и определить характеристики их  $\alpha$ -распада.

В 1999–2000 гг. планируется модернизировать сепаратор ВАСИЛИСА, превратив его из селектора энергии в селектор скоростей (рис.6). Эта модернизация обеспечит возможность изучения реакций, представляющих особый интерес:  $^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb} \rightarrow ^{294}118^*$ ,  $^{136}\text{Xe} + ^{136}\text{Xe} \rightarrow ^{272}\text{Hs}^*$ , а также реакций с радиоактивными ионами, такими как  $^{132}\text{Sn}$ ,  $^{133}\text{Sb}$ ,  $^{134}\text{Te}$ .

### Ядерные реакции с экзотической мишенью $^{178}\text{Hf}^{m2}$

Программа исследований в рамках проекта «Измер гафния» включала в себя накопление этого высокоспинового изомера и изучение характеристик его ядерных и электромагнитных взаимодействий. В реакции  $^{176}\text{Yb} (^4\text{He}, 2n)^{178}\text{Hf}^{m2}$  было произведено  $\approx 10^{15}$  ядер гафния в изомерном состоянии. Исследования выполнялись в сотрудничестве с CSNSM и IPN (Франция), GSI (Германия), университетами Мюнхена и Майнца (Германия) и РИЦ «Курчатовский институт» (Россия). В настоящее время в рамках данного проекта сотрудничают около 30 институтов Европы и США.

Продолжилось изучение захвата резонансных и тепловых нейтронов  $^{178}\text{Hf}^{m2}$  на реакторе «Osiris» в Сакле (Франция). Полученное значение резонансного интеграла для реакции  $^{178}\text{Hf}^{m2}(n,\gamma)^{179}\text{Hf}^{m2}$  составило

$I_\gamma = (1060 \pm 60)$  б и находится в хорошем согласии с величиной  $I_\gamma = (800 \pm 130)$  б, полученной ранее на реакторе ИБР-2 в Дубне. В то же время было установлено, что выход  $^{179}\text{Hf}^{m2}$  зависит от типа применяемого фильтра нейтронов. Этот факт указывает на возможное наличие как минимум двух резонансов при энергиях 4–5 и 7–8 эВ.

Кулоновское возбуждение изучалось при облучении изомерной мишени пучком ионов  $^{208}\text{Pb}$  на ускорителе UNILAC GSI (Германия). Была определена энергия первого уровня ротационной полосы с  $K=16$ , и получено значение момента инерции для этого перехода.

В фотоядерной реакции  $^{178}\text{Hf}^{m2}(\gamma, n)^{177}\text{Hf}^{m2}$  была получена неожиданно низкая величина вероятности заселения пятиквaziчастичного изомерного состояния в  $^{177}\text{Hf}^{m2}$  ( $I_\pi = 37/2$ ). По отношению к стандартной реакции  $^{181}\text{Ta}(\gamma, n)^{180}\text{Ta}^g$  верхняя граница  $Y(^{177}\text{Hf}^{m2}) / (^{180}\text{Ta}^g) \leq 0,2$ . Методы лазерной спектроскопии применялись для измерения электрических дипольного и квадрупольного моментов и зарядового радиуса ядра  $^{178}\text{Hf}^{m2}$ .

### Ядра вблизи границы стабильности

Полностью завершились сборка, настройка и испытания фрагмент-сепаратора КОМБАС (рис.7) на пучке ускорителя У-400М. Сепаратор оснащен комплексом управляющей и контрольной аппаратуры. В качестве детектора используется полупроводниковый  $\Delta E_1, \Delta E_2, \Delta E_3, \Delta E_4$  телескоп-спектрометр [11].

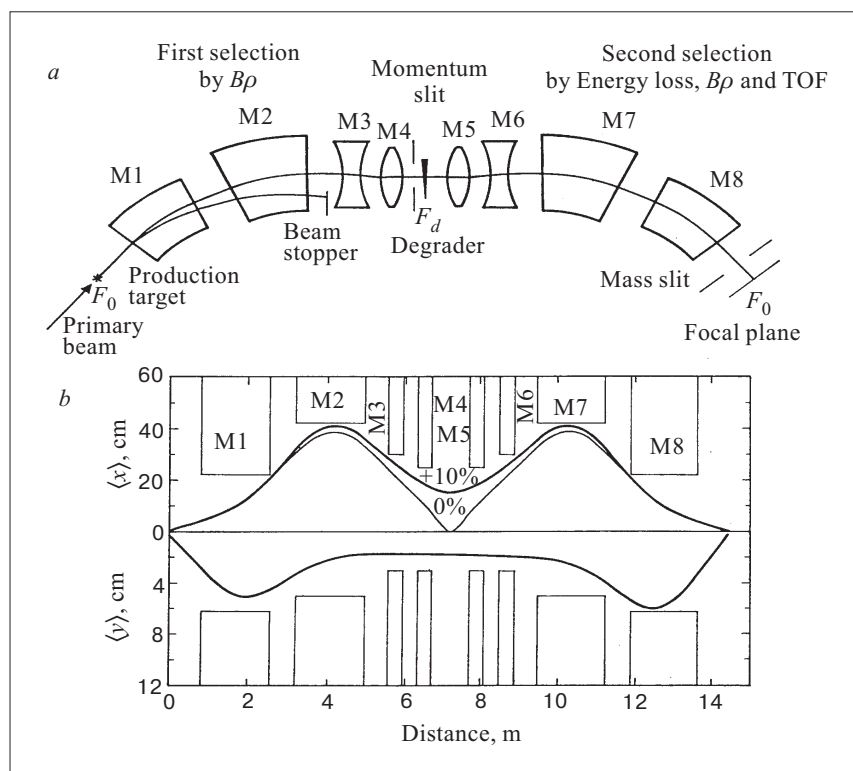
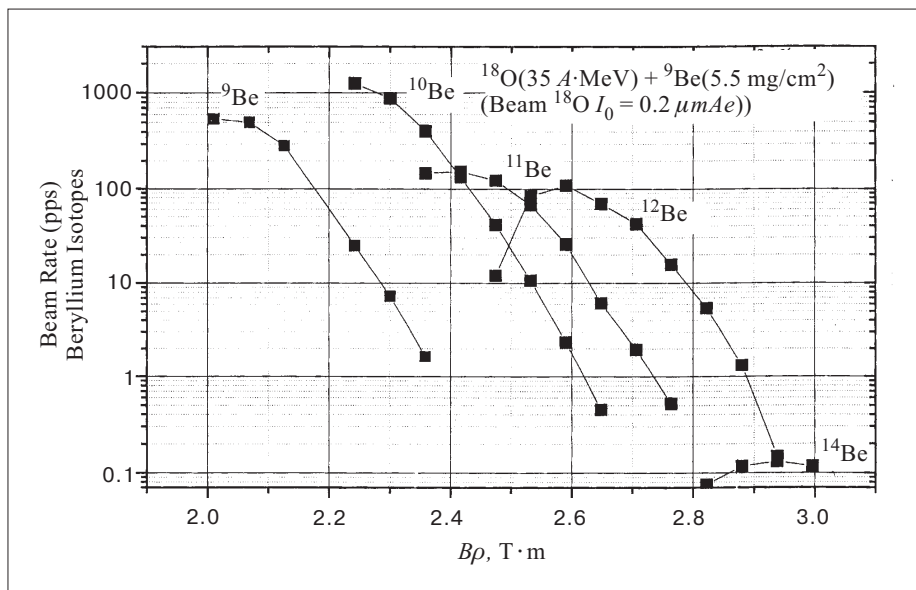


Рис.7. Блок-схема сепаратора КОМБАС и огибающие траекторий ионов

Рис.8. Выходы изотопов Be, измеренные на сепараторе КОМБАС



Комплексное тестирование установки проводилось с пучками ионов  $^{12}\text{C}$  и  $^{14}\text{N}$  с энергией до  $50 \text{ A} \cdot \text{МэВ}$ . Были выполнены первые эксперименты по изучению выхода тяжелых изотопов Be в реакции  $^{18}\text{O}(35 \text{ A} \cdot \text{МэВ}) + ^9\text{Be}$  (рис.8).

#### Реакции с пучками радиоактивных ионов

В настоящее время установка АКУЛИНА полностью укомплектована реакционными камерами, системами диагностики вторичных пучков, криогенной газовой мишенью и детектирующей системой для выполнения экспериментов с радиоактивными пучками.

Вторичные пучки ионов  $^{6,8}\text{He}$ ,  $^{9,11}\text{Li}$ ,  $^{12,14}\text{Be}$ ,  $^8\text{B}$  энергиями  $25 \div 35 \text{ МэВ/A}$  производились при помощи первичных пучков ионов  $^7\text{Li}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  и  $^{18}\text{O}$ . Интенсивности первичных пучков в этих экспериментах составляли от  $1,5$  до  $15 \text{ мкА}$ . Были получены интенсивности  $1,5 \cdot 10^6$  и  $7 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$  соответствен-

но для пучков  $^6\text{He}$  и  $^8\text{He}$  энергией  $25 \text{ МэВ/A}$  при облучении мишени площадью  $0,3 \div 0,5 \text{ см}^2$ .

Выполнены измерения угловых распределений продуктов реакций передачи и упругого рассеяния для системы  $^6\text{He} + p$  в обратной кинематике с радиоактивным пучком  $^6\text{He}$ . Это редко встречающийся случай процесса передачи, в котором участвуют ядра, содержащие и не содержащие нейтронное гало. Используя соответствующие данные для системы  $^6\text{Li} + p$ , можно сравнить влияние структурных параметров на изучаемый процесс. Угловые распределения продуктов упругого рассеяния и продуктов передачи  $1n$  и  $2n$  были получены при измерениях энергий совпадающих продуктов реакции [12].

Обобщенные результаты трех серий экспериментов представлены на рис.9 (*a* — упругий канал, *b* —  $^5\text{He} + d$ -канал и *c* —  $\alpha + t$ -канал). Указанные на рисунке ошибки включают в себя статистические погрешности и неточности в определении трансмиссии установки.

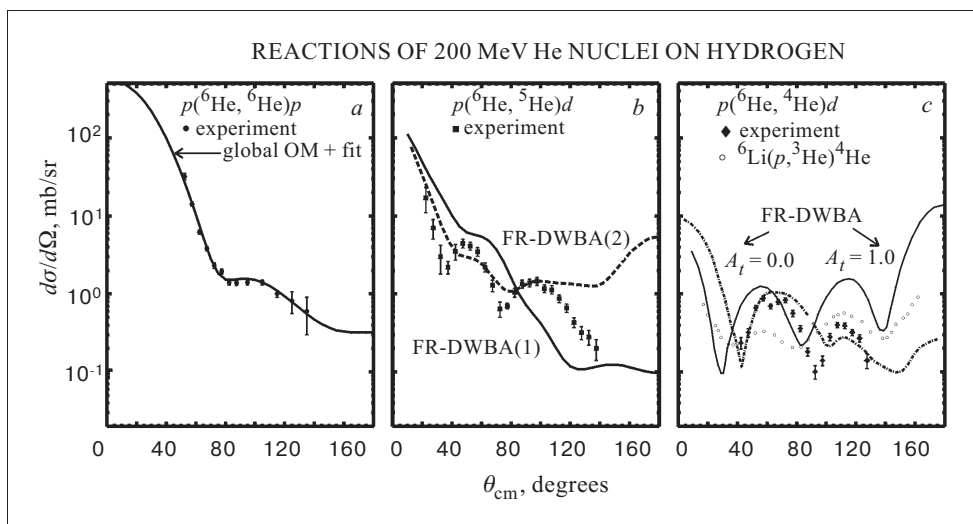


Рис.9. Угловое распределение процессов реакций передачи и упругого рассеяния, измеренных на установке АКУЛИНА

Проявления структуры ядра  ${}^6\text{He}$  изучались в процессах упругого рассеяния и передачи ядер  ${}^6\text{He}$  с энергией 150 МэВ на ядрах водорода и гелия. Впервые измерено дифференциальное сечение упругого рассеяния  ${}^6\text{He}$  на  ${}^4\text{He}$  в диапазоне углов  $25 \div 160^\circ$  в системе центра масс. Увеличение сечения, наблюдавшееся при рассеянии назад, было интерпретировано в соответствии с волновыми функциями  ${}^6\text{He}$ , предсказываемыми существующими теориями. Эти исследования явились первым экспериментальным подтверждением «динейтронной» конфигурации нейтронного гало в  ${}^6\text{He}$ , предсказанной теорией.

Впервые измерены сечения упругого рассеяния и реакций передачи одного и двух нейтронов в системе  ${}^6\text{He} + p$  при энергии взаимодействия 150 МэВ в диапазоне углов  $40 \div 140^\circ$  в с. ц. м. Результаты анализировались в рамках теории DWBA. Выходной канал  $\alpha + t$  представляет особый интерес, поскольку оба процесса — передача  $2n$  и  $t$  — вносят вклад в полное сечение. Полученные экспериментальные данные позволяют заключить, что амплитуда двухтритонного состояния в  ${}^6\text{He}$  пренебрежимо мала. Анализ показывает высокую величину (близкую к единице) спектроскопического фактора «динейтронной» конфигурации нейтронного гало в  ${}^6\text{He}$  [13].

Выполнен эксперимент по изучению упругого рассеяния и передачи одного и двух нейтронов при взаимодействии пучка  ${}^6\text{He}$  с гелиевой мишенью. Полученные данные обрабатываются.

Результаты, накопленные на установке АКУЛИНА, будут применяться для получения пучков радиоактивных ионов на ускорителе У-400М и в экспериментах на установке ФОБОС.

### Ядерные реакции при промежуточных энергиях

На установке ФОБОС на пучке циклотрона У-400М в реакциях  ${}^7\text{Li}(43 \text{ МэВ}/A) + {}^{232}\text{Th}$  и  ${}^{14}\text{N}(34 \text{ МэВ}/A) + {}^{197}\text{Au}$  изучены зависимости сечений двойного и тройного деления высоковозбужденных ( $E^* \sim 300 \text{ МэВ}$ ) составных ядер от величины переданного момента. Измерительная система ФОБОСа состоит из канала измерения времени пролета, 16 газонаполненных измерительных модулей и 80 CsI(Tl)-детекторов. Значительное количество накопленных событий —  $\sim 3 \cdot 10^6$  двойных и  $\sim 2 \cdot 10^3$  тройных коррелированных событий — позволяет выполнить детальный анализ энергетической и угловой зависимостей эмиссии фрагментов промежуточных масс при распаде высоковозбужденных ядер на три фрагмента.

Был наблюден эффект предделительного охлаждения горячих ядер и резкое увеличение дисперсии массового распределения осколков деления при энергиях возбуждения  $100 \div 250 \text{ МэВ}$ .

На базе накопленных событий испускания трех фрагментов проведен корреляционный анализ событий. Этот анализ позволил четко различить случаи одновременного и последовательного распадов. Было показано, что распад на три фрагмента приблизительно равной массы происходит одновременно через коллинеарную промежуточную конфигурацию, которая может рассматриваться как предельный случай механизма эмиссии из «шейки» делящегося ядра.

### Динамика неравновесных процессов

Изучение структуры нейтронообогащенных ядер  ${}^{7-10}\text{He}$ ,  ${}^{10,11}\text{Li}$ ,  ${}^{13,14}\text{Be}$ ,  ${}^{16}\text{B}$ , включающее измерение массы и структуры уровней, проводилось в сотрудничестве с РИЦ КИ (Россия), НМИ (Германия) на ускорителях ЛЯР и НМИ. Полученные данные исключительно важны для понимания кластерной структуры, исследований нейтронного гало и исследований стабильности нейтронообогащенных легких ядер [14].

В сотрудничестве с ЛЯП ОИЯИ, LAMPF (США), IPN (Чехия), ЕрФИ (Армения) завершено создание установки «Мульти», предназначенной для изучения сильно возбужденных ядерных систем, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами промежуточных энергий, а также для изучения экзотических ядер, образующихся в реакциях с пучками радиоактивных ионов. Новая установка располагается на пучке циклотрона У-400М (рис.10), содержит 19 BGO-детекторов, многопроволочную ионизационную камеру, два кремниевых телескопа и 4π-BGO-фосвич-спектрометр.

На установке «Мульти» с использованием пучка У-400М были получены первые результаты по изучению протонного гало в ядре  ${}^8\text{B}$ . В реакции  ${}^{14}\text{N}(40 \text{ МэВ}/n) + {}^{181}\text{Ta}$  с помощью сферического BGO-спектрометра получены новые данные о выходах высоковозбужденных фрагментов и о подбарьерной генерации π-мезонов.

С помощью спектрометра МСП-144 получены данные о выходах различных фрагментов в реакциях с ионами  ${}^{32}\text{S}$  и  ${}^{34}\text{S}$  при энергиях до 20 МэВ/А.

В сотрудничестве с GANIL (Франция) изучены свойства нейтронообогащенных изотопов в области замкнутой оболочки с  $N=20$ . Получены данные о ядерной нестабильности  ${}^{28}\text{O}$ . Измерены периоды β-распада ядер  ${}^{27,29}\text{F}$  и  ${}^{30}\text{Ne}$ .

При фрагментации ядра  ${}^{112}\text{Sn}$  на никелевой мишени зарегистрировано около 30 случаев образования дважды магического ядра  ${}^{100}\text{Sn}$  ( $N=Z=50$ ). Были также идентифицированы новые изотопы в диапазоне масс  $A=87 \div 104$ , и наблюдалось около 30 новых изомеров ядер от F до Cl с  $T_{1/2}$  от 100 нс до 100 мкс.

Эксперименты по получению и идентификации новых нейтронообогащенных ядер  ${}^{38}\text{Mg}$ ,  ${}^{40,41}\text{Al}$  были выполнены в RIKEN. Получены указания на

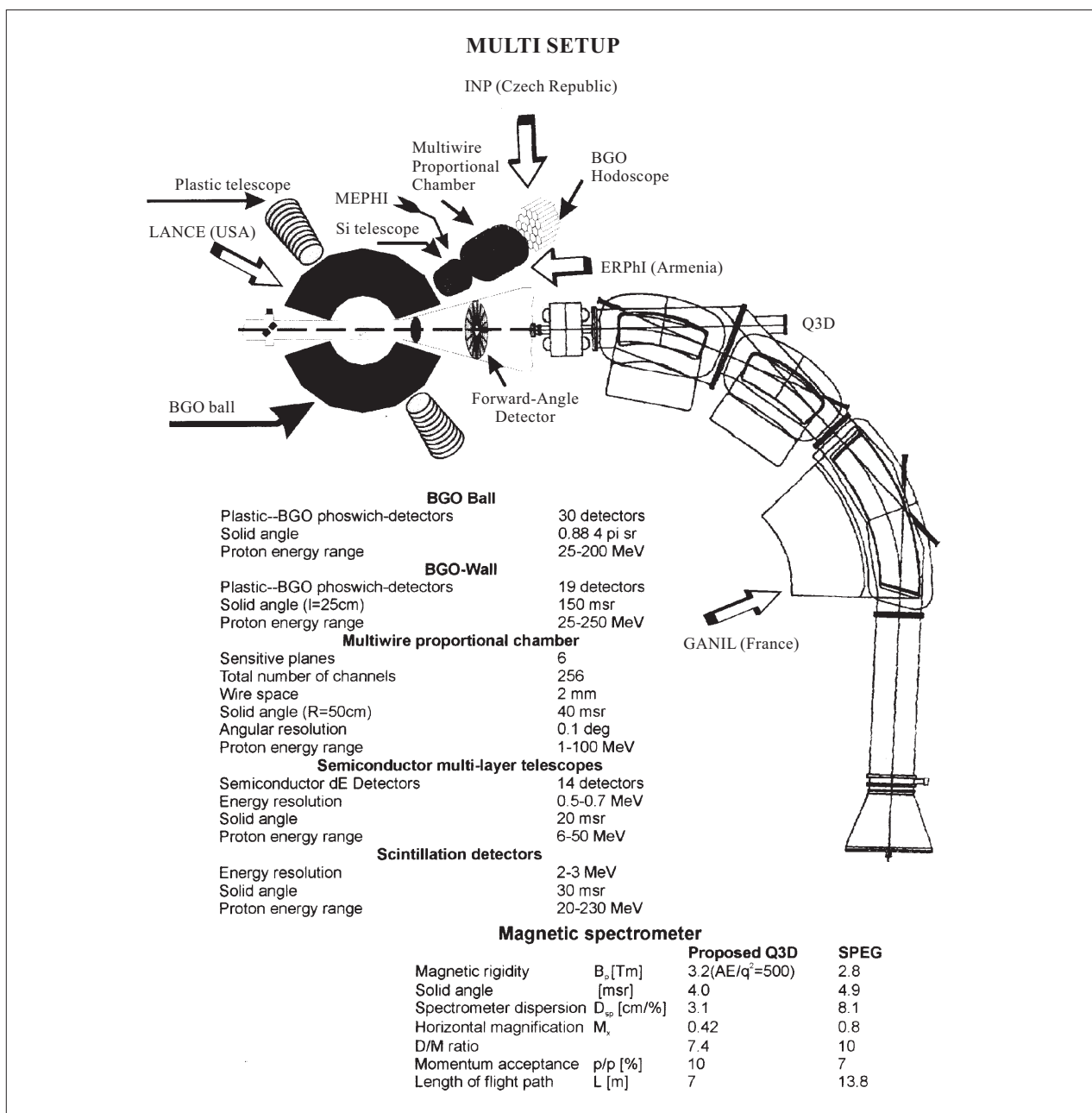


Рис.10. Блок-схема установки «Мульти»

ядерную нестабильность  $^{33}\text{Ne}$ . В этих экспериментах наблюдалось 2800 случаев образования  $^{30}\text{Ne}$ , 90 событий  $^{31}\text{Ne}$  и 70 событий  $^{32}\text{Ne}$ .

### Свойства легких ядер

При помощи методов лазерной спектроскопии высокого разрешения были изучены изотопные сдвиги оптических переходов в изотопах Ti с массами 46 ÷ 50. Впервые определены разницы зарядовых радиусов ядер, располагающихся между замкнутыми оболочками  $20 \leq Z, N \leq 28$ . Сравнение зависимостей зарядовых радиусов от числа нейтронов выполнено

для изотопов Ti и Ca. Установлено, что в противоположность Ca, где при  $N = 24$  наблюдается излом зависимости, в случае изотопов Ti зарядовые радиусы плавно возрастают при убывании массового числа.

Методами резонансной флюоресценции измерены отношения магнитных дипольных моментов для пар изотопов лантанидов и актинидов. Получены новые данные о пространственном распределении электрических токов. Среди изученных изотопов наибольшее различие отношения магнитных дипольных моментов наблюдается для пары  $^{233}\text{U} - ^{235}\text{U}$  ( $\approx 1\%$ ). Подготовлена новая установка для on-line экспериментов с использованием лазерного излучения.

## ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

В настоящее время циклотроны У-400 и У-400М оснащены ЭЦР-источниками ионов DECRIS-14-2 и ECR-4M, работающими на частоте 14 ГГц. Эти источники эксплуатируются в течение трех лет, и благодаря им достигнут существенный прогресс в экспериментах по синтезу тяжелых ядер, получении вторичных пучков и прикладных исследованиях.

Получение пучков ионов  $^{48}\text{Ca}$  является, по-видимому, ключевой проблемой синтеза сверхтяжелых ядер. Было необходимо получить максимальные интенсивности пучков при минимальном расходе этого редкого и исключительно дорогого изотопа. Для решения этой задачи в 1995–1997 гг. на циклотронах У-400 и У-400М были установлены источники ионов ЭЦР-типа и системы аксиальной инжекции (рис.11).

### Разработка ионных источников и получение пучков $^{48}\text{Ca}$

Сотрудники группы ионных источников ЛЯР сосредоточили усилия на решении следующих задач:

- стабильное получение пучков в длительных экспериментах;
- повышение интенсивности пучка ионов  $^{48}\text{Ca}^{5+,6+}$ ;
- оптимизация расхода рабочего вещества при максимальной интенсивности пучка.

Наиболее стабильные и высокоинтенсивные пучки ионов были получены при использовании металлического кальция. Из  $1,4 \cdot 10^{15}$  атомов Ca, введенных в источник, получается около  $6 \cdot 10^{13}$  ионов  $^{48}\text{Ca}^{5+}$  из источника ECR-4M. В результате при таком режиме работы источника удается обеспечить около 2500 часов облучения мишени, используя 1 г  $^{48}\text{Ca}$ . ЭЦР-источник на циклотроне У-400 обеспечил увеличение эффективности использования рабочего вещества примерно в 100 раз по сравнению с источниками других типов [15].

Ионы газов He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и Ar успешно производятся источником DECRIS-14-2 и ускоряются на циклотроне У-400М. Этот источник показал высокую производительность, особенно для ионов средней зарядности (например, 600 мкА ионов Ar<sup>8+</sup>), а также надежную работу в длительных экспериментах.

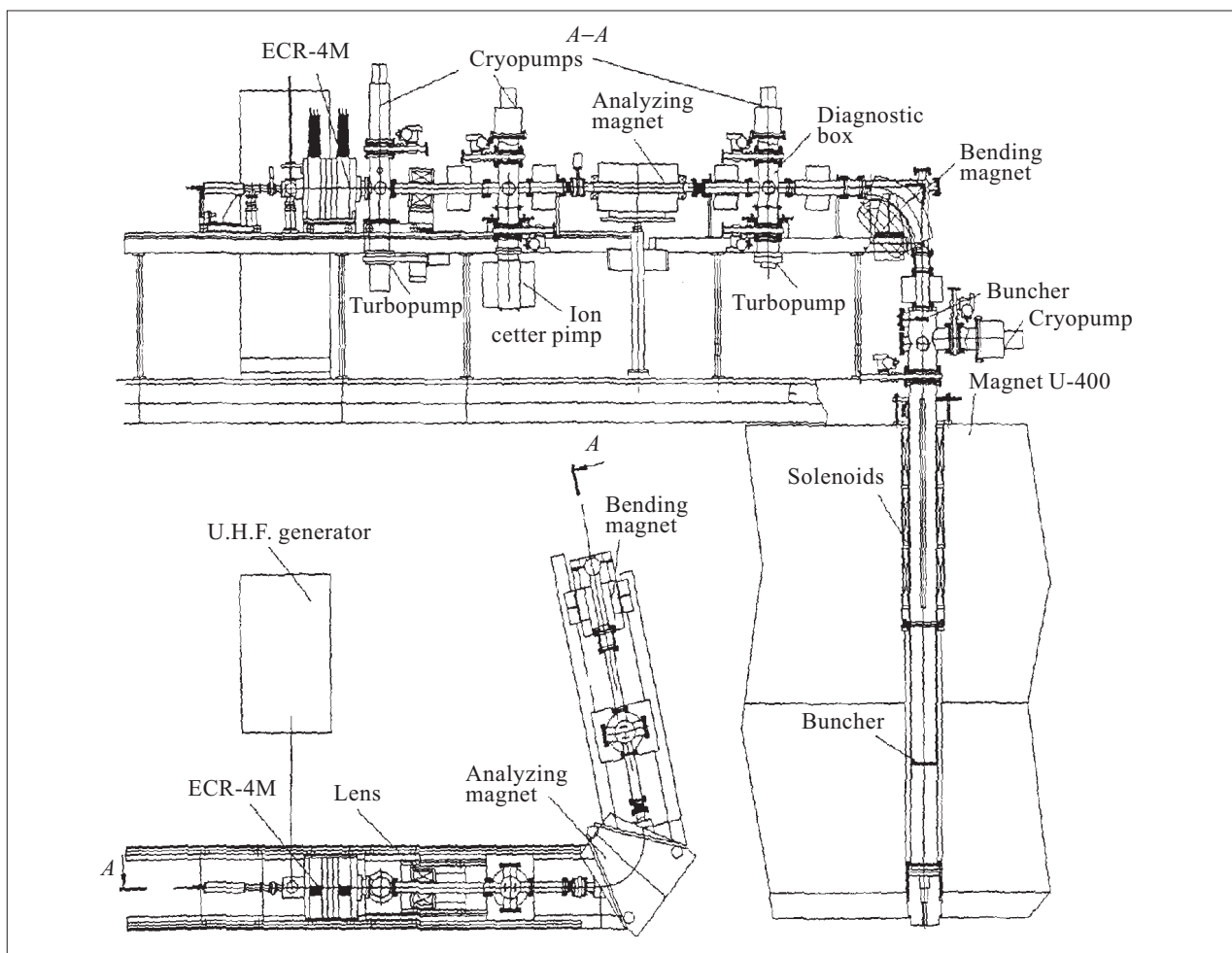


Рис.11. Схема получения и инжекции ионов  $^{48}\text{Ca}$  в циклотрон У-400

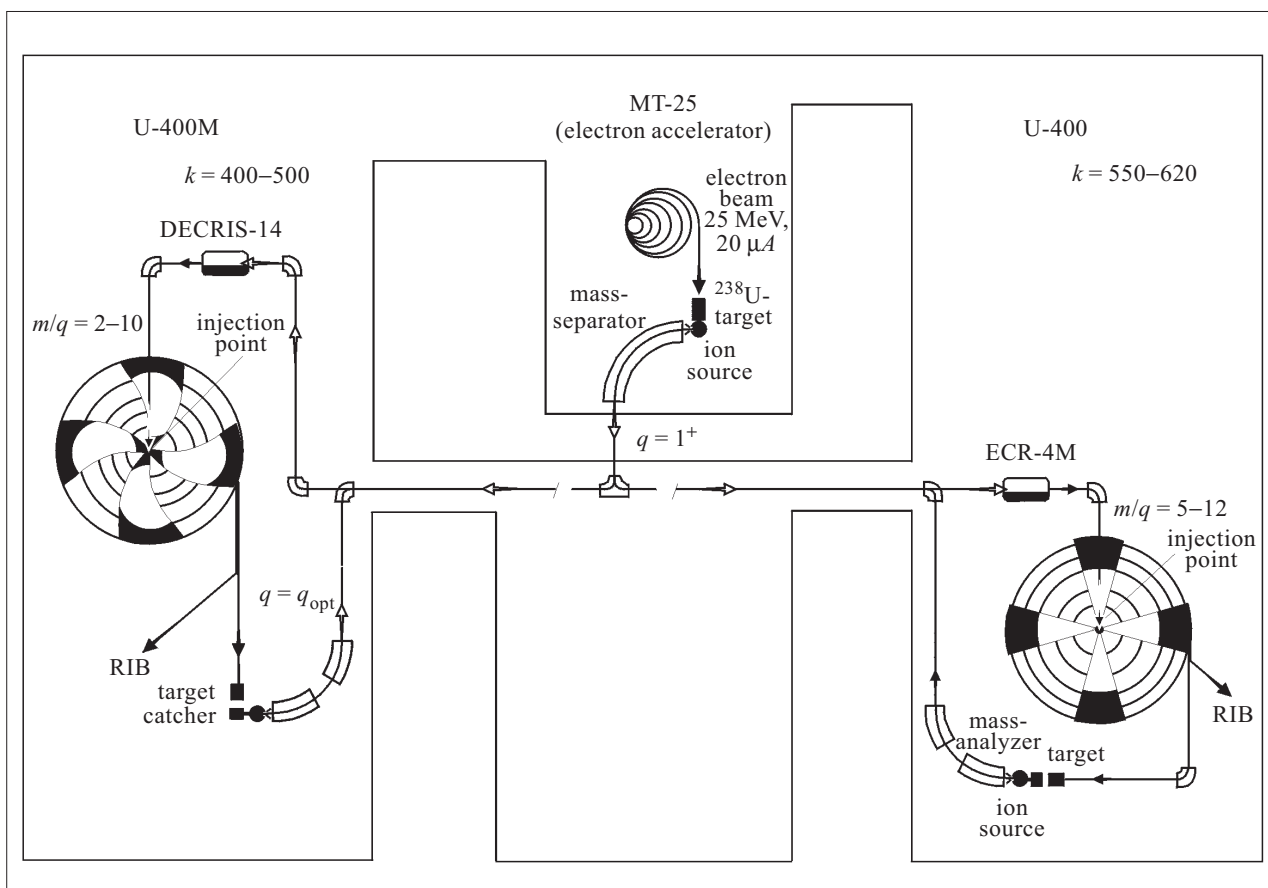


Рис.12. Концепция получения радиоактивных пучков в ЛЯР

Благодаря разработке специальной микрочаши для испарения твердых веществ с максимальной температурой 900 °С, был достигнут существенный прогресс в получении ионов металлов. Эта микрочаша в комбинации со специальным танталовым экраном позволила получать пучки ионов  ${}^7\text{Li}^{2+}$  и  ${}^{26}\text{Mg}^{3+}$  при токах до 200 мкА.

Разработан новый проект (рис.12) получения на ускорительном комплексе тяжелых ионов U-400M + U-400 пучков легких радиоактивных ионов, таких как  ${}^6,8\text{He}$ , и пучков осколков деления из реакций фотоделения на микротроне MT-25 [16]. Этот проект получил высокую оценку ПКК по ядерной физике.

## РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Разработан и реализован новый метод облучения материалов пучками тяжелых ионов, сфокусированных параллельно поверхности образца, который позволяет изучать структуру треков ионов. Методами сканирующей электронной и туннельной микроскопии были выполнены комплексные исследования структуры поверхности полупроводников (Si, GaAs, монокристаллический естественный и синтетический алмазы, пиролитический графит) и диэлектриков ( $\text{LiF}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , слюда), облученных пучками ионов Kr с энергией 210 МэВ. Было показано, что в месте взаимодействия иона с поверхностью материала

образуется кратероподобная структура и происходит выброс вещества на поверхность удара.

Разработана феноменологическая модель структуры трека в полупроводниковых и диэлектрических кристаллах. На основании предложенной модели исследована диффузия примесей вдоль трека тяжелого иона. Подобные исследования важны для создания многослойных проводящих структур.

Разработаны новые методы облучения полимеров, которые позволяют создавать мембраны с ультрамалым диаметром пор.



**Производство особо чистых изотопов для биомедицинских и экологических исследований.** Для производства моноизотопов  $^{236}\text{Pu}$  и  $^{237}\text{Pu}$  использовалось облучение мишени  $^{235}\text{U}$  пучком  $\alpha$ -частиц и последующее обогащение на сепараторе ЯСНАПП (ЛЯП ОИЯИ). Изотопная чистота препаратов составляла 99,997 %. Эти препараты использовались в совместных экспериментах с Харуэллской лабораторией (Великобритания) для исследования метаболизма плутония в человеческом организме «in vivo».

Разработан метод получения  $^{178}\text{W}$  в реакции  $^{\text{nat}}\text{Hf} (^4\text{He}, xn)$  на пучке циклотрона У-200. Изотоп

$^{178}\text{W}$  используется в виде генератора  $^{178}\text{W} / ^{178}\text{Ta}$  в кардиодиагностике.

Разработаны высокочувствительные методы определения  $^{232}\text{Th}$ ,  $\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  и  $\text{Pu}$  в почве, воде, воздухе, растениях и биологических объектах. Методы используют реакцию  $(\gamma, f)$  и обеспечивают чувствительность обнаружения до  $10^{-13}$  г,  $5 \cdot 10^{-14}$  г,  $3 \cdot 10^{-14}$  г и  $1,5 \cdot 10^{-14}$  г соответственно для указанных изотопов. Данными методами проведено более 120 анализов образцов из областей Украины, Белоруссии и Урала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Oganessian Yu. Ts. et al. *Experiments on the Synthesis of Superheavy Nuclei in the  $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$  Reaction*. — Submitted to «Phys. Rev. Lett.».
2. Yeremin A. V. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1998, No. 6[92]-98, p. 21.
3. Oganessian Yu. Ts. et al. — *JINR Preprint E7-98-212, Dubna 1998*; submitted to «European Physical Journal A».
4. Oganessian Yu. Ts. et al. *FLNR JINR Experiments on Synthesis of Superheavy Nuclei with  $^{48}\text{Ca}$  Beam*. — In: *Proc. the 2nd International Conference on Exotic Nuclei and Atomic Masses, 23–27 June, 1998, Shanty Creek Resort, Bellarie, Michigan, USA*.
5. Oganessian Yu. Ts. et al. *Experiments on Synthesis of Superheavy Elements with  $Z=110, 112$  via Reactions  $^{48}\text{Ca} + ^{232}\text{Th}, ^{238}\text{U}$* . — In: *Proc. of the Fourth International Conference on Dynamical Aspects of Nuclear Fission, Casta-Papiernicka, Slovak Republic, October 19–23, 1998*.
6. Tuerler A. et al. — *J. Alloys Comp.*, 1998, v. 87, p. 271.
7. Taut S. et al. — *Radiochim. Acta*, 1998, v. 80, p. 7.
8. Zvara I. et al. — *Radiochim. Acta*, 1998, v. 81, p. 179.
9. Kozulin E. et al. *Fission Properties and the Time Scale of the Fusion-Fission Process of the Nucleus  $Z=110$  Formed in the Reaction  $^{249}\text{Cf} + ^{24}\text{Mg}$* . — In: *Proc. of XVI Nuclear Physics Division Conference, European Physics Society, Padova, 1998, p. 18*.
10. Itkis M. et al. *Fusion-Fission of Weakly-Excited Neutron-Rich Nuclei  $^{273}106, ^{271}108$  and  $^{270}106$  Produced in Reactions with  $^{24}\text{Mg}$  and  $^{16}\text{O}$* . — In: *Proc. of XVI Nuclear Physics Division Conference, European Physics Society, Padova, 1998, p. 15*.
11. Artukh A. G. et al. — *JINR Preprint E7-98-294, Dubna, 1998*.
12. Wolski R. et al. — *JINR Preprint E15-98-284, Dubna, 1998*.
13. Ter-Akopian G. M. et al. — *Phys. Lett. B*, 1998, v. 426, p. 251.
14. Belozyorov A. V. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1998, v. 636, p. 419.
15. Kutner V. B. et al. *Operation and Recent Development of ECR-Ion Sources at the FLNR (JINR) Cyclotrons*. — In: *Proc. of the 15th Int. Conf. on Cyclotrons and Their Applications, 14–19 June, Caen, France, 1998*.
16. Oganessian Yu. Ts. — *FLNR Internal Report, Dubna, 1998*.

# ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И.М.ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики в 1998 г. охватывалась пятью темами Проблемно-тематического плана 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»), руководитель А.М.Балагуров), по нейтронной ядерной физике (тема «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер», руководитель В.И.Фурман). Для обеспечения физических исследований осуществлялось развитие и создание базовых установок лаборатории ИБР-2 (тема «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2», руководитель В.Д.Ананьев) и

ИРЕН (тема «Разработка проекта ИРЕН», руководитель В.И.Фурман), а также развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ (тема «Развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ», 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 релаксорным ферроэлектрикам, по коллективным эффектам в конденсированных средах, по дейтерированию биомолекул для структурных и динамических исследований. Была проведена очередная Школа по нейтронной физике, посвященная 90-летию со дня рождения И.М.Франка.

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

**Экспериментальные исследования.** В 1998 г. на реакторе ИБР-2 велись нейтронографические исследования по физике конденсированных сред с использованием четырех основных методик: дифракции, малоуглового рассеяния, неупругого рассеяния и оптики поляризованных нейтронов. В течение года было проведено восемь сессий работы реактора. Распределение времени на эксперименты на спектрометрах реактора производилось в соответствии с рекомендациями экспертов по поступившим заявкам и имеющимися долгосрочными обязательствами.

В список спектрометров для работы в режиме пользователей в 1998 г. были включены 10 установок: ФДВР, ДН-2, ДН-12, «Скат», ЮМО, СПН, «Рефлекс-П», КДСОГ, НЕРА и ДИН. Новым спектрометром в расписании является текстурный дифрактометр «Скат», принятый в эксплуатацию весной 1998 г. и заменивший спектрометр НСВР. Вертикальная геометрия детекторной системы на «Скат» позволила значительно улучшить условия регистрации дифракционных данных от крупноблочных геологических образцов. На дифрактометре ДН-2 началась практическая работа с тороидальной камерой высокого да-

вления (разработанной в ИФВД), позволяющей достигать давлений до 70 кбар. На спектрометре СПН существенно расширены методические возможности по регистрации рассеяния поляризованных нейтронов, в частности, введены в действие адиабатический спин-флиппер, анализатор на суперзеркале и ПЧД. Осенью 1998 г. началась работа по проводке пучка нейтронов для нового фурье-дифрактометра ФСД. Предполагается, что в следующем году ФСД будет сдан в эксплуатацию.

**Дифракция.** Закончена обработка информации, подготовлена и направлена в печать публикация о зависимости структуры соединения  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$  от приложенного внешнего давления при разном содержании допирующего кислорода [1]. Показано, что влияние давления на межатомные расстояния в структуре сильно зависит от уровня допирования: при  $\delta = 0,06$  структура сжимается однородно, в передопированном состоянии сжимаемость некоторых расстояний ( $\text{Hg-O2}$ ) уменьшается до нуля, сжимаемость других ( $\text{Ba-O3}$ ) увеличивается в 2,5 раза. Последнее указывает на значительное изменение концентрации

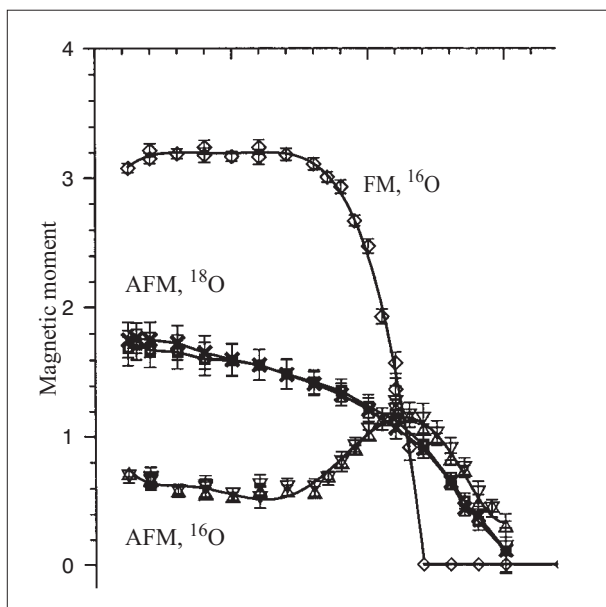


Рис.1. Температурные зависимости магнитного момента Mn (в магнетонах Бора) для FM- и AFM-компонент образца  $^{16}\text{O}$  и AFM-компонент образца  $^{18}\text{O}$ . Для образца  $^{16}\text{O}$  точки были промерены дважды

свободных носителей заряда в проводящих плоскостях  $\text{CuO}_2$  под давлением.

Интересные результаты получены при исследовании перовскитных манганитов, обладающих CMR-эффектом (colossal magnetoresistance effect). Было показано, что изменения транспортных и магнитных свойств соединения  $\text{La}_{0,35}\text{Pr}_{0,35}\text{Ca}_{0,30}\text{MnO}_3$  при фазовом переходе связаны с изменениями атомной структуры. А именно, при переходе изолятор–металл происходит «плавление» орбитального упорядочения атомов кислорода на связях, сопровождаемое скачком объема [2]. Исследовано влияние изотопического замещения кислорода  $^{16}\text{O}$  на  $^{18}\text{O}$  на магнитную структуру и зарядовое упорядочение манганита

$(\text{La}_{0,25}\text{Pr}_{0,75})_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ , в котором ранее было открыто сильное влияние изотопического состава на транспортные свойства. Изучена эволюция магнитной структуры двух образцов этого соединения, один из которых содержал естественную смесь изотопов кислорода (99,7%  $^{16}\text{O}$ ), а другой был обогащен на 75% изотопом  $^{18}\text{O}$ . Установлено, что при комнатной температуре образцы являются кристаллографически идентичными. При понижении температуры образец с  $^{16}\text{O}$  последовательно испытывает антиферро- ( $T_{\text{AFM}}=150\text{ K}$ ) (рис. 1) и ферромагнитный ( $T_{\text{FM}}=110\text{ K}$ ) переходы, приводящие к установлению неколлинеарной ферромагнитной структуры, в то время как в образце с  $^{18}\text{O}$  возникает чисто антиферромагнитный ( $T_{\text{AFM}}=150\text{ K}$ ) порядок. Температурные зависимости дифракционных пиков, связанных с зарядовым упорядочением, существенно разные в образцах с  $^{16}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$  и также коррелируют с поведением их электрического сопротивления. Эти экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что низкотемпературное состояние  $(\text{La}_{0,25}\text{Pr}_{0,75})_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$  действительно контролируется сильным динамическим электрон-фононным взаимодействием, благодаря которому изотопическое замещение  $^{16}\text{O}$  на  $^{18}\text{O}$  приводит к изменению электронного состояния (металл–диэлектрик) и полностью коррелирующему с ним изменению магнитной структуры (неколлинеарный ферромагнетик – чистый антиферромагнетик) [3].

**Малоугловое рассеяние.** Методом малоуглового рассеяния изучался важный с практической точки зрения процесс проникновения этанола через модельную липидную мембрану. Определялось влияние этанола на толщину липидного бислоя и межмембранное взаимодействие. Уменьшение толщины мембраны соответствует формированию фазы с взаимным проникновением углеводородных цепей [4].

**Поляризованные нейтроны и нейтронная оптика.** Новые методические возможности, реализованные на спектрометре СПН, позволили начать эксперименты по наблюдению сложного и интересного явления образования нейтронных стоячих волн при

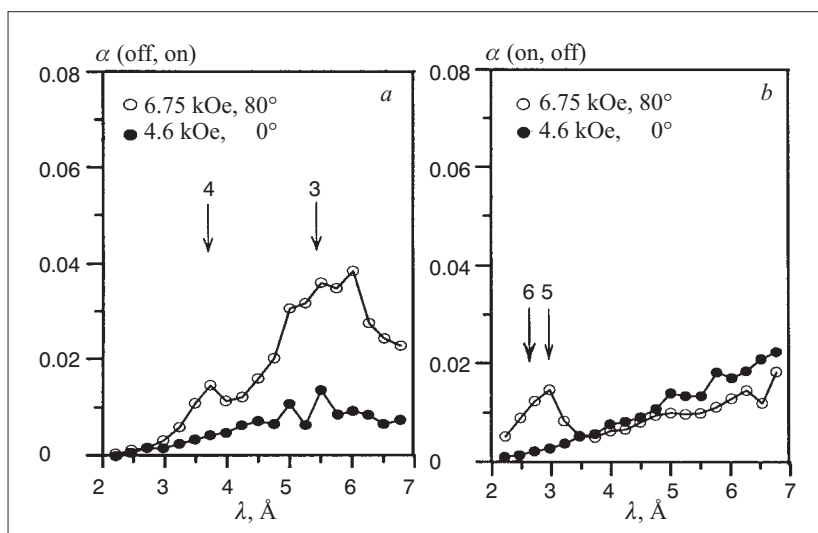


Рис.2. Зависимость отношения отсчетов  $\alpha(\text{off}, \text{on})$  и  $\alpha(\text{on}, \text{off})$  от длины волны для угла отражения падающего пучка, равного 3,2 мрад. Расстояние от образца до детектора 3 м

прохождении нейтронов через тонкие слои. В первых экспериментах использовался режим полного отражения и несколько каналов регистрации эффекта (по захватным  $\gamma$ -квантам или  $\alpha$ -частицам, нейтронам, испытывавшим переворот спина). Стоячие нейтронные волны с периодом от 250 до 500 Å были надежно зарегистрированы, и удалось показать, что их регистрация позволяет определять смещения магнитно-неколлинеарного слоя внутри среды с точностью на уровне 0,1 Å [5].

## НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В соответствии с рекомендациями 8-й сессии ПКК ОИЯИ по ядерной физике в 1998 г. научная программа осуществлялась на базе ИБР-30 и других нейтронных источников, например, в ILL, LANL, FZK (Карлсруэ), университетах Пекина и Киото. Были получены следующие основные результаты.

**Методологические исследования.** Важные результаты были получены в создании новой установки «Катрин» [7] для исследований временивариантных нарушений (ВИН) в реакциях наведенных нейтронов. Первые эксперименты по поляризации на нейтронном поляризаторе на основе  $^3\text{He}$  с оптической откачкой проведены в коллаборации с группой ФИ РАН. В рамках нового проекта ISTC (в коллаборации ОИЯИ–ИТЭФ–Институт импульсной техники) начаты работы по проектированию и изготовлению прототипа установки для изучения нарушений симметрии (НСЧ и ВИН).

Целью проекта является создание нейтронного поляризатора и анализатора со сверхпроводящими магнитами и поляризованной ядерной мишенью большого объема нового типа.

В 1998 г. при первом испытании нового поляризатора получена поляризация нейтронов около 45% (расчетная величина 95 %).

Проведен комплексный тест установки «Колхида» на нейтронном пучке № 1 реактора ИБР-2. Первые эксперименты подтвердили ожидаемые характеристики поляризованного пучка нейтронов, которые проверялись с помощью дифракции поляризованных нейтронов на кристаллическом образце.

На пучке № 1 реактора ИБР-2 смонтирована первая секция (7 м) нового вакуумного зеркального нейтронновода. Ожидается, что после завершения строительства этого нейтронновода интенсивность пучка тепловых нейтронов увеличится на порядок величины.

**Экспериментальные исследования.** На спектрометре «Угра» были проведены два сеанса экспериментов:

— первые измерения анизотропии упругого рассеяния нейтронов на мишени  $^{238}\text{U}$  в энергетическом диапазоне 1–10 кэВ для оценки возможностей извлечения информации по электрической поляризации нейтронов;

**Неупругое рассеяние нейтронов.** На спектрометре обратной геометрии НЕРА в последнее время выполнен большой цикл работ по изучению плотности колебательных состояний метиловых групп в органических молекулах, адсорбированных на различных образцах аморфных кремнезёмов, представляющих большой интерес для современных нанотехнологий. Получен большой объем фактической информации о вибрационных спектрах, кроме того, результаты экспериментов используются для проверки расчетов этих систем методами квантовой химии [6].

— исследование уникального дублета нейтронных резонансов на  $^{89}\text{Y}$  при энергии нейтронов 11,6 кэВ с сильными эффектами интерференции.

В рамках коллаборации TRIPLE (Лос-Аламос) получены важные результаты по зависимости массы от ширины слабых взаимодействий (рис.3):

$$\Gamma = 2\pi M/D.$$

Значительные эффекты НСЧ наблюдались для  $\sim 70$   $p$ -волновых нейтронных резонансов на изотопных мишенях Nb, Rh, Ag, Pd, Cd, In, Sn, Sb, I, Cs, Xe, Th, U.

Продолжена программа исследований деления ядра резонансными нейтронами с целью изучения этого процесса в условиях, когда известны спин и четность делящейся системы. Это будет осуществлено с помощью проведения более полного исследования ядра рассматриваемой мишени. Типичным примером является ядро  $^{235}\text{U}$  (спины  $s$ -волновых резонансов известны из предыдущих экспериментов на поляризованных нейтронах и ядрах мишени). На ИБР-30 проведены следующие измерения (в сотрудничестве с Гатчиной, Обнинском, Братиславой, Делфтским университетом):

*P*-четные корреляции фрагментов деления — назад-вперед, влево-вправо (с поляризованными ней-

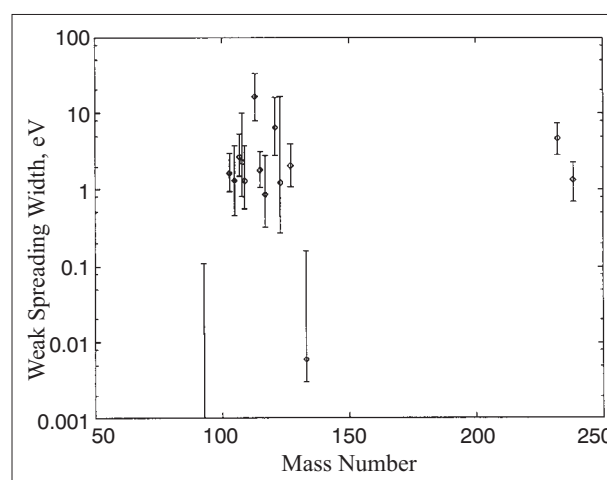


Рис.3. Зависимость размытых ширин слабого взаимодействия от массы

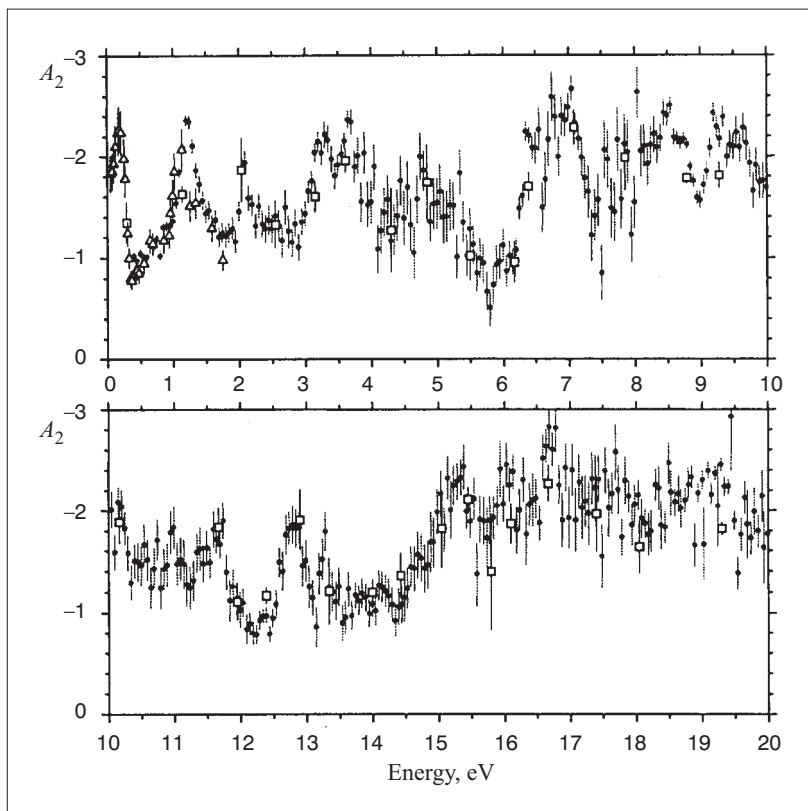


Рис.4. Зависимость коэффициента анизотропии  $A_2$  от энергии. Квадраты и треугольники — данные, полученные Паттенденом и Постмой соответственно

тронами) и анизотропия  $A_2$  (с выровненными ядрами мишени) (рис.4);

*Р-нечетные угловые корреляции фрагментов деления; распределения массы и ТКЕ-фрагментов деления как функций энергии нейтронов.*

Завершен количественный анализ результатов (продублированный статистикой в 1998 г.) измерений анизотропии фрагментов деления  $s$ -волнового резонансного деления нейтронов выровненной мишени  $^{235}\text{U}$ . Основные амплитуды деления, описанные четностью  $\pi$ , спином  $J$  и его проекцией  $K$  на ось деления, были промерены для всех нейтронных резонансов в диапазоне энергий нейтронов  $0 \div 20$  эВ. Это позволяет впервые непосредственно и последовательно определить  $K$ -зависимость барьеров деления для состояний  $J\pi = 3^-$  системы деления  $^{236}\text{U}$  и степень открытости различных каналов деления  $J\pi K$  [8].

На установке «Поляна» впервые наблюдались эффекты нарушения четности на мишени  $^{233}\text{U}$  (корреляция спин–нейтрон–момент фрагментов деления) для некоторых  $p$ -волновых резонансов. Для исследуемых реакций  $^{233}\text{U}(n, f)$  получены первые надежные результаты по право-левой асимметрии фрагментов деления (по отношению к плоскости, образованной нейтронным моментом и направлениями спина) как функции энергии нейтронов в диапазоне  $0 \div 70$  эВ.

Результаты первых измерений, проведенных в 1997 г. по исследованию распределений массы и полной кинетической энергии фрагментов деления в реакции  $^{235}\text{U}(n, f)$ , как функции энергии нейтронов проанализированы для большей части статистики (более  $3 \cdot 10^7$  событий). Анализ показывает, что для исследования некоторых режимов деления необходи-

мы новые измерения с лучшим разрешением по массе и ТКЕ, которые будут проведены в ближайшее время.

Завершены измерения сечений резонансов на мишени  $^{243}\text{Am}$  в диапазоне энергии нейтронов  $0 \div 50$  эВ. Несмотря на очень высокий фон альфа-частиц ( $N_\alpha/N_f \sim 10^{10}$ ) была достигнута высокая точность.

В совместном эксперименте Дубна–Ржеж изучены двухступенчатые гамма-каскады, сопровождающие радиационный захват тепловых нейтронов в мишенях  $^{190}\text{Os}$  и  $^{192}\text{Os}$ . Измерены и проанализированы более 90% всех первоначальных гамма-переходов. Это позволяет вывести с большой точностью функцию радиационной силы таких переходов и энергетическую зависимость плотности уровней в широком диапазоне энергий. Предыдущий вывод об аномалии в энергетической зависимости плотности уровней тяжелых деформированных ядер для энергий возбуждения выше 3 МэВ подтвердился с высоким уровнем достоверности.

Новые ядерные астрофизические данные получены при сотрудничестве Дубна–ТУ (Вена)–FZK (Карлсруэ)–Университет Тюбингена на очень маленьких образцах  $^{46}\text{Ca}$  и  $^{48}\text{Ca}$ , присланных из Дубны.

Измерено полное прохождение нейтронов через толстые образцы  $^{232}\text{Th}$  и  $^{237}\text{Np}$  в диапазоне энергии нейтронов 2 эВ + 100 кэВ. Это важно для решения проблемы трансмутации ядерных отходов.

Получены более точные результаты по выходу запаздывающих нейтронов при тепловом делении  $^{237}\text{Np}$  под воздействием нейтронов.

Проведено первое измерение сечения деления ядра мишени  $^{234}\text{U}$  под воздействием тепловых нейтронов [9].

Была успешно продолжена серия экспериментов по многоэлементному нейтронному активационному анализу на экологических образцах из различных районов России, Румынии, Польши и Египта.

В Институте Лауэ–Ланжевена (ILL) группой ЛНФ – ПИЯФ – ILL проведены три цикла новых экспериментов по изучению механизма и свойств сверхмалого нагрева ультрахолодных нейтронов (УХН), хранящихся в ловушках. Именно эта группа в 1997 г. сделала открытие, вызвавшее большой интерес в свя-

зи с так называемой аномалией хранения УХН, которая наблюдалась ранее А.В.Стрелковым и его коллегами.

Точные исследования закона дисперсии УХН были продолжены в ILL коллаборацией ЛНФ – РНЦ КИ – Университет Мельбурна. Подтверждены возможные отклонения от стандартного закона дисперсии, но необходимо изучить и устранить некоторые новые систематические погрешности для окончательного количественного вывода.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Нейтронная дифракция.** Как и ранее, ведущиеся на ИБР-2 прикладные исследования были в основном связаны с изучением внутренних напряжений в объемных изделиях и с исследованиями текстур горных пород. На спектрометре «Скат» определялась текстура модельных образцов кальцита и измерялась скорость ультразвуковых волн. Последующие расче-

ты, основанные на моделях, учитывающих зависимость скорости волн от текстурированности образца, дали величины, значительно отличающиеся от измеренных. Отсюда следует настоятельная необходимость дальнейшего совершенствования методов учета текстуры как характеристики строительных веществ, имеющих огромное практическое значение.

## НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

### Импульсный реактор ИБР-2

В 1998 г. продолжалась программа измерений на пучках реактора. Всего в 1998 г. было выработано на физический эксперимент 2043 часа (8 циклов) на мощности 1,5 МВт.

**Проект модернизации.** В 1998 г. финансирование по теме практически отсутствовало. В связи с этим запланированных работ по модернизации ИБР-2 не проводилось. Проведен анализ остаточного ресурса работы ИБР-2. В результате принято решение работать 8 циклов в год при мощности 1,8 МВт. Эта вынужденная мера заметно снижает привлекательность реактора для пользователей. Дополнительная проблема — нерегулярность и без того низкой заработной платы. Все это ставит под угрозу перспективу работы реактора не только в период после 2005 г., но и в ближайшие годы.

**Криогенный замедлитель.** Отсутствие финансирования задержит ввод КЗ в эксплуатацию до середины 1999 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 1998 г. финансирование работ по проекту ИРЕН было еще меньше, чем в 1997 г., и только экстраординарные усилия руководителя проекта позволили сохранить проект.

Ситуация с проектом ИРЕН была еще раз рассмотрена на 84-й сессии Ученого совета ОИЯИ, который настоятельно рекомендовал ускорить его реализацию. Таким образом, дата реализации проекта отодвигается в лучшем случае до конца 2001 г. при условии полного финансирования в 1999–2001 гг. Закрытие и демонтаж ИБР-30 соответственно задерживается до середины 2000 г.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЛНФ

**Сетевая и компьютерная инфраструктура.** В рамках работ по проекту ИВК в 1998 г. введен в эксплуатацию сервер Enterprise 3000 с двумя процессорами Ultra Sparc II/250MHz, оперативной памятью 512 Мбайт и дисковым пространством 40 Гбайт. В SUN-кластере заменены все устаревшие рабочие

станции SUN2 на новые модели Ultra 5/10 и осуществлен переход на новую операционную систему Solaris 2.6. Особенности процессоров Ultra Sparc II являются 64-разрядная длина слова и адреса, суперскалярность (возможность одновременного выполнения нескольких инструкций независимыми устрой-

ствами) и дополнительный набор команд графических приложений.

Также введен в эксплуатацию ATM/Ethernet сетевой коммутатор Orange Ridge, обеспечивающий доступ к централизованным вычислительным и информационным ресурсам ОИЯИ со скоростью до 155 Мбит/с. В локальной вычислительной сети ЛНФ завершены установка быстродействующих коммутаторов (в 1998 г. коммутаторы установлены в зданиях ФКС и служб реактора ИБР-2) и организация на их основе внутренних сегментов сети, что позволяет передавать данные между сегментами (зданиями) со скоростью 100 Мбит/с по оптоволоконному кабелю и оптимизировать маршруты внутренних информационных потоков. Все экспериментальные установки комплекса ИБР-2 и новые компьютеры подключены к сети через скрученные пары.

В результате выполнения этих работ для комплекса ИБР-2 в основном создана современная информационная инфраструктура, близкая по характеристикам и возможностям к инфраструктуре европейских нейтронных центров.

*Развитие электронного оборудования.* По другому направлению проекта ИВК в 1998 г. сданы в эксплуатацию VME-системы сбора данных на спектрометре «Эпсилон» и рентгеновском дифрактометре SAX. Проходит тестовые испытания на пучке VME-система для ФДВР. Выполнена комплексная отладка с источником двух комплектов унифицированной VME-электроники для позиционно-чувствительных детекторов спектрометров ЮМО и ДН-2. Изготовлена и налажена VME-электроника для управления исполнительными механизмами СПН (20 шаговых двигателей) и ЮМО. Изготовлена и оттестирована с

источником нейтронов детекторная электроника для He-счетчиков на спектрометрах НЕРА-ПР (20 каналов) и ДН-12 (128 каналов). Проведены работы по созданию и модернизации детекторной электроники на спектрометрах КДСОГ, «Угра», «Рефлекс» и ДИН-2.

Сданы в эксплуатацию электроника и программное обеспечение спектрометра «Колхида» и установка для изучения термомагнитного эффекта.

Создан измерительный модуль для юстировки кольца установки «Скат». Введены в эксплуатацию регуляторы температуры на спектрометрах КДСОГ и НСВР (камера высокого давления).

Разработан ряд новых электронных блоков:

- SMD-B2A для управления биполярными шаговыми двигателями, совместимый с системами управления фирмы «Huber»;
- блок кодирования номера детектора на 64 входа в стандарте VME;
- ВКП-8К временной кодировщик на 8192 канала с минимальной шириной канала 40 нс для спектрометра «Угра».

Получили дальнейшее развитие работы по созданию программного обеспечения для чтения, просмотра и экспресс-анализа экспериментальных данных по нейтронному рассеянию. Разработанные программы являются приложениями графического пакета PV-WAVE, для которого в 1998 г. дополнительно приобретены пять лицензий.

Для экспериментов по ядерной физике изготовлены и настроены 10 предусилителей для кремниевых детекторов и 2 блока наносекундных ВЦП.

В течение года выполнялись работы по текущей эксплуатации измерительных и управляющих систем спектрометров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Balagurov A.M. et al. The structure of  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$  at ambient and high pressure at  $0.06 \leq \delta \leq 0.19$ . — *Phys. Rev. B*, 1999 (accepted).
2. Balagurov A.M. et al. — *JETP Letters*, 1998, v.67(9), p.705.
3. Balagurov A.M. et al. Effect of oxygen isotope substitution on magnetic structure of  $(\text{La}_{0.25}\text{Pr}_{0.75})_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ . — *JETP Letters*, 1999 (accepted).
4. Gordeliy V.I. et al. — *Biophys. J.*, 1998, v.75, p.2343.
5. Аксенов В.Л. и др. — *Сообщение ОИЯИ P3-98-374*, Дубна, 1998.
6. Holderna-Natkaniec K., Natkaniec I., Khavryuchenko V. — *Physica B*, 1998, v.241–243, p.478.
7. Skoy V.R. et al. — *NIM*, 1998, v.A402, p.323.
8. Furman W.I. et al. Progress in the Investigation of Fission Fragment Angular Anisotropy in the Resonance Neutron Induced Fission of Aligned  $^{235}\text{U}$  Target. — In: *Proc. of II Int. Workshop of Fission and Fission Fragment Spectroscopy*. Seissyn, France, 21–24 April 1998 (ed. by G.Fioni et al.). Woodbury, New York, 1998, p.349.
9. Florek M. et al. The  $^{234}\text{U}$  Neutron Induced Fission Cross Section near the Thermal Point. — In: *The XIV Int. Workshop on Nuclear Fission Physics*. Obninsk, Russia, 12–15 October, 1998.

# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В 1998 г. научная деятельность лаборатории была связана с двумя темами первого и двумя темами второго приоритета «Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ». Главная цель лаборатории состоит в получении новых результатов в областях «Развитие и сопровождение сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ (проект CONET)» (руководители темы Р.Поде и В.В.Кореньков) и «Нелинейные проблемы вычислительной и математической физики: исследования, математическое и программное обеспечение» (руководитель темы И.В.Пузынин).

Главные задачи, решаемые в проекте CONET, — это развитие:

- локальной компьютерной сети ОИЯИ (Интранет);

- системы телекоммуникаций (Интернет);
- системы высокопроизводительных вычислений и массовой обработки данных;
- программного обеспечения;
- информационной поддержки и систем хранения данных.

Высокий уровень исследований, проводимых в отделе вычислительной физики лаборатории, позволил организовать в 1998 г. первую международную конференцию «Актуальные проблемы вычислительной физики», программа которой охватывала различные вопросы вычислительных методов, математического моделирования, численных методов и алгоритмов, методов компьютерной алгебры, создания программного обеспечения для физических экспериментов и т.д.

## СЕТЕВАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

### Локальная сеть ОИЯИ

В 1998 г. в трех лабораториях ОИЯИ (ЛВТА, ЛНФ и ЛЯП) было запущено сетевое оборудование для высокоскоростной опорной сети Института, основанной на ATM-технологии. Таким образом была реализована первая стадия проекта ATM. Сегмент центральных серверов ОИЯИ был также обеспечен связью от 100 до 155 Мбит/с. На рис.1 схематически представлена компьютерно-сетевая инфраструктура ОИЯИ по состоянию на конец 1998 г.

Систематическая работа по управлению и контролю за сетью выполнялась центром оперативного управления сетью (NOC) (<http://jicom.jinr.ru/>). Для возможностей оперативного мониторинга сети и автоматической DNS-регистрации была создана база данных для регистрации IP-адресов ([http://jicom.jinr.ru/bin/faria/IP/IP\\_koi8.cgi](http://jicom.jinr.ru/bin/faria/IP/IP_koi8.cgi)).

### Системы телекоммуникаций

Начиная с 1997 г. ОИЯИ является узлом сети RBNet. Для подключения к сети Интернет были использованы два провайдера: компания ДЕМОС и RADIO-MSU. Финансовая ситуация и проблемы с RADIO-MSU наряду с возросшим числом компьютеров и серверов, включенных в локальную сеть ОИЯИ, являются главными причинами, которые ведут к неудовлетворительной работе внешних каналов связей. Основная задача, которая решалась в 1998 г. и будет находиться в центре внимания лаборатории постоянно, состоит в увеличении пропускной способности и производительности внешних телекоммуникаций с использованием новых провайдеров в рамках программы «Создание национальной сети телекоммуникаций для науки и высшей школы» и др.

Для оперативного контроля за потоками данных в сети в ЛВТА организована специальная служба. Эта



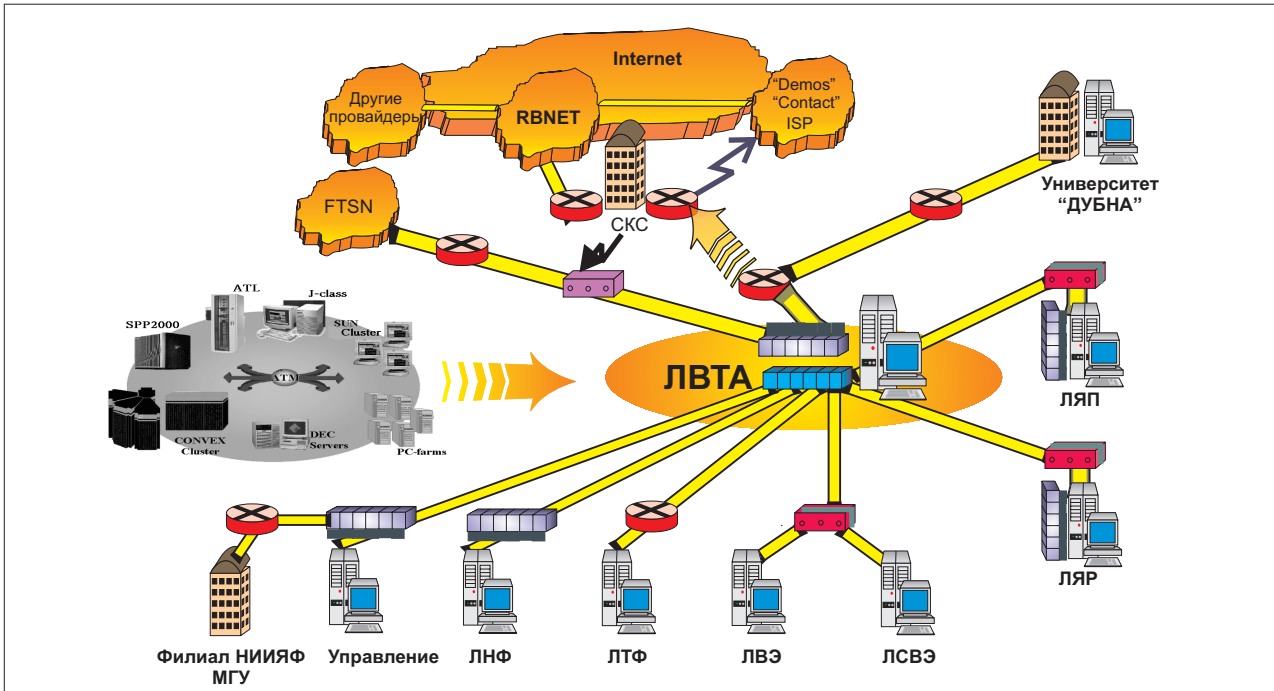


Рис.1. Компьютерно-сетевая инфраструктура ОИЯИ

служба обеспечивает ежедневный контроль за потоками информации от каждого компьютера, включенного в сеть ОИЯИ (рис.2).

### Системы вычислений

В 1998 г. в ЛВТА введен в строй целый ряд высокопроизводительных вычислительных систем и систем массовой памяти. К ним относятся:

- массивно-параллельный вычислитель S-класса фирмы «Hewlett Packard» Exemplar SPP2000;
- файловый сервер D370/1;
- сервер приложений J282;
- векторно-параллельная вычислительная система C3840;

- ATL2640 — автоматизированная библиотека на лентах DLT емкостью до 10,56 Тбайт.

Перечисленное выше оборудование стало основой центра высокопроизводительных вычислений (HPCC), презентация которого состоялась во время проведения 84-й сессии Ученого совета ОИЯИ [1]. Локальная компьютерная сеть соединяет в единый комплекс массивно-параллельную вычислительную систему HP Exemplar SPP2000, векторно-параллельную систему C3840 и систему массовой памяти ATL2640, управляемую файловым сервером D370/1. Для создания системы хранения и миграции файлов разработаны две технологические схемы управления данными на базе специализированных пакетов программ HP OpenView OmniBackup и HP OpenView OmniStorage. Для обеспечения надежного хранения используется резервное копирование. Выполняется оно

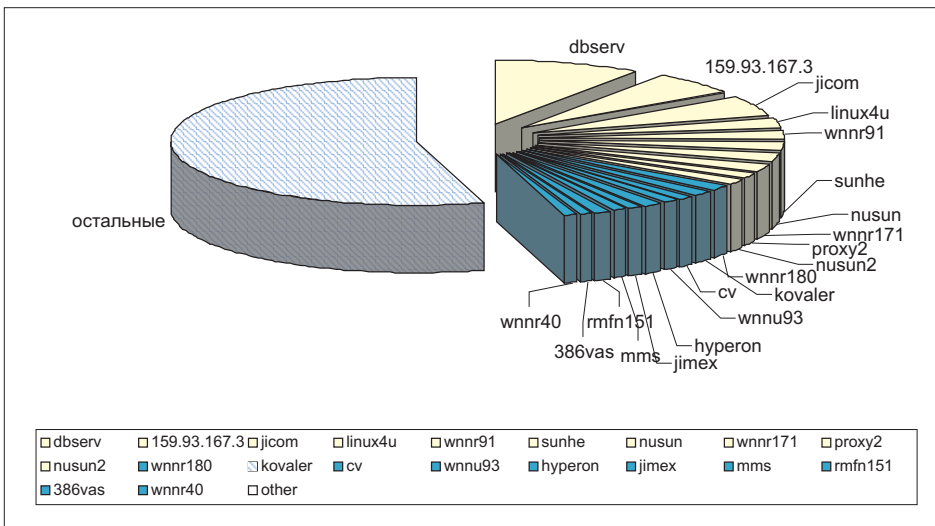
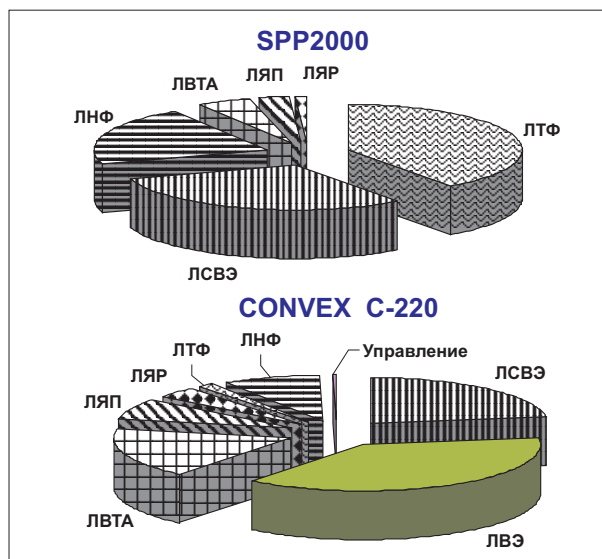


Рис.2. Использование внешних каналов связи с 22 ноября по 9 декабря 1998 г. Всего = 75666,18 Мбайт

Рис.3. Распределение времени вычислительных серверов SPP2000 и CONVEX между лабораториями Института

с помощью программы Omniback, которая предназначена для автоматического создания резервных копий файлов в библиотеке ATL2640 и работает на сервере D370/1. Это позволяет выполнять копирование содержания любого сервера, связанного с локальной сетью, и восстановление его по резервной копии из библиотечного хранилища в случае отказа сервера. Программное обеспечение OpenView OmniStorage предназначено для организации расширенной миграционной файловой системы. Теперь пользователи отдаленных автоматизированных рабочих мест, PC и X-терминалов могут иметь очень большие виртуальные рабочие директории.

На рис.3 приведена относительная загрузка вычислительных серверов SPP2000 и CONVEX лабораториями Института в течение последних 11 месяцев.



### Развитие программного обеспечения

Ввод в действие массивно-параллельной системы SPP2000 в 1998 г. сопровождался разработкой и осуществлением специальных мероприятий:

- проведена дополнительная наладка операционной системы, связанная со спецификой локальной сети ОИЯИ и особенностями используемого разнообразного оборудования;
- на базе АТМ-технологии установлено и отлажено соединение между SPP и роботом под управлением D-сервера;
- поставлено дополнительное программное обеспечение для более эффективной работы пользователей (введено в эксплуатацию более 50 утилит и библиотек). Например, успешно поставлена на SPP многоцелевая программа, предназначенная для моделирования молекулярных структур. Программа способна использовать все доступные процессоры SPP одновременно. Это первый опыт распараллеливания больших программ в ОИЯИ.

Продолжается развитие библиотеки JLNRLIB, содержащей программы, разработанные в ОИЯИ. Ведется отладка основного ядра библиотеки (включающего 85 программ), его тестирование и сравнение на платформах IBM, VAX, SPP, CONVEX и PC. Все программы переведены на двойную точность, и описания программ подготовлены в едином формате для представления их на WWW-сервере. Обеспечивалась поддержка библиотеки CERNLIB на компьютерных платформах ОИЯИ.

В 1998 г. в рамках адаптации к условиям ОИЯИ системы NICE95/NT:

- модифицированы установочные дискеты Diane95 для различных сетевых карт, используемых в ОИЯИ;
- модифицированы базовые программы поддержки системы NICE;
- откорректированы отдельные параметры в разделах реестра в соответствии со спецификой сетевой и серверной структуры NICE в ОИЯИ;
- русифицированы системные шрифты для Windows-95/NT;

- подобран, установлен и протестирован NFS-клиент для Windows-95.

Осуществлялась полномасштабная поддержка серверов NICE (NICE\_LCTA1 Novell NetWare и NICE\_LCTA0 — Windows NT) для пользователей ОИЯИ.

На базе WWW-сервера <http://linux4u.jinr.ru> создано специальное UNIX-окружение, содержащее:

- архивы различных версий операционной системы Linux;
- набор разработанных процедур для упрощения установки Linux в ОИЯИ;
- две протестированные версии программного обеспечения ЦЕРН для системы Linux.

Для обеспечения участия ОИЯИ в проекте CMS реализованы некоторые аппаратные и программные средства для создания условий работы специалистов ОИЯИ в эксперименте CMS. Функционирует кластер SUN-CMS, аналогичный кластеру, созданному в ЦЕРН. ЛВТА продолжает информационную поддержку эксперимента CMS на базе специального WWW-сервера (<http://sunct2.jinr.dubna.su>) [2].

В соответствии с планом работ по проекту системы триггирования и сбора данных T/DAQ детектора ATLAS, в 1998 г. разработаны предложения по прототипу программного обеспечения Back-end для T/DAQ [3]. Разработан полный комплект программных средств для менеджера ресурсов. Работа выполнена в соответствии со стандартом PSS 05 с применением StP/OMT и полностью соответствует принятым в ЦЕРН стандартам и правилам объектно-ориентированного подхода к проектированию программного обеспечения.

Локальный кластер «РИСК» используется как инструментальное и эффективное целевое средство для решения задач, связанных с обработкой физической информации. Массовая обработка экспериментальных данных, полученных на установке EXCHARM [4], ведется на этом кластере по программе BISON. Кластер «РИСК» используется и для моделирования (обратная задача) экспериментов по исследованию процессов с очарованными и странными кварками на серпуховском ускорителе.

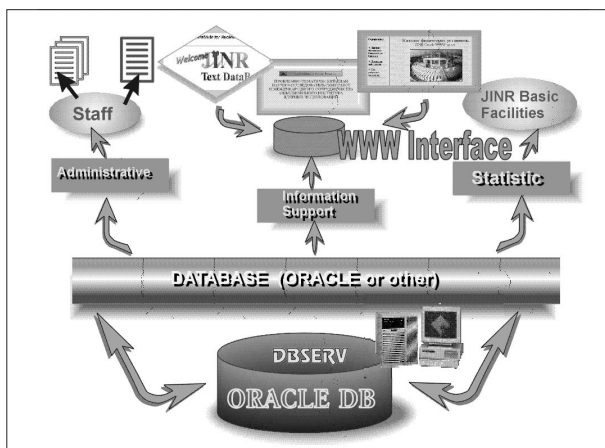


Рис.4. Общая технологическая схема разработки и использования баз данных в ОИЯИ

### Базы данных и информационное обеспечение

В рамках проекта CONET в 1998 г. осуществлялись:

- установка и сопровождение программного обеспечения для работы с международными библиографическими базами данных; подготовка библиографической информации по физике высоких энергий и элементарных частиц для внесения их в международную базу PPDS;
- развитие и использование баз данных и программных интерфейсов к ним для поддержки административно-хозяйственной деятельности ОИЯИ (совместно с НТО АСУ ОИЯИ):

- базы данных кадровой системы ОИЯИ;
  - базы данных статистического учета работы базовых установок ОИЯИ;
  - базы данных Проблемно-тематического плана ОИЯИ (<http://www.jinr.ru/info.html>);
  - подсистемы для аттестации рабочих мест;
  - работы по проекту «Электронные библиотеки ОИЯИ» [5];
  - создание, внедрение и использование системы диалоговых баз данных и информационно-поисковых систем для проекта ФИБР (ЛВЭ) (<http://wnct132.jinr.ru/nuclear/>);
  - обслуживание системы НРТ-ОИЯИ (система штата ОИЯИ), создание и постановка системы управления финансами ВНТ-ОИЯИ, разработанных на основе технологий, развиваемых совместно с ЦЕРН (система обеспечивает метод быстрого анализа финансовой информации);
  - развитие и поддержка главных WWW/FTP-серверов ОИЯИ и ЛВТА, базового информационного сервера проекта VARNYS и специального прокси-сервера для локальной сети ОИЯИ;
  - создание и развитие специального программного и информационного сервера (JAVA-станция <http://dbserv.jinr.ru/js/>) для пользователей ОИЯИ, которые осваивают JAVA-технологии и средства организации распределенных вычислений на основе объектно-ориентированного аппарата CORBA.
- На рис.4 приведена общая технологическая схема разработки и использования баз данных в ОИЯИ.

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В 1998 г. были успешно продолжены работы по развитию новых математических методов, основанных на клеточных автоматах, искусственных нейронных сетях, фракталах и wavelet-преобразовании, и их применению в экспериментах DISTO, ATLAS, CERES/NA-45, DIRAC, STAR и в других областях для решения проблем, возникающих в обработке данных [6]. В сотрудничестве с отделом INFN (Италия) в г. Торино начаты работы по обработке и статистическому анализу экспериментальных данных, полученных в эксперименте DISTO. Разработан эффективный алгоритм для распознавания траекторий заряженных частиц, основанный на применении сегментной модели Денби–Петерсона для полносвязной искусственной нейронной сети типа Хопфилда. Этот алгоритм применен для обработки данных в эксперименте EXCHARM [7].

Разработаны процедуры локального контроля точности вычисления пространственных магнитных полей с помощью метода конечных элементов. Предложенные алгоритмы использованы для расчета дипольных магнитов серии VULKAN для эксперимента ALICE [8]. Проведены расчеты магнитных полей для эксперимента EXCHARM и магнита для проекта эксперимента с поляризованной протонной мишенью на

ускорителе ИТЭФ [9]. Рассмотрена задача синтеза пассивных фокусирующих магнитных каналов для системы вывода пучка из циклотрона У-400М ЛЯР ОИЯИ в области низких магнитных полей. Для широких диапазонов внешних магнитных полей и размеров ферромагнитных элементов предложена методика приближенного вычисления магнитного поля [10].

Для обеспечения теоретического обоснования эксперимента DIRAC в ЦЕРН выполнены аналитические и численные исследования по изучению влияния эффекта сильного взаимодействия на волновую функцию димезоатома на малых расстояниях [11].

Разработаны новые численные методы и вычислительные схемы, увеличивающие точность приближенного решения нестационарного уравнения Шредингера. Получены эффективные схемы высокого порядка точности [12].

Проведено исследование термоупругих процессов, происходящих в металлах и металлических сплавах под воздействием периодически меняющегося высокоэнергетического электронного и ионного источников [13]. Выполнено численное исследование нелинейного уравнения теплопроводности для моделирования процесса эволюции температурных процес-

Рис.5. Результат фильтрации изображения размером 200×200 точек при рабочем окне в 81 точку

сов, возникающих в образце металла при облучении сильноточным ионным пучком [14].

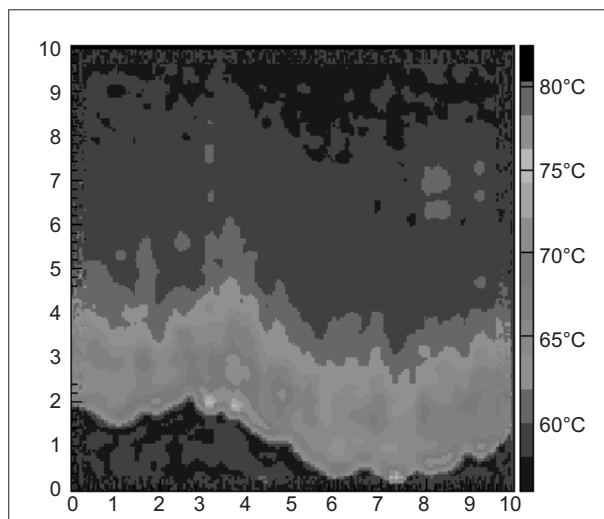
Продолжены расчеты и полумикроскопический анализ экспериментальных данных по квазиупругому рассеянию и полному сечению для большого количества систем с использованием плотностей, построенных в ядерно-структурных моделях, и эффективных нуклон-нуклонных сил [15].

Усовершенствована программа для построения (супер)алгебр Ли, превосходящая по своим параметрам другие аналогичные разработки [16]. Разработанные новые универсальные инволютивные алгоритмы для анализа и решения систем нелинейных алгебраических уравнений реализованы в системе «Математика» [17].

Путем математического моделирования показано, что использование в подкритических электро-ядерных установках протонных ускорителей с энергией 200÷300 МэВ может оказаться более многообещающим по сравнению с выступающими сегодня в роли фаворитов более сложными и дорогими 1 ГэВ-ными машинами [18].

Разработан эластодинамический метод для полного учета упругих свойств макроскопического ядерного вещества, обнаруженных в данных как по коллективной ядерной динамике, так и по активности нейтронных звезд. Этот метод применяется для описания макроскопической динамики ядерного деления и для анализа гравитационно-упругой стабильности нейтронных звезд [19].

Разработаны новые алгоритмы для цифровой фильтрации изображений как со сглаженными, так и с резкими изменениями интенсивности. Первые результаты их применения (рис.5) к обработке изображений микроструктуры человеческой кожи, полученных методом когерентной оптической томографии, представлены на первой международной конферен-



ции «Актуальные проблемы вычислительной физики» [20].

Разработан метод контроля и исследования неустойчивых динамических систем, основанный на вероятностном подходе к законам эволюции динамических систем. Метод апробирован при исследовании задачи логической карты хаоса и модели поведения взаимодействующих объектов. Были получены стабильные и контролируемые орбиты логической карты, разработан алгоритм устойчивого поведения объектов для задачи расположения объектов на плоскости [21].

Развит новый подход к восстановлению и предсказанию дискретных хаотических изображений. Он основан на передающей нейронной сети, которая осуществляет разложение анализируемого изображения по полиномам Чебышева. Показано, что чебышевская нейронная сеть значительно превышает традиционный многослойный перцептрон по результатам обучения и точности аппроксимации неизвестного изображения [22].

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В 1998 г. в ЛВТА был выполнен ряд работ в рамках плана международного сотрудничества ОИЯИ. Так, по соглашению с ЦЕРН:

- установлена и протестирована новая версия системы LabVIEW (5.01); приложения и библиотеки LabVIEW адаптированы к этой версии для операционных систем Windows 95 и Windows NT;
- программное обеспечение BridgeVIEW установлено, протестировано и поддерживается для широкого круга пользователей ATLAS, CMS, других экспериментов и для систем управления LHC;
- осуществлена интеграция серверов с операционными системами Windows NT и Windows 95 для системы NICE;
- проведена замена Novell NetWare-серверов на серверы с Microsoft Windows NT;

- начаты совместные исследования по вопросу возможной интеграции новой операционной системы Windows 98 в NICE;
- в рамках развития системы NICE проведена замена файловых серверов и серверов печати под управлением Novell NetWare на серверы под управлением Windows NT;
- в NICE95 и NICE/NT интегрированы новые коммерческие программные продукты;
- разработана система управления финансами (ВНТ) в ЦЕРН на базе WWW- и Java-технологий, которая используется в ЦЕРН применительно к проблемам, решаемым совместно с ОИЯИ.

Начато сотрудничество с Исследовательским центром в г.Карлсруэ (Германия) по теме «Современные системы контроля и визуализации для накопления данных в реальном масштабе времени». Разрабо-

таны прототипы для системы контроля и автоматической обработки данных (KaDub), и начато создание специального графического интерфейса.

В рамках соглашения с Исследовательским центром в г.Россендорфе проводились совместные работы по подготовке к внедрению там на базе операционной системы Windows NT программно-аппаратной среды, обеспечивающей единый подход в установке, сопровождении, развитии и использовании программного обеспечения персональных компьютеров.

По соглашению о сотрудничестве с Кейптаунским университетом (ЮАР) проведены исследования современных магнитных материалов для оптоволоконных линий связи [23].

Эффективно развивалось сотрудничество с Международным Сольвеевским институтом физики и химии (Брюссель, Бельгия) в рамках проекта «Вычислительные средства и промышленное применение

сложных систем». Проект объединяет теоретические и численные исследования, имеющие технологические применения в промышленности. В рамках теоретических исследований разрабатываются аналитические и численные алгоритмы для изучения, предсказания поведения, построения и управления сложными системами различного типа. Ведутся разработки соответствующего программного обеспечения и внедрение этих исследований в промышленность. Наряду с ОИЯИ в проекте участвуют институты из Японии, Северной и Южной Америки, Европы и пять институтов из России. ЛВТА участвует в выполнении трех (из семи) подпроектов:

- разработка нового интегрального программного обеспечения для анализа электрокардиограмм;
- оптическая когерентная томография микроструктуры кожи человека;
- резонансы, корреляция, стабилизация и управление сложными системами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Korenkov V. — In: Proc. of the Ann. Conf. on High Perf. Computing on HP Systems «HIPER-98», 1998, Zurich, p.224.
2. Golutvin I., Korenkov V. et al. — JINR, D11-98-122, Dubna, 1998.
3. Kotov V. et al. — In: «СНЕР-98» Proc., USA, 1998.
4. Алиев А.Н., ..., Иванченко И.М. и др. — ОИЯИ, P13-98-286, Дубна, 1998; направлено в «ПТЭ».
5. Raportirenko A.M. Preparing of Digital Versions of Publications in the Publishing Department of JINR; Gromov B. JINR Photoarchive Database Creation; Filosova I. Digital Catalogue of Scientific and Technical Library of JINR. — In: Intern. Conf. «Digital libraries».
6. Baginyan S.A., Ososkov G.A. — Comp. Phys. Com., 1998, v.108, p.20; Ivanov V.V. Computational Methods and Tools for Simulation and Analysis of Discrete Processes. — Subm. to «Comp. Phys. Com.».
7. Ососков Г.А. и др. — Препринт ОИЯИ P11-98-194, Дубна, 1998; направлено в журнал «Математическое моделирование».
8. Vodopianov A.S. et al. Computer Models of Dipole Magnets of a Series VULKAN. — In print.
9. Zhidkov E.P. et al. — JINR, E5-11-98-113, Dubna, 1998.
10. Айрян Э.А. и др. — ОИЯИ, P9-98-210, Дубна, 1998.
11. Amirkhanov I. et al. — In: Proc. of the Int. Workshop «Hadronic Atoms and Positronium in the Standart Model», Dubna, May 26–31, 1998, Dubna, 1998, p.135; Amirkhanov I. et al. — hep-ph/9812293, subm. to «Comp. Phys. Com.».
12. Пузынин И.В. и др. — Препринт ОИЯИ P11-98-44, Дубна, 1998; направлено в «Com. Phys. Com.».
13. Amirkhanov I.V. et al. — Presented at «BEAMS'98».
14. Айрян Э.А. и др. — Известия вузов. Физика. 1998, №12, с.13.
15. Knyaskov O.M. et al. — Nuclear Physics, 1998, v.61, p.603, 827.
16. Korniyak V.V. Computation of Cogomology of Lie Superalgebras of Vector Fields. — Subm. to «Comp. Phys. Com.».
17. Gerdt V.P., Blinkov Yu.A. — MATCOM, 1998, v.45, p.519–560; Gerdt V.P. et al. — In: Proc. of the 6th Rhein Workshop on Computer Algebra, J.Calmet (Ed.) GMD-SCAI, Sankt-Augustin, 1998, p.74.
18. Barashenkov V.S., Shelaev I.A. — JINR Preprint E2-98-137, Dubna, 1998; subm. to «Atomic Energy».
19. Bastrukov S.I. et al. — Physica A250, 1998, p.345; J. Phys. G24, 1998, L1; J. Phys. G25 (in print).
20. Akishin P. et al. Filtering Digital Images of Human Skin Micro-Structure. — Subm. to «Comp. Phys. Com.».
21. Antoniou I., Bosco F., Ivanov V.V. and Kisel I.V. Probabilistic Control and Design of Behavior in Unstable Dynamics. — Presented on «IFAC LSS'98», Large Scale Systems: Theory and Applications, 1998, Rio Patras, Greece, p.1100.
22. Antoniou I., Akritas P. and Ivanov V. Identification of Chaotic Dynamics Using a Chebyshev Neural Network. — Presented on «IFAC LSS'98», Large Scale Systems: Theory and Applications, 1998, Rio Patras, Greece, p.945.
23. Barashenkov I.V., Pelinovsky D.E., Zemlyanaya E.V. — JINR, E5,11-98-113, Dubna, 1998.

# ОТДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1998 г. основная деятельность ОРПИ была направлена на выполнение следующих задач:

- проведение радиационных исследований;
- проведение радиобиологических исследований;
- обеспечение радиационной безопасности.

Первые два направления работ осуществлялись в рамках темы первого приоритета Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ ОИЯИ. Основными задачами темы в 1998 г. были:

- разработка методов и средств радиационных измерений;
- разработка методов проведения радиобиологических экспериментов на пучках частиц и выполне-

ние радиобиологических экспериментов на базовых установках ОИЯИ;

- совершенствование методов расчета прохождения излучения через защиту и прогнозирования радиационной обстановки;
- 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 методов мишенной терапии рака.

## РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Радиационные исследования были связаны с изучением детекторов нейтронов, спектрометрией нейтронов, физической поддержкой радиобиологических экспериментов на установках ОИЯИ, развитием методов расчета и прогнозирования радиационной обстановки. В соответствии с соглашением о сотрудничестве между ОРПИ и Лабораторией биофизики Национального управления по аэронавтике и космическим исследованиям США (NASA) летом 1998 г. было проведено *облучение биологических образцов протонами с энергией 1 ГэВ для исследования цитогенетических повреждений лимфоцитов крови человека и изучения онкогенных трансформаций клеток животных*. Создана система мониторинга и пучковой дозиметрии для физической и метрологической поддержки данных исследований. Часть облученных образцов направлена в NASA для хромосомного анализа с использованием FISH-метода и RBL-анализа трансформаций, другая часть образцов изучалась в ОРПИ.

Продолжены измерения с помощью *многоферного спектрометра спектров нейтронов из толстой мишени, облучаемой протонами с энергией 3,65 ГэВ*, для изучения выходов нейтронов в результате развития межъядерного каскада в мишени [1]. Спектры

нейтронов восстанавливались по показаниям спектрометра методом статистической регуляризации. Конечной целью данных исследований является оценка сечения трансмутации радиоактивных отходов.

Проведена метрологическая аттестация радонного детектора PRASSI для измерений концентраций радона в воздухе.

Продолжались исследования откликов детекторов на пучках протонов [2] и ядер  $^{12}\text{C}$ .

Завершена вторая часть работ по исследованию и оптимизации параметров детекторов нейтронов для целей гарантий МАГАТЭ. В рамках данной работы были выполнены:

- сравнительные исследования характеристик коронного газоразрядного счетчика тепловых нейтронов СНМ-70 с целью изучения возможности его применения в системах радиационного мониторинга делящихся веществ;
- разработан, создан и испытан прототип канала регистрации нейтронов для целей непрерывного мониторинга;
- исследована возможность работы детектора нейтронов в составе канала регистрации нейтронов на длинный кабель без использования преусилителя;

- составлена методика подбора оптимальных параметров канала регистрации нейтронов с использованием метода спектрометрии аппаратных распределений импульсов.

## РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Радиобиологические исследования проводились на лимфоцитах человека, клетках млекопитающих в культуре, гаплоидных и диплоидных дрожжах, бактериях и клетках растений.

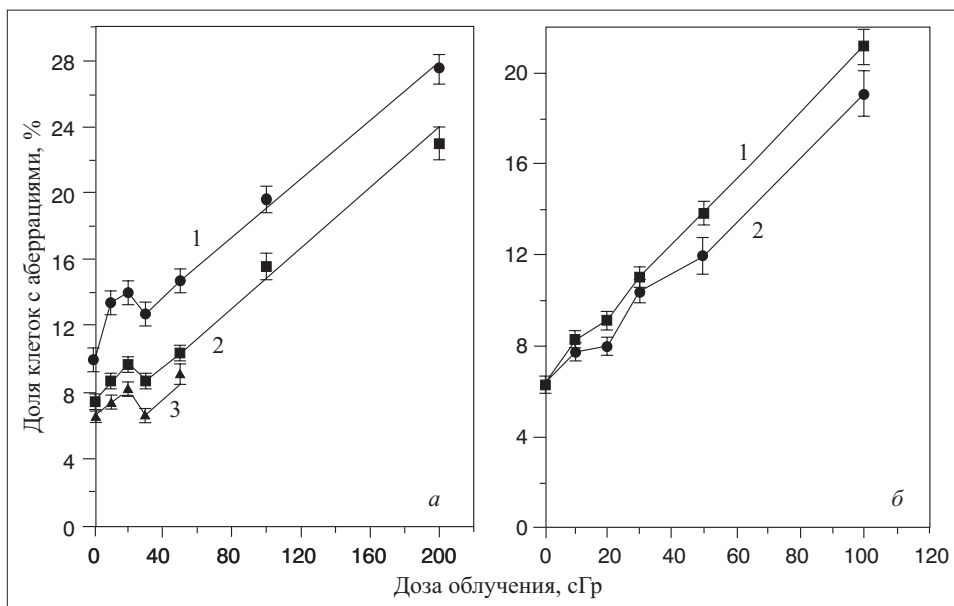
Было продолжено *изучение радиационно-индуцированных стабильных и нестабильных хромосомных aberrаций в лимфоцитах человека* [3]. Проведены эксперименты по облучению лимфоцитов человека протонами с энергией 1 ГэВ. Для окрашивания хромосом 1 и 2 на приготовленных цитогенетических препаратах FISH-методом были использованы биотинилированные и дигоксигенин-меченые хромосомные пробы, специфичные для изучаемых хромосом. Радиационно-индуцированные стабильные и нестабильные хромосомные aberrации анализировали FISH-методом и общепринятым метафазным методом. Полученные результаты показали, что частота стабильных хромосомных aberrаций, оцененных FISH-методом, нелинейно увеличивалась с дозой облучения и при дозе 7 Гр достигала 34 транслокаций на 100 клеток. При этом по своему уровню они превышали выход всех видов нестабильных хромосомных aberrаций, оцененных этим методом. Анализ хромосомных aberrаций общепринятым метафазным методом выявил наибольшую частоту дицентрических хромосом, уровень которых нелинейно увеличивался с дозой до 54,5 aberrаций на 100 клеток при дозе 7 Гр. Полученные данные показали тенденцию к сближению эффективностей протонов с энергией 1 ГэВ и  $\gamma$ -излучения.

Продолжено *изучение генетических эффектов влияния малых доз облучения на клетки млекопитаю-*

Было выполнено проектирование систем радиационной безопасности и осуществлено прогнозирование радиационной обстановки на комплексе словацкого циклотрона CyLab.

*щих* [4,5]. На клетках меланомы человека линии BRO, так же как и на клетках китайского хомячка, показано наличие гиперчувствительности клеток при дозах облучения ниже 10 сГр и индуцированной резистентности при облучении дозами выше 20 сГр (см. рисунок). Проводится проверка гипотезы об общности механизмов, лежащих в основе этого феномена, и адаптивного ответа клеток. Установлено, что предварительное облучение клеток дозами  $1 \div 20$  сГр снижает эффективность последующего воздействия более высокими дозами в 1,5–2 раза. Наибольшая величина адаптивного ответа регистрируется при облучении клеток адаптирующими дозами в G1-фазе и тестирующими дозами в S-фазе клеточного цикла.

Продолжены *исследования по использованию комплекса  $^{211}\text{At}$  — метиленовый синий (МС) для мишенной радиотерапии пигментной меланомы*. Этот вид терапии основан на высокой связывающей способности МС с меланином опухолевых клеток и направлен на преодоление метастатического процесса, характерного для данного вида опухоли. Оценивали степень повреждения нормальных клеток и клеток меланомы при применении астата-211 в ионной форме и комплекса  $^{211}\text{At}$  – МС. По выживаемости клеток показана одинаковая эффективность воздействия астата-211 в ионной форме на клетки меланомы человека линии BRO и нормальные клетки китайского хомячка линии V79. В то же время эффективность действия  $^{211}\text{At}$  – МС на клетки меланомы на порядок выше, чем на нормальные клетки. Это означает, что  $^{211}\text{At}$  – МС селективно аккумулируется в меланинсодержащих клетках и таким образом может быть ис-



Зависимость выхода клеток китайского хомячка с хромосомными aberrациями от дозы облучения при времени фиксации: *а*) 10 часов после облучения (три эксперимента); *б*) 3 часа после облучения (два эксперимента)

пользован в мишенной терапии диссеминированной меланомы при незначительном воздействии на нормальные ткани.

Клетки любого организма подвергаются воздействию широкого спектра ДНК-повреждающих агентов. При повреждении ДНК запускается адаптивный ответ, включающий остановку клеточного цикла. Остановка клеточного цикла обеспечивает время для репарации повреждений, минимизирует потенциальные летальные или мутагенные последствия и осуществляется механизмом негативного контроля, названным *checkpoint*. Точки проверки имеются на различных стадиях клеточного цикла. Нарушение этого механизма приводит к снижению генетической стабильности. У человека мутации в генах, координирующих повреждение клеточного цикла, такие как p53 и ATM, повышают вероятность канцерогенеза. У больных атаксией телангиэктазией клетки чувствительны к  $\gamma$ -лучам и дефектны по ингибированию репликации и остановкам в G1 и G2 при облучении. Ген p53 — супрессор опухолеобразования — в ответ на повреждения ДНК активирует транскрипцию нескольких генов и запускает остановку клеточного цикла в G1 и G2. Высокий консерватизм механизмов репликации ДНК и регуляции клеточного цикла у эукариотов делают дрожжи перспективной моделью для изучения этих механизмов.

У дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* идентифицировано несколько генов, контролирующих процесс checkpoint-регуляции (например, ген MEC1, гомологичный гену ATM). Однако взаимодействия между этими генами, а также их влияние на радиочувствительность полностью пока не изучены. Нами идентифицированы новые три гена [6,7]. Анализ взаимодействия между генами показал, что гены checkpoint-регуляции не относятся к трем известным эпистатическим группам генов радиочувствительности, а образуют две дополнительные эпистатические группы, что свидетельствует о существовании независимых путей, определяющих радиочувствительность к повреждающему действию радиации.

Продолжено изучение закономерностей мутационного процесса, обусловленного действием ионизирующей радиации у дрожжей [8]. Из широкого спектра повреждений вычленили один класс — точечные мутации. Используя генетическую систему, позволяющую тестировать все типы транзиций и трансверсий, показали линейно-квадратичный характер зависимости как у диплоидных, так и у гаплоидных клеток дрожжей.

Было продолжено изучение спонтанных и индуцированных делеционных мутаций в бактериальных клетках *Escherichia coli*. Для этих целей использована специальная тест-система, основанная на определении мутаций в фланкирующих генах: *tonB* (устойчивость клеток к инфицированию фагом *p80vir* и действию колицинов) и *trp*<sup>-</sup> (ауксотрофность по триптофану). Изучена динамика фенотипического проявления мутаций. Измерены частоты возникновения спонтанных и индуцированных делеционных мутаций (*trp*<sup>-</sup> – *tonB*<sup>-</sup>).

Проведены заключительные эксперименты по *SOS-Lux-тесту*, в ходе которых изучено влияние на SOS-индукцию в клетках *Escherichia coli* таких факторов, как разные виды радиации, репарационный генотип и условия культивирования. Установлено, что молекулярные события, приводящие к SOS-индукции после воздействия УФ-излучения, при больших и малых дозах могут быть различными. В частности, SOS-индуцированные повреждения, образующиеся в ДНК при больших дозах, не могут быть удалены конситутивными системами репарации, что подтверждается экспериментами по фотореактивации и выдерживанию суспензий УФ-облученных клеток в голодной среде. Показано, что SOS-индукция прямо зависит от репарационного генотипа клеток. Важно отметить, что SOS-ответ клеток, облученных ионизирующей радиацией, зависит от ЛПЭ, причем максимум соответствует ЛПЭ = 20 кэВ/мкм (ионы гелия). При этом влияние репарационного генотипа сходно с установленным при воздействии УФ-излучения.

Была продолжена работа по математическому моделированию SOS-регуляции в клетках *E. coli*. Хромосомные повреждения или вмешательства в репликацию ДНК, вызванные УФ, ионизирующей радиацией или некоторыми химическими агентами, приводят к индукции установленных физиологических реакций, получивших название коллективного SOS-ответа. Регуляция индукции SOS-ответа, запускаемого индуцирующим сигналом, возникающим после повреждающего воздействия, представляется как центральное событие взаимодействия двух регуляторных белков: LexA (негативный регулятор) и RecA (позитивный регулятор). Основываясь на нашей модели регуляции SOS-ответа, мы изучили индукцию и выключение SOS-ответа, моделируя изменения клеточного уровня двух основных SOS-регуляторов, каковыми и являются белки RecA и LexA. Анализ динамики белков RecA и LexA в штаммах дикого типа и мутантах, дефектных по эксцизионной репарации нуклеотидов (в основном клеточные системы для удаления повреждений ДНК, индуцированных УФ-излучением), помог выявить функциональные роли двух регуляторов в индукции SOS-ответа. Таким образом, мы получили возможность рассчитать кривые доза–эффект для белков SOS-регуляторов и провести временной анализ SOS-регуляции, который, как оказалось, должен быть организован как каскад информации, протекающий по SOS-регуляторной цепи.

Исследования действия малых доз и низких мощностей гамма-излучения были проведены на клетках эукариот: дрожжей и высших растений. Ранее на дрожжах было показано, что адаптивный ответ клеток, т.е. радиочувствительность к повторному острому облучению, возрастает после хронического облучения клеток и уменьшается после окончания облучения через 16–22 часа культивирования. Проведены исследования увеличения радиочувствительности. Анализ последних опытов позволил заключить, что малые дозы радиации не убивают, а повреждают клетки. Поврежденные клетки характеризуются меньшей скоростью пролиферации. По итогам данных исследований была защищена кандидатская дис-



сертация «Реакция популяций дрожжевых клеток на пролонгированное гамма-облучение».

Исследования *воздействия гамма-лучей малой мощности на клетки высших растений* имели задачей связать аномальный митоз клеток и их адаптивный ответ. Для этих исследований были использованы семена гороха с низким и высоким уровнями естественного мутирования. Опыты на растениях показали [9], что облучение при низких мощностях доз, так же как и при высоких, приводит к увеличению количества «отбракованных» семян и задержке первого митоза. Отмечается уменьшение выхода хромосомных aberrаций и увеличение митотической активности. В этом диапазоне ( $0 \div 2$  сГр/ч) наблюдается исчезновение адаптивного ответа и даже повышение радиочувствительности клеток. Это свидетельствует о том, что в области радиационного горемезиса адаптивно-компенсаторные функции клетки исчезают либо подавляются. При больших мощностях доз ( $\sim 20$  сГр/ч) появляется адаптивная реакция клетки.

На основе разработанной и обоснованной модели двух защитных реакций (ДЗР) выполнен *анализ результатов эпидемиологических наблюдений за когортами облученных людей*. Анализ [10] показал возможность больших различий в оценках последствий

облучения одними и теми же дозами, так как зависимость доза–эффект определяется радиочувствительностью индивидуума или когорты (популяции), резервом их защитной реакции, которая, в свою очередь, определяется средой обитания и условиями облучения. Ярким примером сказанного являются прямо противоположные эффекты облучения радона в зависимости от условий облучения: наибольший ущерб — для горняков с сочетанием у них многих неблагоприятных факторов и благоприятные последствия облучения — для проживающих в домах (США), а также при принятии радоновых ванн для некоторых категорий больных. Анализ результатов наблюдений стохастических эффектов на клеточном уровне на основе модели ДЗР позволил описать в зависимости доза–эффект в области малых доз некоторые закономерности: возрастание, спад и новый подъем выхода aberrаций независимо от вида биологического объекта (корневой меристемы зерен ячменя, линии клеток HT29 опухоли человека и клеток китайского хомячка, облученных фотонами) в зависимости от дозы облучения в диапазоне  $10 \div 50$  сГр. Это, возможно, является следствием защитной адаптивной реакции, которая инициируется при дозе около 20 сГр.

## РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационный контроль за облучением персонала ядерно-физических установок ОИЯИ осуществлялся в 1998 г. с помощью автоматизированных систем радиационного контроля (АСРК) и переносными приборами. Были продолжены исследования полей излучения в помещениях вокруг циклотрона У-400М. В ЛЯР проведены работы по реконструкции спецвентиляции РХЛ. Проведена модернизация каналов радиационного контроля нейтронов на У-400.

Регулярный мониторинг окружающей среды по образцам почвы, растений (трава), воды из водоемов в окрестностях Дубны, водопроводной воды и сбросов воды предприятиями позволяет утверждать, 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 1998 г. в радиоактивность окружающей среды от ядерно-физических установок ОИЯИ не обнаружен.

В 1998 г. на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состояло 1898 человек, включая 72 прикомандированных специалиста. По сравнению с 1997 г. число лиц, состоящих на контроле, снизилось на 70 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 и ЛЯР — 1,4 мЗв/год. Превышения контрольных уровней и пределов доз в 1998 г. в лабораториях также не были зарегистрированы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wan J.S. et al. — *Kerntechnik*, 1998, v.63, № 4.
2. Spurny F., Bamblevski V., Vlcek B. — *Report NPI 455/98, Prague*, 1998.
3. Govorun R.D. et al. — *JINR Preprint E19-98-31, Dubna*, 1998.
4. Nasonova E., Ritter S., Phomenkova T., Kraft G. — *Advances in Space Research*, 1998, v.22, № 4.
5. Шмакова Н.Л., Фадеева Т.А., Красавин Е.А. — *Радиобиология*, 1998, т.38, № 6.
6. Колтовая Н.А. и др. — *Доклады РАН*, 1998, т.360, № 3.
7. Колтовая Н.А. и др. — *Генетика*, 1998, т.34, № 5.
8. Любимова К.А., Аникин С.А., Колтовая Н.А., Красавин Е.А. — *Генетика*, 1998, т.34, № 9.
9. Корогодина В.Л. и др. — *Радиационная биология. Радиоэкология*, 1998, № 5.
10. Комочков М.М. — *Сообщение ОИЯИ P19-98-118, Дубна*, 1998.

## УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 1998 г. образовательная программа ОИЯИ получила новый статус: в связи с ее успешной реализацией и возросшей ролью решением 83-й сессии Ученого совета была открыта тема первого приоритета «Организация, обеспечение и развитие учебного процесса университетского типа в ОИЯИ». Открытие темы позволило объединить усилия всех лабораторий Института, направленные на совершенствование образовательной системы ОИЯИ, и расширить рамки сотрудничества стран-участниц в этой области.

В 1998 г. в Учебно-научном центре в осеннем (весеннем) семестре обучалось 75(66) студентов из различных вузов стран-участниц ОИЯИ. В их числе из МГУ — 6(6), из МИФИ — 27(26), из МФТИ — 18(18) и 24(16) из других вузов России, Германии, Грузии, Армении и др.

В начале июня 1998 г. впервые прошла защита квалификационных работ на степень бакалавра студентами 4-го курса Московского физико-технического института.

Впервые УНЦ ОИЯИ начал проводить целевую подготовку специалистов из стран-участниц ОИЯИ. Пять студентов 5-го курса Брагиславского университета (Словакия) приступили к обучению по специальной программе, направленной на подготовку специалистов для циклотронного комплекса, который будет построен в Словакии при содействии ОИЯИ.

Осенью 1998 г. руководители ОИЯИ и Московского института радиотехники, электроники и автоматики приняли решение об организации базовой кафедры по специальности «Электроника и автоматика физических установок». С этой целью в осеннем семестре на базе УНЦ начато обучение студентов 1-го курса дневного отделения МИРЭА.

Ученые ОИЯИ активно участвуют в образовательном процессе. Полная численность преподавательского состава УНЦ 47 человек. В последние годы среди лекторов появились молодые преподаватели, особенно это важно в таких быстро меняющихся областях, как современный компьютеринг и микропроцессорные системы. По этим направлениям студентам были прочитаны следующие курсы: «Базы дан-

ных», «Визуализация научных исследований», «Микропроцессорные системы», «Объектно-ориентированное программирование на C++», «Основы компьютеринга», «Интернет-технологии», «Прикладная компьютерная алгебра» и «Компьютеринг в физике высоких энергий». Сотрудниками УНЦ ведутся теоретические исследования взаимодействия тяжелых ионов с ядрами [1–3]. Четверо сотрудников ОИЯИ, преподающих в УНЦ, стали победителями конкурсов «Соросовские профессора» и «Соросовские доценты» 1998 г.

В 1998 г. учебная программа расширилась за счет введения специального практикума для студентов на базе лабораторий ОИЯИ.

Продолжает развиваться материальная база Учебно-научного центра. В 1998 г. введена в действие третья аудитория с преподавательским местом.

Совместными усилиями сотрудников УНЦ и ЛВТА были обеспечены модернизация и сопровождение компьютерной инфраструктуры УНЦ. При этом решены следующие задачи:

- модернизация программно-аппаратного комплекса УНЦ на базе Unix- и Windows NT-серверов;
- организация учебного процесса в компьютерных аудиториях;
- техническая, системная и информационная поддержка учебного процесса, включая средства презентации (multi-media), на базе компьютерных аудиторий.

В УНЦ работает библиотека для студентов и аспирантов.

Дальнейшее развитие образовательной деятельности в ОИЯИ должно способствовать комплектованию штата Института молодыми сотрудниками. Включение в УНЦ бюро технического обучения ОИЯИ позволит привлечь высококвалифицированных сотрудников Института к процессу подготовки и переквалификации инженерно-технического персонала на базе производственных подразделений ОИЯИ, расширит номенклатуру направлений подготовки специалистов.

## ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В 1998 г. ОИЯИ получил лицензию Министерства общего и профессионального образования на право ведения образовательной деятельности в сфере послевузовского профессионального образования.

В аспирантуре ОИЯИ в УНЦ к 6 специальностям (физика ядра и элементарных частиц; теоретическая физика; физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника; вычислительная математика; физика твердого тела; техника физического эксперимента, физика приборов, автоматизация физических исследований) прибавилось 4 новых направления:

05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов, систем и сетей;

05.13.16 — применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях;

01.04.23 — физика высоких энергий;

03.00.01 — радиобиология.

В 1998 г. в аспирантуре обучалось 62 аспиранта. Кроме них в ОИЯИ работают еще 25 аспирантов, прикомандированных из других вузов. Аспиранты ОИЯИ распределены по лабораториям следующим образом: ЛТФ — 12, ЛЯП — 10, ЛЯР — 5, ЛНФ — 14, ЛВЭ — 6, ЛСВЭ — 5, ЛВТА — 6, ОРРИ — 3, УНЦ — 1.

В цикле лекций для аспирантов под общим названием «Современные проблемы естествознания» в 1998 г. были представлены лекции проф. Ж.Ле Дюффа (Орсэ, Франция) «Динамика пучков в присутствии синхротронного излучения», проф. В.А.Карнаухова (ЛЯП ОИЯИ) «Горячие ядра и фазовый переход "жидкость – газ" в ядерном веществе» и проф. Р.Краглера (Германия) «Курс обучения системе "Математика"».

24 декабря 1998 г. в УНЦ в торжественной обстановке прошел выпуск аспирантов первого набора (осень 1995 г.). Молодым ученым были вручены сертификаты об окончании аспирантуры ОИЯИ. Все выпускники остались работать в Институте.

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Одним из направлений деятельности Учебно-научного центра является организация и проведение международных научных школ и учебных курсов.

В 1998 г. ОИЯИ подписал соглашение о партнерстве с EUPEN (European Physics Education Network), которое позволит студентам и преподавателям быть включенными в программы обменов, организуемые Европейским физическим обществом. УНЦ является одним из координаторов от Российской Федерации в Европейской схеме обменов для студентов-физиков (EMSPS) и входит в базу данных EMSPS. С 1995 г. информация об УНЦ занесена в базу данных EMSPS.

Уже есть первые результаты соглашения с EUPEN. На 1998/99 учебный год Европейское физическое общество выделило 6 грантов на стажировки студентов и аспирантов из стран Восточной Европы в рамках EMSPS. Один из этих грантов на полугодовую стажировку в Университете г.Гиссен (Германия) присужден аспиранту УНЦ ОИЯИ.

В соответствии с планом международного сотрудничества ОИЯИ Учебно-научный центр в августе провел двухнедельную международную летнюю студенческую школу по физике высоких энергий, посвященную 85-летию академика Бруно Понтекорво.

Школа, организованная при поддержке ЮНЕСКО и Министерства науки России, была предназначена для студентов старших курсов физических факультетов, аспирантов и молодых ученых, специализирующихся в области физики высоких энергий.

В работе школы приняло участие около 60 студентов и аспирантов из Белоруссии, Болгарии, Германии, Италии, Колумбии, Южной Кореи, Португалии, России, Румынии, Швеции. Лекции читали извест-

ные ученые, близко знавшие академика Б.Понтекорво и сотрудничавшие с ним, из ОИЯИ, Москвы, Протвино, университетов Неаполя и Флориды, ЦЕРН.

Тематика лекций включала следующие вопросы: массы нейтрино и смешивание лептонов; точные измерения электрослабых взаимодействий; нейтрино в астрофизике и космологии; выход за рамки стандартной модели; адронные взаимодействия в физике сверхвысоких энергий и физика малых  $x$ ; спектроскопия мезонов; физика тяжелых ионов; получение сверхтяжелых элементов; будущие детекторы для адронных коллайдеров.

В марте 1998 г. УНЦ совместно с Объединением молодых ученых и специалистов ОИЯИ провел Вторую открытую научную конференцию, тематика которой расширилась за счет секций радиобиологии и экологии. В работе конференции участвовало более 100 студентов старших курсов вузов, аспирантов и молодых ученых в возрасте до 33 лет из Дубны, Москвы, Гомеля, Екатеринбургa, Минска, Чебоксар, Воронежа, а также из Университета г.Познань (Польша). Ведущие сотрудники ОИЯИ прочли обзорные доклады о современном состоянии и перспективах экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ.

В июне 1998 г. на базе отдыха на острове Липня прошла Вторая школа молодых ученых и специалистов, организованная ОМУС и УНЦ ОИЯИ. Около 50 участников прослушали доклады обзорного характера ведущих сотрудников ОИЯИ по различным проблемам современной ядерной физики, по которым ведутся исследования в лабораториях Института.



География международных связей УНЦ ОИЯИ

В настоящее время ОИЯИ имеет договоры о проведении совместной образовательной деятельности со многими университетами России и стран-участниц Института. Интенсивно развивается сотрудничество с университетами Польши. Создана специальная программа «Боголюбов–Инфельд», в рамках которой поддерживаются инициативы польских университетов и ОИЯИ в разработке и проведении образовательных проектов. Студенты и аспиранты УНЦ и польских вузов обмениваются ознакомительными визитами, участвуют в школах и конференциях, проводимых как в Дубне, так и в Польше. Особенно активно участвуют в обмене университеты Вроцлава, Познани и Лодзи. Одна из студенток Познанского университета прошла преддипломную практику в НЭОЯФ ЛНФ.

В феврале в польском городе Карпач прошла школа по теоретической физике «От квантовой механики до квантовой технологии», в которой участвовали 8 студентов и аспирантов УНЦ ОИЯИ.

В июне 1998 г. группа польских студентов из города Познань вместе со студентами физического факультета МГУ принимала участие в учебной практике на базе ОРРИ, УНЦ ОИЯИ и филиала НИИЯФ МГУ по направлению «Медицинская физика», в ходе которой были прочитаны курсы лекций и проведены прак-

тические занятия по вопросам радиационной биологии, радиационной безопасности, радиоэкологии. Студенты ознакомились с основными направлениями деятельности ОИЯИ, побывали в его лабораториях.

В сентябре ОИЯИ посетила группа студентов из Кракова, специализирующихся в биологии, химии, охране окружающей среды. Они познакомились с Учебно-научным центром, базовыми установками Института, были на экскурсиях в ОРРИ, ЛНФ, ЛЯР, ЛВТА и выразили заинтересованность в продолжении образования в аспирантуре ОИЯИ.

В декабре с ознакомительным визитом в ОИЯИ была группа студентов из Вроцлава.

Студент из Университета г.Киля (Германия) прошел производственную практику в Лаборатории ядерных реакций.

В 1998 г., как обычно, один студент УНЦ побывал на летней практике в ЦЕРН.

Информационные материалы об УНЦ опубликованы в 1998 г. в журналах «Nuclear Physics News» (v.8, p.27–28) и «Journal of the International Association of Physics Students» (Issue 5, Spring 1998, p.10–11). Адрес информационной WWW-страницы УНЦ в компьютерной сети ОИЯИ <http://uc.jinr.ru>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Antonenko N.V., Nasirov A.K., Shneidman T.M., Toneev V.D. — *Phys. Rev. C57*, 1998, p.1832.
2. Adamian G., Antonenko N., Ivanova S., Scheid W. — *Nucl. Phys. A646*, 1999, p.29.
3. Adamian G., Antonenko N., Ivanova S., Scheid W. — *Romanian J. Phys.*, 1998 (in press).

**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 ядерных проблем. Семинар, посвященный 85-летию юбилею почетного директора лаборатории, одного из организаторов ОИЯИ В.П.Джелепова



Лаборатория ядерных реакций. Семинар, посвященный 85-летию со дня рождения основателя лаборатории, выдающегося ученого академика Г.Н.Флерова (1913–1990)



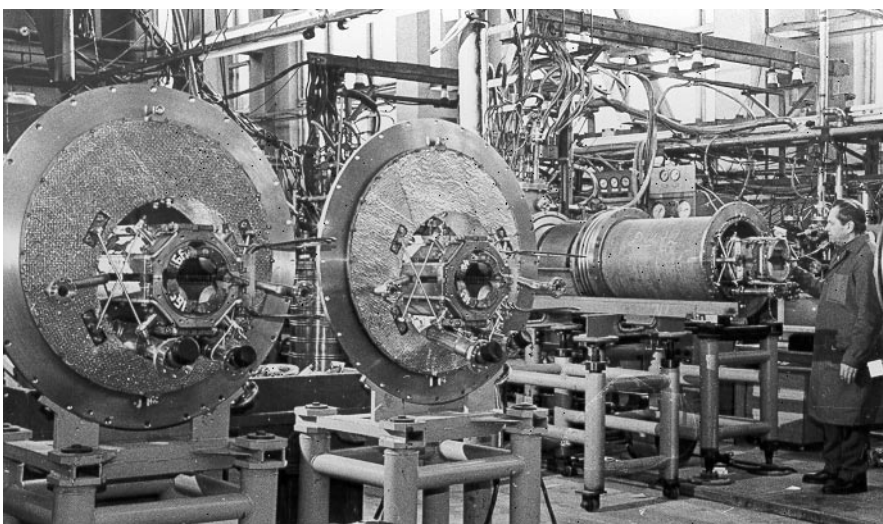
Лаборатория нейтронной физики. Открытие научного семинара, посвященного 90-летию со дня рождения лауреата Нобелевской премии академика И.М.Франка (1908–1990)



Лаборатория вычислительной техники и автоматизации. 5 июня в соответствии с программой сессии Ученого совета состоялась презентация суперкомпьютерного центра Института



Лаборатория ядерных проблем.  
Установка DUBVO. Совместный  
Дубна – Турин (Италия) эксперимент  
на пионном пучке фазотрона



Лаборатория высоких энергий.  
Элементы системы вывода пучка  
ускоренных частиц из нуклотрона  
на испытательном стенде

Лаборатория ядерных реакций.  
Международное совещание  
по разработке технического задания  
на проектирование циклотронной  
лаборатории при Словацком  
метрологическом институте  
(Братислава)



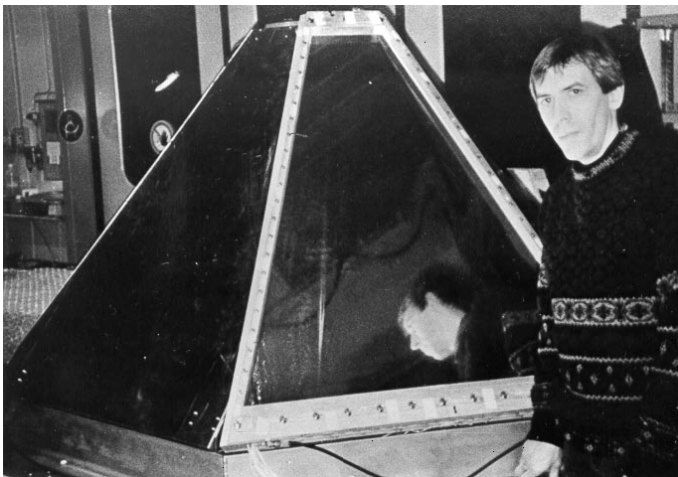
Лаборатория сверхвысоких энергий.  
Участок сборки серийных модулей  
камер из поколона-С для установки  
HERA-B в DESY (ФРГ)







Лаборатория теоретической физики, 14 января. Участники торжественного семинара по случаю 40-летия выхода в свет монографии Н.Н.Боголюбова и Д.В.Ширкова «Введение в теорию квантованных полей»



Лаборатория высоких энергий.  
Многослойная дрейфовая камера MDC-2  
с новой электроникой считывания  
для эксперимента HADES (GSI, Дармштадт)

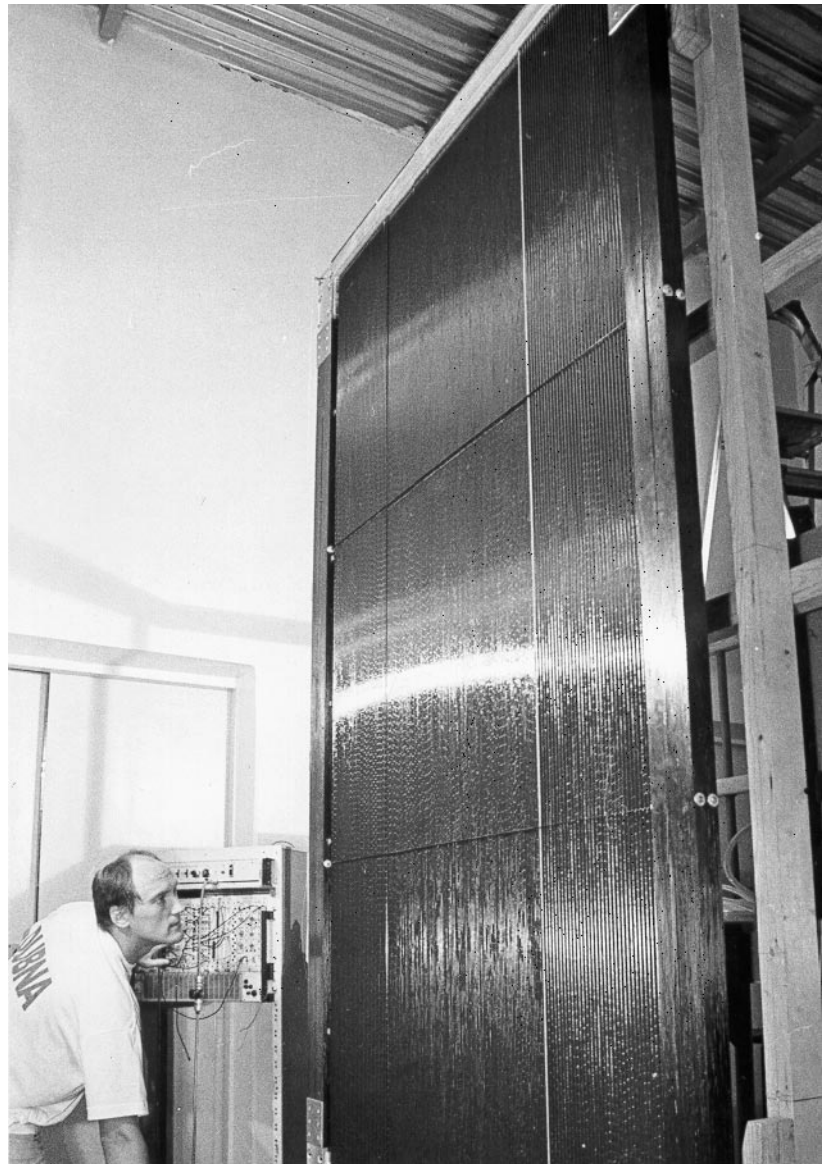


Учебно-научный центр. Участники Международной летней студенческой школы по физике высоких энергий, посвященной памяти академика Б.Понтекорво

Опытное производство.  
Участок испытаний мини-дрейфовых  
камер (MDC-детекторов)  
для физических исследований  
на тэватроне FNAL (США)  
по проекту D0



Лаборатория сверхвысоких энергий.  
Высокоточная straw-камера большой  
площади, разработанная в лаборатории  
для спектрометра COMPASS (ЦЕРН)



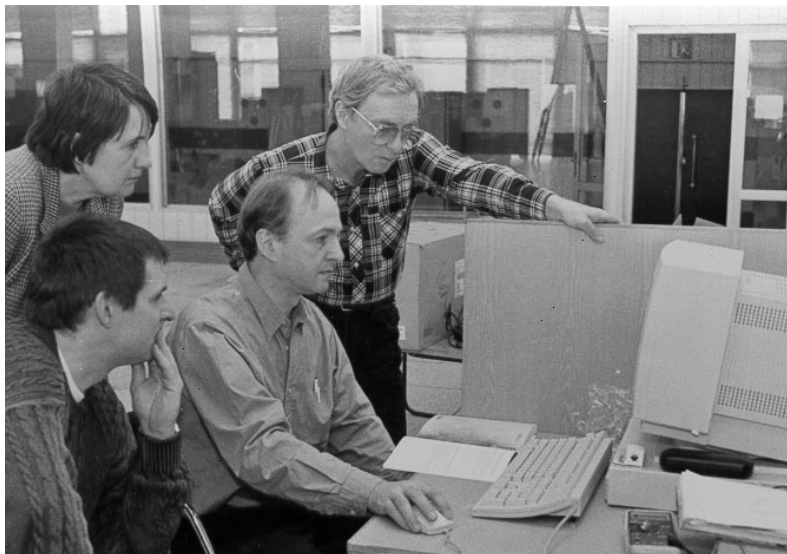


Опытное производство.  
Монтаж оборудования  
по циклотронному проекту  
ИЯН ВИНЧА (Белград, Югославия)

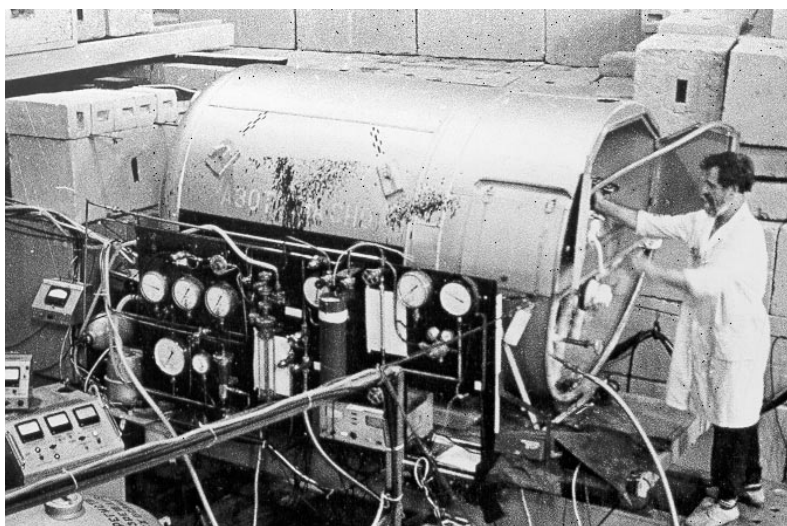


Дубна, 16–17 ноября. Рабочее совещание экспертов по рассмотрению хода реализации совместных проектов, выполняемых в рамках Соглашения ОИЯИ–ВМВФ (ФРГ)

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации. Установка нового оборудования фирмы «Hewlett Packard» в суперкомпьютерном центре лаборатории



Лаборатория нейтронной физики. Испытания по радиационной стойкости на реакторе ИБР-2 прототипа жидкоаргоновой камеры для эксперимента ATLAS



Дубна, 19–21 июня. Вторая летняя школа молодых ученых и специалистов ОИЯИ, организованная институтским Объединением молодых ученых и специалистов совместно с Учебно-научным центром



Учебно-научный центр. Торжественное событие — выпуск первых аспирантов ОИЯИ



Лауреат премии ОИЯИ имени академика Б.Понтекорво за 1998 г. профессор В.М.Лобашев (ИЯИ РАН, Москва) (в центре)



Главный научный итог года — первое экспериментальное подтверждение существования «острова стабильности» сверхтяжелых элементов. На снимке: научный руководитель Лаборатории ядерных реакций профессор Ю.Ц.Оганесян рассказывает членам Ученого совета ОИЯИ об успешных экспериментах по синтезу сверхтяжелого элемента с порядковым номером 114

# ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



## ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 1998 г. издательский отдел выпустил в свет 444 наименования сообщений и препринтов ОИЯИ. Изданы 143 служебных материала.

Вышли из печати 42 сборника трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды Международной конференции по структуре ядра, международного симпозиума «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии» (в двух томах), XIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» (в двух томах), V и VI международных семинаров по взаимодействию нейтронов с ядрами («ISINN-5», «ISINN-6»), II Научного семинара памяти В.П.Саранцева. Увидели свет годовые отчеты ОИЯИ за 1997 г. (на русском и английском языках), годовой отчет Лаборатории нейтронной физики за 1997 г. Изданы книги, посвященные выдающимся ученым: «Илья Михайлович Франк. К 90-летию со дня рождения», «Ф.Л.Шапиро: ученый и человек», «Норайр Мартиросович Сисакян», «Венедикт Петрович Дзелепов. К 85-летию со дня рождения», «Дмитрий Васильевич Ширков. К 70-летию со дня рождения». Издан информационно-биографический справочник М.Г.Шафрановой «Объединенный институт ядерных исследований».

В 1998 г. вышли в свет шесть выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 36 обзоров, и 6 номеров «Кратких сообщений ОИЯИ», в которые вошли 42 статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, ме-

тодические 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 направлено 354 статьи и доклада, содержащие 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», «European Physical Journal» 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. Увидел свет традиционный ежегодный «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1997 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано более 130 тысяч различных бланков.

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1998 г. число читателей НТБ составило 4736 человек. Количество выданной литературы — более 250 тыс. экземпляров. По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 1007 изданий. По соглашению с INTAS получено более 20 ксерокопий научных статей из зарубежных журналов, отсутствующих в фондах нашей библиотеки и библиотек г.Москвы. По всем источникам комплектования поступило 8815 книг, периодических изданий, препринтов; около 6300 из них — на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге и в каталогах филиалов НТБ.

На 1 января 1999 г. библиотечный фонд составил более 418 тыс. экземпляров, из них 184 тыс. — на иностранных языках. Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 20795 названий. Экспресс-бюллетени получают около 240 сотрудников Института, они рассыла-

ются по 77 адресам вне Института, а также заносятся в электронную почту. Информационные бюллетени и списки конференций регулярно дополняются в WWW и в службе ИНФОМАГ (Москва). Периодически обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий; на них представлено 7600 названий. Организованы три тематические выставки.

Подготовлен к изданию «Библиографический указатель работ сотрудников Института за 1997 г.» (1457 записей).

За 1997 г. в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, поступило 6280 изданий из 33 стран. Из них на долю России приходится 574, Германии — 990, Италии — 370, США — 1166, Франции — 254, Швейцарии — 370, Японии — 623, ЦЕРН — 1862. Дополнительно в НТБ поступают научные журналы и книги (144 названий) из 35 стран.



## ОТДЕЛ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В 1998 г. число проектов на подачу заявок на изобретения для получения патентов на имя авторов или ОИЯИ составило 10.

Подана на рассмотрение во Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы (ВНИИГПЭ) на предмет выдачи патента заявка «Способ изготовления субмикронных трубчатых металлических реплик с трековых мембран», авторы В.Ф.Реутов и С.Н.Дмитриев (ЛЯР). По этой заявке прошла предварительная государственная экспертиза и зарегистрирован приоритет от 25.12.98 г.

По ранее поданным заявкам в течение года получены патенты:

- «Электронно-лучевое устройство для разложения промышленных газовых отходов», авторы С.А.Корнев и А.С.Корнев;
- «Способ получения металлической реплики для анализа нанометрических каналов в трековых мембранах», авторы С.Н.Дмитриев, В.Ф.Реутов, А.С.Сахацкий.

Получено положительное решение о выдаче патента на изобретение по заявке «Система разложения токсических соединений», авторы С.А.Корнев и В.Н.Самойлов.

В 1998 г. в отдел поступило 72 официальных патентных бюллетеня Российской Федерации с информацией о поданных заявках на патенты и выданных патентах. Это издание обрабатывалось с учетом тематики ОИЯИ и явилось основой выпуска для лабораторий бюллетеня «Патенты» (12 номеров).

Отдел продолжал проводить работу по оказанию методической и консультационной помощи, связанной с оформлением заявок на изобретения для получения патентов, и юридических консультаций по правам авторов, имеющих патенты и авторские свидетельства.

В 1998 г. проводилась работа по получению авторами изобретений ранее не выданных нагрудных знаков «Изобретатель СССР», приравниваемых по значимости к медали «Ветеран труда».

На конец 1998 г. ОИЯИ имеет 20 действующих на территории России патентов.

## ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1998 г. Опытное производство изготовило продукции по заказам лабораторий и других подразделений ОИЯИ на сумму 6 млн рублей. По-прежнему среди этих заказов преобладало механическое оборудование, в том числе:

- узлы высокочастотного резонатора ускорителя тяжелых ионов;
- детекторы для регистрации мюонов в эксперименте D0;
- детектор максимум-ливня для эксперимента STAR;
- спектрометр NEMO для исследований двойного бета-распада;
- установка DIRAC;
- комплект нейтронотводов;

- полимеризаторы;
- медные плиты калориметра ATLAS.

Большая часть этих заказов изготавливалась в рамках сотрудничества с научными центрами США, Франции, Югославии и стран-участниц ОИЯИ.

Среди сторонних заказчиков в 1998 г. основное место занимал НПЦ «Аспект» с оборудованием для контроля радиоактивных материалов, производство которого было значительно увеличено. Заказы НПЦ «Аспект» позволили почти полностью загрузить мощности радиоэлектронного производства. Был продолжен выпуск цифровых телефонных станций. Значительный объем работ был выполнен для предприятий различных отраслей народного хозяйства.

# 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 1998 г. утвердил бюджет в сумме 37500,0 тыс. долл. США. Фактическое поступление средств за год составило 17671,5 тыс.

долл. США, или 47,1% по отношению к годовым ассигнованиям.

Фактические затраты на научно-исследовательские работы Объединенного института ядерных исследований за 1998 г. составили 19973,1 тыс. долл. США (за счет услуг хозяйственных подразделений ОИЯИ).

Фактические расходы характеризуются следующими показателями:

Наименование раздела	План годовых ассигнований в тыс. долл. США	Фактические расходы за 1998 г. в тыс. долл. США	% к плану
I. Прямые расходы НИР по основным научным направлениям	17283,1	10205,6	59,0
II. Расходы на инфраструктуру лабораторий	8991,1	6057,0	67,4
III. Расходы на инфраструктуру ОИЯИ	5379,0	3710,5	69,0
IV. По соглашению с ФМИТ ФРГ за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	948,6		
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 вноса стран-участниц	2903,2		
Итого — расходы:	37500,0	19973,1	53,3

## КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 1999 года составила 6037 человек (без временных членов персонала).

В Объединенном институте работают 10 академиков академий наук: В.Л.Аксенов, А.М.Балдин, И.А.Голутвин, А.В.Еремин, В.Г.Кадышевский, В.И.Корогодин, А.М.Петросьянц, А.Г.Попеко, 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; 238 докторов наук,

676 кандидатов наук, в том числе 90 профессоров и 14 доцентов.

В 1998 г. в ОИЯИ принят на работу 531 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 560 человек.

В течение года присвоены ученые звания: профессора — 1, старшего научного сотрудника — 8, младшего научного сотрудника — 6.

В 1998 г. защитили кандидатские диссертации 14 сотрудников, докторские — 11. Среди защитившихся — сотрудники ОИЯИ (19), граждане Республики Казахстан (1), Республики Польши (1), Румынии (1), Российской Федерации (3).

Ответственный за подготовку отчета — *Б.М.Старченко*

Отчет подготовили

*В.А.Бедняков*

*А.А.Бельков*

*В.А.Бирюков*

*В.И.Данилов*

*Т.Я.Жабицкая*

*В.И.Журавлев*

*С.П.Иванова*

*Л.Г.Лукьянова*

*А.Е.Назаренко*

*Е.Б.Плеханов*

*А.Г.Попеко*

*В.В.Сиколенко*

*Т.А.Стриж*

*Г.Н.Тимошенко*

*Л.А.Тютюнникова*

*Т.Н.Харжеева*

*И.Ю.Щербакова*

Художник *Ю.Г.Мешенков*

В отчете использованы фотографии

*Е.В.Сметаниной, Ю.А.Туманова*

**99-49**

Редактор *Е.В.Калиникова*

Рукопись поступила 1.03.99. Подписано в печать 29.04.99

Формат 60×84/8. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 18,52

Тираж 250. Заказ 51350

141980 Дубна Московской области, ул. Жолио-Кюри, 6  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований