

# 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 5-85165-562-3

© Объединенный институт ядерных исследований. Дубна, 2000

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	9
Премии и гранты	23
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	27
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова	51
Лаборатория высоких энергий	61
Лаборатория физики частиц	73
Лаборатория ядерных проблем	83
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова	95
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка	105
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	111
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	121
Учебно-научный центр	127
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	147
Научно-техническая библиотека	148
Бюро защиты интеллектуальной собственности и стандартизации	149
Опытное производство	150
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	153
Кадры	154

## **ГОСУДАРСТВА — ЧЛЕНЫ ОИЯИ:**

Азербайджанская Республика  
Республика Армения  
Республика Белоруссия  
Республика Болгария  
Социалистическая Республика Вьетнам  
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

Исключительно важным событием для нашего Института стала ратификация в конце 1999 г. Соглашения между Правительством РФ и ОИЯИ. 3 декабря на последнем плановом пленарном заседании 2-й Государственной Думы России был принят Федеральный закон «О ратификации Соглашения между Правительством Российской Федерации и Объединенным институтом ядерных исследований о местопребывании и об условиях деятельности Объединенного института ядерных исследований в Российской Федерации». Этот закон был одобрен Советом Федерации Федерального Собрания РФ (22 декабря 1999 года), подписан Президентом России В.В.Путиным (2 января 2000 года) и опубликован в «Российской газете» 6 января 2000 года. Для Института подтверждены правовые гарантии, соответствующие общепринятым международным нормам. В данном Федеральном законе сформулированы условия, которых Россия обязуется придерживаться, чтобы деятельность ОИЯИ на российской земле была успешной и плодотворной.

В прошедшем году в Институте была обеспечена стабильная плановая работа базовых установок и их дальнейшее развитие. Большим достижением коллектива Лаборатории высоких энергий ОИЯИ является создание системы медленного вывода пучка из сверхпроводящего ускорителя релятивистских ядер — нуклотрона. Здесь впервые осуществлен вывод пучка ускоренных частиц на физические установки с помощью сверхпроводящих магнитных элементов.

В декабре на реакторе ИБР-2 были завершены испытания уникального криогенного замедлителя на основе твердого метана. Испытания проводились на самом мощном нейтронном потоке в сравнении с аналогичными устройствами в США и Японии. Были опробованы все проектные режимы работы. Поток холодных нейтронов оказался в 3–4 раза выше потока из лучшего до настоящего времени источника холодных нейтронов на установке ISIS (Англия). Появились новые возможности для исследований на ИБР-2

соединений со сложными структурами, что особенно важно для биологии, физики полимеров, материаловедения, фармакологии.

Важные результаты были получены сотрудниками Института в целом ряде научных направлений. Из наиболее значимых можно отметить следующие.

В серии работ, выполненных теоретиками ОИЯИ, развит общий подход к описанию частичного спонтанного нарушения расширенных суперсимметрий. Построены новые интересные модели, обладающие таким свойством, приведены примеры суперчастиц с нарушением исходной суперсимметрии. Эти результаты представляют собой существенный шаг в понимании структуры суперсимметричных протяженных объектов.

Дальнейшее развитие получила идея А.Д.Сахарова о том, что гравитация может индуцироваться эффектами поляризации вакуума. Показано, что аналогичный механизм можно считать ответственным за возникновение и других дальнедействующих сил. В качестве примера построена модель, свободная от ультрафиолетовых расходимостей, в которой эйнштейновское и максвелловское действия полностью индуцированы квантовыми эффектами сверхмассивных полей-конституентов.

На дубненском газонаполненном сепараторе на циклотроне У-400 Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова синтезирован изотоп элемента 114. Еще один изотоп этого же элемента с другой массой был получен в параллельном эксперименте на сепараторе ВАСИЛИСА. В данных экспериментах среди продуктов распада элемента 114 были идентифицированы шесть наиболее тяжелых изотопов элементов 112, 110 и 108.

В рамках коллаборации «Сфера» на пучке дейтронов синхрофазотрона ОИЯИ в реакции фрагментации дейтерия измерены спектры кумулятивных  $K^\pm$ -мезонов в интервале кумулятивных чисел от 0,9 до 1,35 с точностью до 10%. Спектры  $K^-$ -мезонов в кумулятивной области чувствительны к распределе-

нию кварков в дейтерии для конфигурации, в которой нуклоны находятся на расстояниях, меньших или сравнимых с размерами нуклона.

Проведены работы по экспериментальному исследованию процессов генерации нейтронов в толстых свинцовых мишенях и уран-свинцовых сборках под действием пучка протонов синхрофазотрона. С помощью активационно-трековой томографии изучено пространственное и массовое распределения ядерных фрагментов. Это позволяет планировать дальнейшие измерения коэффициента увеличения мощности электроядерных установок.

Успешно выполнялась программа научных исследований с участием специалистов ОИЯИ в совместных экспериментах на ускорителях ИФВЭ (Протвино), CERN, DESY, BNL, FNAL.

Усилиями многих подразделений ОИЯИ были собраны первые модули для центральной части калориметра установки ATLAS, которые доставлены в CERN.

В ОИЯИ создана специализированная «чистая зона» с линией массового производства модулей дрейфовых камер сотового типа из материалов, поставляемых DESY. Выполнена программа массового производства камер для коллаборации HERA-B.

В рамках совместного ОИЯИ–ЦЕРН эксперимента DIRAC, проводимого в ЦЕРН с целью безмодельной проверки квантовой хромодинамики на основе анализа данных по измерению времени жизни  $\pi^+\pi^-$ -атомов, выполнены первые два цикла измерений выхода димезоатомов на мишенях из никеля и платины. Наблюдение кулоновского усиления выхода пионных пар в области относительных импульсов менее 5 МэВ/с и регистрация пика от распада  $\Lambda$ -гиперона в спектре детектируемых  $p^-p$ -пар демонстрируют хорошие возможности данной установки.

В последние годы компьютерные сети стали играть важнейшую роль при подготовке и проведении экспериментов. Вычислительный комплекс Института, включающий компьютерные сети и средства компьютерной инфраструктуры, по рекомендации 85-й сессии Ученого совета стал рассматриваться как базовая установка ОИЯИ.

В соответствии с программой, одобренной два года назад Комитетом Полномочных Представителей, продолжалось реформирование Института в области развития базовых установок, совершенствования инфраструктуры и кадровой политики. Образованы новые департаменты, практикуется централизация управления базовыми установками, осуществляется адресное финансирование приоритетных работ. Значительные усилия дирекции были направлены на повышение заработной платы сотрудников. В течение 1999 г. жалование было повышено в среднем в два раза.

Важным событием года стало подписание Соглашения между ВМБФ (Германия) и ОИЯИ на очередной трехлетний срок.

Наиболее крупный международный форум 1999 года — Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики». Начавшись в Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова, конференция продолжила работу в Дубне, затем — в Киеве. Ее участниками стали видные ученые из многих стран.

В связи с 50-летием пуска синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем 17 декабря в Дубне была проведена юбилейная конференция. Особая роль в создании, развитии и последующей модернизации синхроциклотрона принадлежала Венедикту Петровичу Джелепову. Он был первым директором Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, возглавлял ее в течение 33 лет, а затем стал ее почетным директором. Отдавая дань уважения Венедикту Петровичу, дирекция ОИЯИ обратилась к Комитету Полномочных Представителей с просьбой присвоить его имя Лаборатории ядерных проблем.

1999 год отмечен еще одной знаменательной вехой. На 86-й сессии Ученого совета за выдающиеся заслуги перед ОИЯИ в области развития приоритетных направлений науки и техники, в подготовке и воспитании научных кадров вручены дипломы первым почетным докторам ОИЯИ: академикам РАН А.М.Балдину и А.А.Логонову, академику Польской академии наук А.Хрынкевичу и профессору Х.Шопперу (Германия).



В.Г.Кадышевский,  
директор Объединенного института  
ядерных исследований

# РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ



# РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

## СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

**11–12 марта в Дубне состоялась очередная сессия Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ. Председатель — профессор Р.Мах (Чешская Республика).**

Заслушав и обсудив доклад директора Института В.Г.Кадышевского о выполнении рекомендаций Ученого совета и решений КПП ОИЯИ по программе реформирования Института, о деятельности ОИЯИ в 1998 г. и планах на 1999–2001 гг., Комитет Полномочных Представителей постановил одобрить деятельность дирекции ОИЯИ по выполнению программы реформирования Института, отметил, что инициативы дирекции ОИЯИ по централизации управления базовыми установками себя полностью оправдали.

Комитет Полномочных Представителей утвердил рекомендации 84-й и 85-й сессий Ученого совета ОИЯИ, план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1999 г., а также «Научную программу ОИЯИ на 1999–2001 годы».

Приняв во внимание рекомендации 85-й сессии Ученого совета, КПП поручил дирекции ОИЯИ обеспечить первоочередное выделение средств в 1999 г. на следующие работы:

- завершение создания системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; продолжение эксплуатации нуклотрона; экспериментальные исследования по поиску и изучению кварк-глюонных степеней свободы в ядрах и спиновых эффектов на пучках ускорительного комплекса ЛВЭ и ускорителей других центров: SPS и LHC (ЦЕРН), RHIC (BNL), COSY (Юлих) и CELSIUS (Уппсала); участие в подготовке эксперимента HADES в GSI (Дармштадт);
- создание установки ИРЕН в рамках реального графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ по реализации проекта в возможно кратчайшие сроки;

- совершенствование реактора ИБР-2 с целью создания условий для долгосрочной эксплуатации этой установки в будущем; развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2; продолжение использования спектрометров на реакторе;
- синтез сверхтяжелых элементов вблизи области  $Z=114$  с использованием газонаполненного сепаратора и модернизированной установки ВАСИЛИСА и изучение реакций слияния-деления для слабозбужденных 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 LHC (ЦЕРН) и линейных коллайдеров (TESLA);
- теоретические исследования по физике частиц и квантовой теории поля, ядерной физике и физике конденсированных сред, в том числе непосредственно связанные с экспериментальными работами в этих областях;
- дальнейшее развитие телекоммуникационных каналов и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ.

КПП одобрил предложение Ученого совета продолжить с первым приоритетом выполнение образовательной программы ОИЯИ, направленной на увеличение притока молодых ученых в ОИЯИ и целевую подготовку специалистов из стран-участниц.

Заслушав доклад научного руководителя Лаборатории ядерных реакций Ю.Ц.Оганесяна «Наблюдение



ние распада сверхтяжелого элемента с  $Z = 114$ », Комитет Полномочных Представителей отметил результаты успешных экспериментов по синтезу сверхтяжелого элемента с порядковым номером 114, недавно проведенных Лабораторией ядерных реакций совместно с Ливерморской национальной лабораторией США, и поздравил ОИЯИ и партнеров с этим выдающимся достижением, которое венчает 35-летнее международное сотрудничество в этой области.

Комитет Полномочных Представителей считает, что развитие работ в этом направлении имеет важное значение для научного приоритета ОИЯИ. В связи с этим КПП рекомендовал дирекции ОИЯИ продолжить максимальную поддержку экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов и с удовлетворением отметил содействие в выполнении этих работ со стороны Минатома и Миннауки Российской Федерации.

По докладу административного директора Института А.И.Лебедева Комитет Полномочных Представителей принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1998 г., утвердил бюджет ОИЯИ на 1999 г. в новой структуре с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США и долевыми взносами государств — членов ОИЯИ на 1999 г. по принципу пропорциональности шкале ООН.

КПП установил конкретную цифру по бюджету ОИЯИ на 2000 г. в размере 37,5 млн долларов США.

По информации председателя Финансового комитета профессора С.Дубнички (Словацкая Республика) Комитет Полномочных Представителей утвердил протокол заседания Финансового комитета от 11–12 февраля 1999 г., а также отчет Объединенного института ядерных исследований об исполнении бюджета за 1997 г. Продлено действие санкций, предусмотренных пунктом 5, раздела IV Протокола КПП от 12–13 марта 1998 г. в отношении стран, задолженность которых превышает их двухлетний утвержденный долевым взнос.

Заслушав и обсудив отчет председателя Постоянной комиссии Комитета Полномочных Представителей по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры Объединенного института ядерных исследований академика А.Хрынкевича (Республика Польша) о ее работе, КПП поддержал предложения комиссии по основным направлениям реформирования Института, совершенствованию его научно-финансовой политики, разработке новой методики определения долевого взноса, структуры и поручил дирекции руководствоваться ими в своей деятельности. Деятельность комиссии прекращена в связи с выполнением возложенных на нее функций.

Заслушав предложение и комментарии представителя правительства РФ В.В.Румянцева, КПП постановил дополнить главу 1, часть 3 Положения о персонале ОИЯИ пунктом 1.3.11 в следующей редакции: «Институт признает право членов персонала страны местонахождения Института на регулирование трудовых отношений с ними в соответствии с законодательством страны местонахождения и заключенными с членами персонала трудовыми договорами (контрактами)».

По информации вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна о реструктуризации задолженностей стран-участниц ОИЯИ Комитет Полномочных Представителей постановил поддержать инициативу дирекции ОИЯИ по проведению работы по реструктуризации долгов государств — членов ОИЯИ перед бюджетом Института и рекомендовал дирекции Института в 1999 г. согласовать с правительствами государств — членов ОИЯИ условия и порядок этой работы.

По сообщению директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского о поправке к Уставу ОИЯИ Комитет Полномочных Представителей постановил утвердить предложенные дирекцией ОИЯИ изменения в ст.17, п.1«и», ст.24, п.1, ст.25, п.2«с» действующего Устава ОИЯИ, изъяв слова «административный директор».

По сообщению начальника Отдела организации труда и заработной платы ОИЯИ Н.А.Иванова Комитет Полномочных Представителей постановил утвердить Перечень категорий представителей государств — членов ОИЯИ в представительных органах Института и должностных лиц ОИЯИ, которым предоставляются привилегии и иммунитеты, предусмотренные Будапештской конвенцией. В последующем, при необходимости, по представлению стран-участниц дирекция ОИЯИ внесет в данный список коррективы с доведением этих изменений в страны-участницы Института.

Заслушав сообщение директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского о присуждении премии имени Н.Н.Боголюбова 1999 г., Комитет Полномочных Представителей поздравил профессора В.Г.Барьяхтара (Украина) и профессора И.Р.Пригожина (Бельгия) с присуждением им премии имени Н.Н.Боголюбова за выдающиеся достижения в области теоретической физики.

Заслушав и обсудив информацию вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна об учреждении почетных званий и степеней ОИЯИ, Комитет Полномочных Представителей постановил утвердить Положение о звании «Почетный доктор ОИЯИ», Положение о звании «Почетный сотрудник ОИЯИ» и Положение о Почетном дипломе ОИЯИ.

## СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

**14–16 января в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского прошла 85-я сессия Ученого совета Института.**

В.Г.Кадышевский выступил с докладом о выполнении решений 83-й и 84-й сессий Ученого совета по программе реформирования ОИЯИ и о научной программе Института на 1999–2001 гг.

С сообщением о наблюдении распада сверхтяжелого элемента с  $Z=114$  выступил профессор Ю.Ц.Оганесян.

О ходе выполнения программы реформирования ОИЯИ (I этап) сообщили: главный инженер профессор И.Н.Мешков — по базовым установкам — и административный директор А.И.Лебедев — по общепрограммной инфраструктуре. О проведенной в 1998 г. аттестации научных проектов, которая является первым шагом по реформированию ОИЯИ в научной сфере (II этап), сообщил вице-директор профессор А.Н.Сисакян.

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 Ш.Бриансон.

Продолжились обсуждения долгосрочных планов научных исследований в ОИЯИ. С докладом о перспективах развития ядерной энергетики в XXI веке, включая проблемы ускорительной энергетики, выступил профессор В.И.Субботин, с информацией о подготовке проекта дубненского электронного ускорительного комплекса (на базе AmPS NIKHEF) — профессор И.Н.Мешков.

В повестку дня сессии были включены научные доклады: профессора Ю.Ц.Оганесяна «Радиоактивные пучки в ОИЯИ» и профессора Р.Брандта «Измерение выхода нейтронов и сечений трансмутации радиоактивных изотопов в столкновении релятивистских ионов с тяжелыми ядрами».

С информацией о возобновлении экспериментов на ускорителе ЕрФИ выступил академик Г.А.Вартапетян.

Ученый совет утвердил решение жюри по премиям ОИЯИ за 1998 г. Премия ОИЯИ имени Б.М.Понтекорво вручена члену-корреспонденту РАН В.М.Лобашеву (ИЯИ, Москва) за экспериментальные исследования в области слабых взаимодействий.

Ученый совет принял к сведению представленные дирекцией ОИЯИ доклады о выполнении рекомендаций Ученого совета по программе реформирования ОИЯИ, одобренной Комитетом Полномочных Представителей.

Ученый совет вновь выразил поддержку решению дирекции ОИЯИ по централизации управления

базовыми установками, к которым в настоящее время относятся ИБР-2, нуклотрон, У-400, У-400М, компьютерная инфраструктура и ИРЕН, как важному элементу проводимых реформ. Ученый совет с удовлетворением отметил близкое соответствие (около 90%) между запланированным и фактическим временем, выделенным в 1998 г. для проведения рабочих сеансов, что позволило получить значительное количество новых научных результатов.

Ученый совет одобрил результаты аттестации научных проектов ОИЯИ, проведенной в 1998 г. с помощью двух созданных центральных аттестационных комиссий (ЦАК) в рамках подготовки к реформам в научной сфере и обобщенной программно-консультативными комитетами на сессиях в ноябре 1998 г. Ученый совет рекомендовал продлить деятельность ЦАК на 1999 г.

Ученый совет одобрил первые предложения, представленные дирекцией в ходе аттестации проектов, в частности, по оптимизации научной программы при сохранении всех девяти направлений исследований, активному поиску новых источников внебюджетного финансирования, установлению разумного баланса между фундаментальными исследованиями в ОИЯИ.

Ученый совет высоко оценил результаты успешных экспериментов по синтезу сверхтяжелого элемента с порядковым номером 114, недавно проведенных Лабораторией ядерных реакций совместно с Ливерморской национальной лабораторией США, и поздравил ОИЯИ и партнеров с этим выдающимся достижением, которое венчает 35-летнее международное сотрудничество в этой области.

В связи с нестабильным финансированием ОИЯИ Ученый совет принял обращение к Председателю правительства Российской Федерации академику Е.М.Примакову, в котором выражается серьезная обеспокоенность за судьбу Института, а также дается высокая оценка личного содействия премьера правительства в решении проблем ОИЯИ в 1998 г.

Ученый совет выразил серьезную обеспокоенность по поводу неудовлетворительного положения дел с развитием базовых установок. Задержки с реализацией программы модернизации ИБР-2, проекта ИРЕН и создания системы вывода пучка на нуклотроне создают реальную угрозу для выполнения исследовательской программы. Ученый совет настоятельно рекомендовал дирекции ОИЯИ принять все необходимые меры для изыскания средств, необходимых для финансирования этих работ в 1999 г.

Ученый совет настоятельно рекомендовал считать телекоммуникационные каналы и компьютерно-сетевую инфраструктуру ОИЯИ базовой установкой Института, обеспеченной необходимым ежегод-

ным финансированием для постоянного и надежного функционирования.

Ученый совет с удовлетворением отметил успешный ход выполнения «Научной программы ОИЯИ на 1998–2000 годы», основанной на «скользящем» трехлетнем плане деятельности, и одобрил основные направления «Научной программы ОИЯИ на 1999–2001 годы».

Учтя предложения дирекции и рекомендации ПКК, Ученый совет поддержал следующие приоритетные направления деятельности ОИЯИ в 1999 г.:

- завершение создания системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; продолжение эксплуатации нуклотрона; экспериментальные исследования по поиску и изучению кварк-глюонных степеней свободы в ядрах и спиновых эффектов на пучках ускорительного комплекса ЛВЭ и ускорителей других центров: SPS и LHC (ЦЕРН), RHIC (BNL), COSY (Юлих) и CELSIUS (Уппсала); участие в подготовке эксперимента HADES в GSI (Дармштадт);
- создание установки ИРЕН в рамках реального графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ по реализации проекта в возможно кратчайшие сроки;
- совершенствование реактора ИБР-2 с целью создания условий для долгосрочной эксплуатации этой установки; развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2; продолжение использования спектрометров на реакторе;
- синтез сверхтяжелых элементов вблизи области  $Z = 114$  с использованием газонаполненного сепаратора и модернизированной установки ВАСИЛИСА и изучение реакций слияния-деления для слабозбужденных 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 LHC (ЦЕРН) и линейных коллайдеров (TESLA);
- теоретические исследования по физике частиц и квантовой теории поля, ядерной физике и физике конденсированных сред, в том числе непосредственно связанные с экспериментальными работами в этих областях;
- дальнейшее развитие телекоммуникационных каналов и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ.

Ученый совет также рекомендовал продолжить с первым приоритетом выполнение образовательной

программы ОИЯИ, направленной на увеличение притока молодых ученых в ОИЯИ и целевую подготовку специалистов из стран-участниц.

По итогам состоявшегося обсуждения Ученый совет принял к сведению и поддержал рекомендации, сделанные на сессиях программно-консультативных комитетов ОИЯИ в ноябре 1998 г. и представленные их председателями.

*По физике конденсированных сред.* Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по физике конденсированных сред:

- 16% наличных денежных средств, поступающих в бюджет ОИЯИ из взносов стран-участниц, после выплаты заработной платы непосредственно выделять на направление «физика конденсированных сред» и, таким образом, способствовать выполнению программы модернизации реактора ИБР-2;
- согласиться с предложением по уменьшению мощности реактора с 2 до 1,5 МВт и сокращению циклов реактора с 10 до 8 в год; эту вынужденную меру следует пересмотреть, как только позволит финансовая ситуация;
- представить предложение о создании дубненского электронного комплекса на базе амстердамского ускорителя AmPS в более детальном виде.

*По физике частиц.* Ученый совет согласился с ПКК по физике частиц в том, что список проектов, предложенных ЦАК к выполнению, является научно обоснованным и может быть реализован в рамках полного бюджета. Однако, принимая во внимание неопределенную финансовую ситуацию в Институте, ПКК намерен выделить из этого списка ключевые проекты, которые следует поддерживать с наивысшим приоритетом в случае дальнейших бюджетных сокращений. К ним можно было бы отнести те проекты, а) в которые ОИЯИ уже внес значительный интеллектуальный и финансовый вклад, который не должен быть потерян, б) которые весьма существенны с точки зрения долгосрочной программы ОИЯИ.

*По ядерной физике.* Ученый совет согласился с ПКК по ядерной физике в том, что наивысший приоритет следует отдать завершению создания установки ИРЕН и разработке проекта «Пучки радиоактивных ионов». Ученый совет предлагает авторам этого проекта представить детальное предложение на очередной сессии ПКК по ядерной физике.

Следующие эксперименты, получившие высокую экспертную оценку ПКК, рекомендуется продолжить с максимально возможным финансированием: синтез сверхтяжелых элементов, изучение свойств ядер, удаленных от линии стабильности, эксперименты AnCor, NEMO, TGV и DUBTO.

Ученый совет просил дирекцию ОИЯИ рассмотреть возможность бюджетного финансирования работ на пучках фазотрона для небольшого числа утвер-

жденных экспериментов с тем, чтобы завершить их в благоприятных условиях в ближайшие 2–3 года.

Ученый совет выразил большой интерес к новым идеям, связанным с безопасным получением энергии с помощью подкритических установок и с изучением способов трансмутации ядерных отходов, и рекомендовал продолжить ряд проводимых в лабораториях Института работ в данном направлении при финансировании из внебюджетных источников.

Ученый совет ознакомился с инициативой дирекции ОИЯИ о возможном создании в Институте электронного ускорительного комплекса на базе амстердамского ускорителя АмPS. Учитывая большое количество вопросов, возникших в ходе общей дискуссии, Ученый совет настоятельно рекомендовал рассмотреть данный проект на совместном заседании трех ПКК, которое будет организовано ПКК по физике конденсированных сред, и получить соответствующее экспертное заключение.

Ученый совет тайным голосованием избрал:

- В.Б.Бруданина, А.С.Курилина и Е.М.Сыресеина — заместителями директора Лаборатории ядерных проблем,
- Д.И.Казакова и В.В.Воронова — заместителями директора Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова

до окончания срока действующих полномочий директоров их лабораторий.

### **3–4 июня в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского проходила 86-я сессия Ученого совета Института.**

В.Г.Кадышевский выступил с информацией о решениях сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ от 11–12 марта 1999 г.

Доклад «Нуклотрон: состояние дел, новые возможности и перспективы» сделал директор Лаборатории высоких энергий А.И.Малахов. Научный руководитель ЛВЭ академик А.М.Балдин выступил с докладом «Фундаментальные и прикладные аспекты релятивистской ядерной физики».

С докладом о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили их председатели: ПКК по физике частиц — профессор П.Спиллантини, ПКК по ядерной физике — профессор Ш.Бриансон, ПКК по физике конденсированных сред — доктор Х.Лаутер. Об изменениях в составе программно-консультативных комитетов сообщил вице-директор Института профессор А.Н.Сисакян.

Главный инженер ОИЯИ профессор И.Н.Мешков представил доклад о состоянии дел по источнику синхротронного излучения.

Ученый совет поздравил академиков РАН А.М.Балдина и А.А.Логунова, академика Польской АН А.Хрынкевича и профессора Х.Шоппера с присвоением им звания «Почетный доктор ОИЯИ».

Состоялось вручение премий ОИЯИ за 1998 г.

На сессии было отмечено 10-летие Лаборатории физики частиц ОИЯИ. Ученый совет заслушал научные доклады, представленные на семинаре, посвященном юбилею ЛФЧ.

Ученый совет принял к сведению представленную директором ОИЯИ информацию о решениях состоявшейся в марте 1999 г. сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ, в частности:

- об одобрении деятельности дирекции ОИЯИ по осуществлению программы реформирования Института;
- об утверждении «Научной программы ОИЯИ на 1999–2001 гг.», основанной на рекомендациях Ученого совета и программно-консультативных комитетов;
- о внесении изменений в Устав ОИЯИ и Положение о персонале;
- о введении в ОИЯИ почетных званий.

Ученый совет высоко оценил шаги, предпринятые дирекцией ОИЯИ по реализации программы реформирования Института в области базовых установок, инфраструктуры и кадровой политики, и ожидает на будущих сессиях сообщений о ходе выполнения реформ и о новых предложениях дирекции по научным исследованиям.

Ученый совет принял к сведению доклад «Нуклотрон: состояние дел, новые возможности и перспективы», представленный директором ЛВЭ А.И.Малаховым.

Ученый совет в целом поддержал совместные рекомендации ПКК по физике конденсированных сред, ПКК по ядерной физике и ПКК по физике частиц, принятые 26 апреля 1999 г. по источнику синхротронного излучения в Дубне. Решение по ДЭЛСИ следует принять только после полного изучения и документирования научно-технических и финансовых аспектов проекта. При этом необходимо всесторонне оценить возможное влияние создания ДЭЛСИ на эксплуатацию существующих базовых установок ОИЯИ и утвержденную программу научных исследований, а также на долгосрочные перспективы Института.

Ученый совет принял к сведению и поддержал рекомендации, сделанные на сессиях программно-консультативных комитетов в апреле 1999 г. и представленные их председателями.

*По физике частиц.* Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по оптимизации научной программы ОИЯИ по физике частиц и релятивистской ядерной физике и предложил дирекции ОИЯИ определить список ключевых проектов, которые следует поддерживать с высоким приоритетом.

Ученый совет присоединился к поздравлениям дирекций ОИЯИ, ЛФЧ и ЛВЭ с успешным началом работы первой компьютерной фермы Института; согласен с ПКК в том, что в связи с ожидаемым получе-

## РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ОИЯИ

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

— Н.А. Гулиев	— В.А. Москаленко
— Г.А. Вартапетян	— Ц.Ганцог
— В.А. Гайсенюк	— А.Хрынкевич
— Г.Касчиев	— М.П. Кирпичников
— Нгуен Ван Хъу	— И.Выцэ
— Н.С. Амаглобели	— С.Дубничка
— В.Н. Околович	— Б.С. Юлдашев
— Ли Зай Сен	— И.И. Залобовский
— Д.Кодорньо	— Р.Мах

#### Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

### УЧЕНЫЙ СОВЕТ

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

Н.С. Амаглобели	— Грузия
В.А. Андрейчев	— Республика Болгария
Ц.Баатар	— Монголия
А.Будзановский	— Республика Польша
И.Вильгельм	— Чехская Республика
И.Н.Вишневский	— Украина
Ж.Ганзориг	— Монголия
М.Делла Негра	— Швейцария
К.Детраз	— Франция
Ф.Дидак	— Швейцария
Г.М.Зиновьев	— Украина
Н.Кроо	— Венгерская Республика
Ф.Легар	— Франция
А.А.Логунов	— Российская Федерация

Л.Мастери	— Бразилия
В.А.Матвеев	— Российская Федерация
М.Матеев	— Республика Болгария
Р.Мир-Касимов	— Азербайджанская Республика
В.А.Москаленко	— Республика Молдова
Т.М.Муминов	— Республика Узбекистан
Нгуен Ван Хъу	— Социалистическая Республика Вьетнам
В.Н.Околович	— Республика Казахстан
Ю.А.Осипьян	— Российская Федерация
В.В.Папоян	— Республика Армения
Б.Пейо	— Франция
М.Петрович	— Румыния
Г.Пираджино	— Италия
С.К.Рахманов	— Республика Белоруссия

А.Н.Сисакян	— Российская Федерация
А.Н.Скринский	— Российская Федерация
Р.Сосновский	— Республика Польша
П.Спиллантини	— Италия
А.Н.Тавхелидзе	— Грузия
Дж.Триллинг	— США
А.Хрынкевич	— Республика Польша
Чве Зе Гон	— Корейская Народно-Демократическая Республика
Н.А.Черноплеков	— Российская Федерация
Ш.Шаро	— Словацкая Республика
Х.Шоппер	— Швейцария
Н.М.Шумейко	— Республика Белоруссия
Б.С.Юлдашев	— Республика Узбекистан
Е.Яник	— Республика Польша

#### Программно-консультативный комитет по физике частиц

Председатель — С.Дубничка (Словакия)  
Ученый секретарь — Р.Я.Зулькарнеев

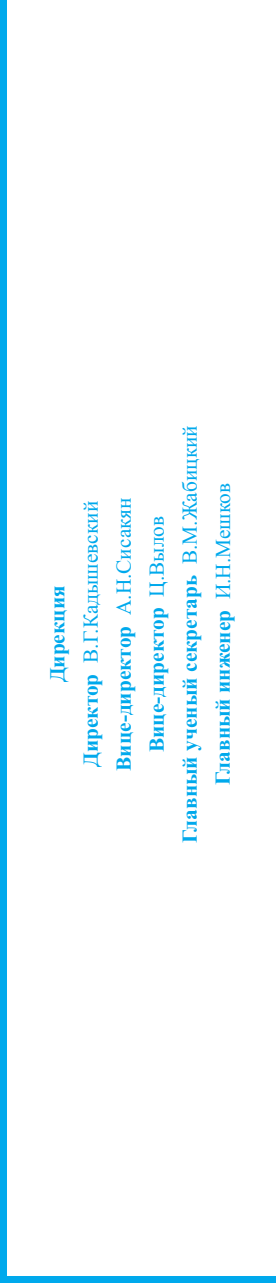
#### Программно-консультативный комитет по ядерной физике

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

#### Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

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

# СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



<p><b>Лаборатория теоретической физики</b> им. Н.Н.Боголюбова</p> <p><b>Директор</b> А.Т.Филиппов</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– свойства симметрии элементарных частиц;</li> <li>– структуры теории поля;</li> <li>– взаимодействия элементарных частиц;</li> <li>– теории атомного ядра;</li> <li>– теории конденсированных состояний.</li> </ul>	<p><b>Лаборатория высоких энергий</b></p> <p><b>Директор</b> А.И.Малахов</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– структуры нуклонов;</li> <li>– сильных взаимодействий;</li> <li>– резонансных явлений во взаимодействиях частиц;</li> <li>– электромагнитных взаимодействий;</li> <li>– в области релятивистской ядерной физики;</li> <li>– методов ускорения частиц;</li> <li>– взаимодействий многозарядных ионов в широкой области энергий.</li> </ul>	<p><b>Лаборатория ядерных проблем</b></p> <p><b>Директор</b> Н.А.Русакович</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий;</li> <li>– структуры частиц, структуры новых частиц;</li> <li>– поиск новых частиц; структуры ядра;</li> <li>– ядерно-спектроскопические; мезоатомных и мезомолекулярных процессов;</li> <li>– методов ускорения частиц;</li> <li>– радиобиологические.</li> </ul>	<p><b>Лаборатория ядерных реакций</b> им. Г.Н.Флерова</p> <p><b>Директор</b> М.Г.Игткис</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– свойства тяжелых элементов, слияния ядер, кластерной радиоактивности, реакций на изомерной мишени графита;</li> <li>– реакций на пучках радиоактивных ядер, структуры нейтроноизбыточных легких ядер, неравновесных процессов;</li> <li>– взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами;</li> <li>– методов ускорения частиц.</li> </ul>	<p><b>Лаборатория нейтронной физики</b> им. И.М.Франка</p> <p><b>Директор</b> В.Л.Аксенов</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ядер методами нейтронной спектроскопии;</li> <li>– фундаментальных свойств нейтронов; атомной структуры и динамики твердых тел и жидкостей;</li> <li>– высокотемпературной сверхпроводимости;</li> <li>– реакций на легких ядрах;</li> <li>– материалов методами рассеяния нейтронов, нейтронноактивационного анализа и нейтронной радиографии;</li> <li>– динамических характеристик импulsive реактора ИБР-2.</li> </ul>	<p><b>Лаборатория вычислительной техники и автоматизации</b></p> <p><b>Директор</b> Р.Поле</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ;</li> <li>– развитие средств сопряжения с международными компьютерными сетями и информационными системами;</li> <li>– исследования нейтрональной проблемы вычислительной и математической физики для разработки методов, алгоритмов и программ;</li> <li>– автоматизация физических установок;</li> <li>– обработка фильмовой информации.</li> </ul>	<p><b>Лаборатория физики частиц</b></p> <p><b>Директор</b> В.Д.Кекелидзе</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение экспериментальных исследований на внешних ускорителях в области физики элементарных частиц, направленных на изучение законов взаимодействия структур и действий;</li> <li>– разработка приборов и методов исследований элементарных частиц;</li> <li>– разработка методов и систем ускорения частиц до сверхвысоких энергий.</li> </ul>	<p><b>Отделение радиационных и радиобиологических исследований</b></p> <p><b>Начальник</b> Е.А.Красавин</p> <p><i>Исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– исследование полей излучений;</li> <li>– исследование генетического действия ионизирующих излучений;</li> <li>– радиационный контроль.</li> </ul> <p>Учебно-научный центр</p> <p><b>Директор</b> С.П.Иванова</p> <p>Общественностные службы</p> <p>Общественностные и информационные отделы;</p> <p>Административно-хозяйственные подразделения;</p> <p>Производственные подразделения.</p>
---	---	---	--	---	--	--	--

нием большого количества новых экспериментальных данных на установках RHIC, тэватроне FNAL и позднее на LHC потенциал этой фермы необходимо подкрепить высокопроизводительными и скоростными каналами связи. Ученый совет еще раз рекомендовал дирекции ОИЯИ предпринять срочные меры для расширения возможностей Института по использованию внешних каналов компьютерной связи.

*По ядерной физике.* Ученый совет поздравил Лабораторию ядерных реакций им. Г.Н.Флерова с результатами экспериментов по синтезу двух изотопов нового элемента с  $Z=114$  и настоятельно рекомендовал продолжить эту программу с высоким приоритетом.

Ученый совет отметил высокий научно-технический уровень проекта «Радиоактивные пучки низких энергий в Дубне» (DRIBs), предназначенного для получения интенсивных пучков нестабильных ядер; настоятельно рекомендовал утвердить этот проект, придав ему общепризнанный статус, и обеспечить необходимое для него финансирование в течение трех лет.

Ученый совет обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой принять четкое решение по проекту ИРЕН: будет ли он завершен при реальном графике или закрыт. Ученый совет всегда оказывал этому проекту серьезную поддержку и не имеет оснований пересматривать принятые ранее рекомендации. Ученый совет хотел бы подчеркнуть, что в случае закрытия проекта ИРЕН на базовых установках ОИЯИ исчезнут условия для исследований по ядерной физике с помощью нейтронов.

Ученый совет поддержал предложение об обеспечении в ближайшие два года экспериментов на фазотроне из бюджетных средств Института до 1000 часов в год.

*По физике конденсированных сред.* Ученый совет рекомендовал выделить необходимое финансирование для реактора ИБР-2 с целью обеспечения его непрерывной эксплуатации, включая работы по модернизации.

Вынужденную меру по уменьшению мощности реактора с 2 до 1,5 МВт и сокращению циклов с 10 до 8 следует пересмотреть, как только позволит финансовая ситуация.

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

- Ш.Бриансон — ПКК по ядерной физике,
- С.Дубничку — ПКК по физике частиц,
- Х.Лаутера — ПКК по физике конденсированных сред.

По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил в состав ПКК по физике частиц следующих новых членов:

- Я.Нассальского (ИЯП, Варшава, Польша),
- Х.-Д.Тринеса (DESY, Гамбург, Германия),
- Т.Вирди (ЦЕРН, Женева, Швейцария).

Ученый совет продлил полномочия нынешних составов ПКК до января 2001 г. и ожидает ротации членов комитетов, предусмотренной «Положением о ПКК ОИЯИ».

По итогам состоявшегося обсуждения Ученый совет согласился отложить выборы директора Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка до июня 2000 г.

По предложению дирекции ОИЯИ, поддержанному Ученым советом, В.Л.Аксенов назначен исполняющим обязанности директора ЛНФ сроком на один год.

Ввиду отсутствия предложений по кандидатурам на должность директора Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Ученый совет согласился отложить выборы директора ЛВТА до июня 2000 г.

По предложению дирекции ОИЯИ, поддержанному Ученым советом, Р.Позе назначен исполняющим обязанности директора ЛВТА сроком на один год.

Ученый совет с интересом заслушал доклады, представленные на семинаре в связи с 10-летием со дня основания Лаборатории физики частиц. За годы существования ЛФЧ заняла ведущее место в исследованиях по физике частиц. В ее научную программу вовлечены институты стран-участниц ОИЯИ, что позволяет концентрировать интеллектуальные и материальные ресурсы, обеспечивая тем самым значительный вклад в международные проекты. Ученый совет поздравил сотрудников ЛФЧ с 10-летним юбилеем и пожелал им дальнейшей успешной деятельности.

## **ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ**

**Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 25–26 февраля под председательством профессора С.Дубнички (Словацкая Республика).**

Финансовый комитет заслушал доклад директора ОИЯИ члена-корреспондента РАН В.Г.Кадышевского

«О выполнении решений Ученого совета и КПП ОИЯИ по программе реформирования Института; о результатах 1998 г. и планах на 1999–2001 годы». Финансовый комитет одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1998 г.

По информации В.Г.Дроженко о работе Контрольной комиссии от 3 июля 1998 г. Финансовый комитет одобрил работу комиссии и рекомендовал КПП утвердить отчет ОИЯИ об исполнении бюджета за 1997 г.

Финансовый комитет просил Полномочного Представителя России провести ревизию финансово-хозяйственной деятельности ОИЯИ за 1998 г. в объеме, аналогичном предыдущей ревизии. Для проведения анализа итогов ревизии образовать контрольную комиссию из представителей Республики Белоруссии, Грузии, Российской Федерации.

Комитет принял к сведению отчет дирекции о выполнении решений Финансового комитета от 12–13 февраля 1998 г. и рекомендаций Контрольной комиссии от 3 июля 1998 г.

Комитет заслушал доклад административного директора ОИЯИ А.И.Лебедева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 1998 г., о проекте бюджета на 1999 г., о контрольных цифрах на 2000 г.» и рекомендовал КПП:

— принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1998 г.;

— утвердить бюджет ОИЯИ на 1999 г. с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США; согласиться с рекомендацией 85-й сессии Ученого совета

ОИЯИ считать компьютерно-сетевую инфраструктуру ОИЯИ базовой установкой Института, обеспечиваемой необходимым ежегодным финансированием;

— утвердить на 1999 г. для применения в расчетах основной части долевого взноса шкалу по принципу пропорциональности шкале ООН и утвердить шкалу долевого взноса на 1999 г.;

— установить контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 2000 г. в размере 37,5 млн долларов США, которая может быть скорректирована с учетом соотношения инфляции и изменения курса доллар/рубли;

— поддержать инициативу дирекции ОИЯИ по проведению в 1999 г. работы по реструктуризации долгов государств — членов ОИЯИ перед бюджетом Института;

— рассмотреть действие санкций, предусмотренных пунктом 5 раздела IV Протокола КПП от 12–13 марта 1998 г. в отношении стран, задолженность которых превышает их двухлетний долевого взнос.

Финансовый комитет поддержал предложения 4-го заседания Постоянной комиссии КПП по совершенствованию научно-финансовой политики и структуры ОИЯИ и рекомендовал дирекции Института стремиться к их выполнению.

## СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ ОИЯИ

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

Программно-консультативный комитет по физике частиц заслушал отчет председателя комитета о выполнении рекомендаций 10-й сессии, информацию о рекомендациях 85-й сессии Ученого совета ОИЯИ, решениях Комитета Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ (март 1999 г.) и дальнейших шагах дирекции по реформированию Института (доклад вице-директора А.Н.Сисакяна).

Комитет поздравил дирекции ОИЯИ, ЛФЧ и ЛВЭ с успешным началом работы первой компьютерной фермы Института, открывающей новые возможности для создания в ОИЯИ «кластерного центра» с современной компьютерно-вычислительной техникой для обработки экспериментальных данных.

ПКК вновь предложил Центральной аттестационной комиссии по физике элементарных частиц и релятивистской ядерной физике определить список ключевых проектов, которые следует поддержать с наивысшим приоритетом в случае дальнейших бюджетных сокращений. Одобрил план развития нукло-

трона, представленный директором ЛВЭ А.И.Малаховым.

ПКК принял к сведению сообщение главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова «Состояние работ в ОИЯИ по развитию физики и техники ускорителей». ПКК одобрил политику дирекции ОИЯИ, направленную на консолидацию специалистов по ускорительной тематике, а также меры по централизации управления базовыми установками и обслуживающими их подразделениями.

Было принято к сведению сообщение главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова «О состоянии дел по перебазированию амстердамского ускорителя AmPS в Дубну». ПКК высказал ряд своих соображений и рекомендаций по предложению о создании дубненского электронного синхротрона (ДЭЛСИ).

ПКК заслушал отчет об участии ОИЯИ в проекте CMS и с удовлетворением отметил, что вовлечение стран-участниц Института в этот проект через ОИЯИ в составе части коллаборации RDMS (Russia and Dubna Member States) позволило им занять лидирующие позиции и внести весомый вклад в подготовку адронного и электромагнитного калориметров и мюонного детектора.



ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в проекте ATLAS и с особым удовлетворением отметил большой объем работы, проделанной несмотря на существенные задержки с финансированием со стороны российского фонда ЛНС. Комитет рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в важных проектах ATLAS и CMS.

ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в проекте NOMAD и рекомендовал продолжить эту работу в 2000 г. с первым приоритетом.

ПКК одобрил предложение об участии ЛВЭ в проекте NA49 и рекомендовал проводить эту работу с первым приоритетом до 2002 г., а также предложение об участии ОИЯИ в проекте ALICE и рекомендовал проводить эту работу с первым приоритетом до 2005 г.

ПКК принял к сведению предложения по проекту «Электроника» и рекомендовал включить его в работы по теме «Исследование множественных процессов в условиях 4π-геометрии и создание установки «Сфера». Подготовка и проведение первоочередных экспериментов».

Комитет принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в проекте DELPHI, об участии ЛВЭ в проектах NADES и CERES/NA45 и рекомендовал продолжать эти работы с первым приоритетом до 2002 г.

ПКК принял к сведению отчет по теме «Нелинейные проблемы вычислительной и математической физики: исследования, математическое и программное обеспечение» и рекомендовал продолжить эти исследования в 2000 г. с первым приоритетом.

ПКК заслушал сообщение С.Войчицкого по проекту MINOS, а также информацию А.В.Ефремова о рабочем совещании «Спиновые эффекты в КХД и будущие эксперименты» и поблагодарил докладчиков.

Члены ПКК выразили благодарность профессору П.Спиллантини за его плодотворную работу в качестве председателя ПКК по физике частиц и рекомендовали Ученому совету ОИЯИ назначить профессора С.Дубничку председателем ПКК по физике частиц сроком на один год.

### **10-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 19–20 апреля под председательством профессора Ш.Бриансон.**

Члены ПКК заслушали отчет председателя Ш.Бриансон о выполнении рекомендаций 9-й сессии ПКК, а также главного ученого секретаря ОИЯИ В.М.Жабицкого о резолюции 85-й сессии Ученого совета и о решениях Комитета Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ. Приняты к сведению «ПТП НИР и МС ОИЯИ на 1999 г.» и программа научных исследований ОИЯИ на 1999–2001 гг.

ПКК принял рекомендации по направлениям.

*Физика тяжелых ионов.* ПКК поздравил сотрудников ЛЯР с синтезом двух изотопов нового элемента с  $Z = 114$  в реакциях  $^{48}\text{Ca} + ^{242,244}\text{Pu}$  и рекомендовал продолжить эту программу с наивысшим приоритетом, обеспечив на эти эксперименты 5500 часов работы ускорителя У-400 ежегодно в течение 1999–2000 гг.

Отметив высокий научно-технический уровень представленного проекта «Радиоактивные пучки низких энергий в Дубне» (проект DRIBs), его перспективность для изучения структуры ядер и ядерной динамики, а также его конкурентоспособность, ПКК рекомендовал принять этот проект с присвоением ему статуса проекта ОИЯИ, обеспечить в течение трех лет финансирование и провести обсуждение первой серии планируемых экспериментов.

*Ядерная физика с помощью нейтронов.* ПКК отметил, что необходимые для сохранения проекта ИРЕН средства в 1998 г. не смогли быть выделены, а предполагаемое дирекцией ОИЯИ завершение проекта к середине 2002 г. потребует выделения в 1999 г. более 500 тыс. долларов. У членов ПКК возрастает обеспокоенность судьбой этого проекта. Закрытие проекта ИРЕН и вывод из эксплуатации установки ИБР-30 приведут к свертыванию исследований по ядерной физике с помощью нейтронов на базовых установках ОИЯИ.

Членам ПКК был представлен проект «Регата», направленный на изучение загрязнения воздуха тяжелыми металлами ядерно-физическими и аналитическими методами.

*Физика низких и промежуточных энергий.* Члены ПКК заслушали доклад об условиях эксплуатации фазотрона и отметили, что рекомендуемое ими время, финансируемое из бюджета ОИЯИ, в общей сложности не должно превышать 1000 часов. ПКК заслушал также доклад о научных исследованиях на фазотроне: о программе исследований в рамках проектов «Катализ» и ЯСНАПП-2, об изучении двухфотонной эмиссии в  $pp$ -реакциях при промежуточных энергиях, об исследованиях свойств мюонов и их взаимодействия с веществом, а также о состоянии дел с экспериментом DUBTO по изучению взаимодействия пионов с легкими ядрами с применением стримерной камеры. Что касается  $\mu\text{SR}$ -экспериментов, то ПКК рассмотрел их как отдельную программу, предложения по которой необходимо представить на следующую сессию, увязав их с соответствующим экспериментом группы в PSI. Относительно подготовленного и обеспеченного финансами в рамках договора ОИЯИ–INFN (Италия) эксперимента DUBTO ПКК отметил его готовность к проведению сеанса измерений.

*Базовые установки ОИЯИ.* ПКК удовлетворен тем, что время работы циклотронов У-400 и У-400М

оказалось достаточным для первоочередных экспериментов, и рекомендовал сохранить эту тенденцию, учитывая важность научной программы, реализуемой на этих ускорителях. ПКК поддержал модернизацию системы внешней инжекции ECR-источника на У-400. Касаясь проекта DRIBs, ПКК рекомендовал реализовать его таким образом, чтобы он смог стать конкурентоспособным с новейшими установками ISOL-RIB.

*Проекты в стадии рассмотрения.* Заслушав сообщение о ходе подготовки проекта ДЭЛСИ, ПКК отметил, что имеющаяся информация недостаточна для оценки значимости проекта, для определения круга пользователей, а также для оценки возможного негативного влияния этого проекта на финансовые и людские ресурсы ОИЯИ, на принятую программу исследований и на перспективы развития фундаментальной науки в ОИЯИ. Поэтому ПКК настоятельно рекомендовал дирекции ОИЯИ изыскать внебюджетные средства на текущие расходы для реализации проекта в случае его принятия.

Заслушав сообщение о проекте LEPTA накопителья позитронов с электронным охлаждением и об экспериментах с позитронием, которые он позволит поставить, ПКК предложил представить техническую проработку этого проекта и программу исследований на нем на следующей сессии комитета.

*Сетевая и вычислительная инфраструктура ОИЯИ.* ПКК принял к сведению, что сетевые и телекоммуникационные связи планируется перевести в разряд базовых установок ОИЯИ с первоприоритетным финансированием. Члены ПКК отметили факт завершения создания опорной сети ATM Backbone и обратили внимание на необходимость улучшения сетевых связей, а также обновления вычислительной техники в лабораториях ОИЯИ. ПКК одобрил меры, принимаемые ЛВТА по обеспечению максимально возможной эффективности использования сети ОИЯИ для научных целей. Критическим моментом остается подключение ОИЯИ к внешним телекоммуникационным сетям. ПКК предложил рассмотреть различные возможности решения этой проблемы, включая аренду коммерческого канала связи.

*Другие вопросы.* Заслушав доклад об образовательной программе ОИЯИ, реализуемой на базе Учебно-научного центра, члены ПКК высоко оценили ее и рекомендовали дирекции ОИЯИ помочь центру с обновлением оборудования для расширения областей специализированного обучения.

Комитет заслушал доклады: «Результаты исследования конверсии мюоний–антимюоний» и «Нейтронный интерферометр Фабри–Перо и фундаментальные нейтронно-оптические эксперименты». Члены комитета отметили интересные результаты,

полученные в обоих экспериментах, и несомненную перспективность этих направлений.

### **10-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 25–26 апреля под председательством доктора Х.Лаутера.**

Члены Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред приняли к сведению информацию о рекомендациях 85-й сессии Ученого совета ОИЯИ и решениях Комитета Полномочных Представителей (март 1999 г.) (доклад главного ученого секретаря ОИЯИ В.М.Жабицкого).

ПКК принял к сведению доклад В.Д.Ананьева о состоянии дел с ИБР-2 и холодным замедлителем и рекомендовал дирекциям ОИЯИ и Лаборатории нейтронной физики обеспечить адекватное финансирование эксплуатации ИБР-2 в соответствии с полным числом циклов, установить специальный фонд для поощрения персонала реактора. ПКК поддержал усилия дирекции по поиску дополнительных источников финансирования модернизации реактора в направлении участия российского Министерства по атомной энергии в дополнительном финансировании ИБР-2 и обеспечении максимально возможного наполнения бюджета ОИЯИ.

Комитет решил рассмотреть итоги испытания холодного замедлителя на следующей сессии.

По докладу Б.Н.Савенко «Состояние дел на дифрактометре ДН-12» комитет выразил удовлетворение результатом модернизации дифрактометра, что позволило расширить диапазон рабочих давлений и температур для экспериментов по упругому и неупругому рассеянию нейтронов. ПКК рекомендовал рассмотреть возможность переноса установки ДН-12 на место, где будет установлен холодный замедлитель.

ПКК заслушал научный доклад «Исследование биологических объектов методом малоуглового рассеяния нейтронов и синхротронного излучения», сделанный В.И.Горделием, и рекомендовал создать установку для малоуглового рассеяния при малых значениях переданного импульса ( $Q \approx 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$ ).

ПКК принял к сведению научный доклад В.Ф.Резутова «Исследования взаимодействия тяжелых ионов большой энергии с веществом, новые экспериментальные результаты» и рекомендовал дирекции Лаборатории ядерных реакций поддержать эти исследования.

Комитет выразил благодарность главному инженеру ОИЯИ И.Н.Мешкову за сообщения о состоянии дел по проекту источника синхротронного излучения в Дубне и сделал следующие рекомендации:

— источник СИ на основе амстердамского ускорительного комплекса должен быть оптимизирован с

учетом проводимых в ОИЯИ исследований в области физики твердого тела, биологии, химии;

- вести разработку научной программы и определить круг пользователей. При необходимости пересмотреть схему источника СИ в рамках конкретных задач исследовательской программы.

Для решения этих вопросов целесообразно провести рабочее совещание экспертов. Транспортировку отдельных узлов амстердамского ускорителя AmPS и дальнейшую активность в этом направлении следует осуществлять только в том случае, если будут получены внебюджетные средства в этом году. Эти ограничения необходимы, поскольку, как представляется, ОИЯИ не может выполнять свои обязательства по развитию и модернизации базовых установок. Бюджетные средства, получаемые за счет взносов стран-участниц ОИЯИ, Германии, Венгрии, не должны прямо или косвенно использоваться на реализацию этого проекта.

#### **11-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 12–13 ноября под председательством доктора Х.Лаутера.**

Члены ПКК по физике конденсированных сред заслушали информацию о рекомендациях 86-й сессии Ученого совета ОИЯИ, представленную В.М.Жабицким.

ПКК принял к сведению доклад В.Д.Ананьева «Состояние реактора ИБР-2 и предварительные результаты испытания холодного замедлителя». Комитет удовлетворен первыми успешными результатами испытания холодного замедлителя, установка которого привела к увеличению потока тепловых нейтронов длинноволнового диапазона как минимум в 10 раз.

По докладу И.Н.Мешкова о текущем состоянии дел с модернизацией реактора ИБР-2 ПКК отметил, что дирекция ОИЯИ обеспечила в 1999 г. финансирование этих работ. В дальнейшем требуется около 600 тыс. долларов ежегодно для завершения модернизации ИБР-2. В связи с неясностью финансовой ситуации в ОИЯИ члены ПКК подписали письмо министру по атомной энергии РФ и министру науки и технологий РФ с просьбой объединить усилия, оказать материальную и финансовую помощь и поддержать программу модернизации ИБР-2.

ПКК заслушал доклад А.В.Белушкина по выполнению Лабораторией нейтронной физики рекомендаций 10-й сессии ПКК, касающихся инструментария на холодном замедлителе; было принято решение подробно обсудить первые предложения по перемещению спектрометров на холодный замедлитель, а также связанные с этим возрастающие требования на мультidetекторные системы и нейтроноводы.

ПКК заслушал доклад «Перспективы биологических исследований на ИБР-2», представленный В.И.Горделием. Комитет поддерживает следующие аспекты этой программы:

- развитие спектрометра малоуглового рассеяния ЮМО для его соответствия требованиям, которые представляет новый холодный замедлитель;
- разработку проекта новой установки для малоуглового рассеяния и его детального обсуждения на заседании следующей сессии ПКК;
- развитие биохимической лаборатории для пользователей.

ПКК обсудил доклад Ю.В.Никитенко «Состояние дел на спектрометре поляризованных нейтронов (СПН)» и с удовлетворением отметил плодотворное сотрудничество с различными организациями из многих стран и рекомендовал рассмотреть на следующей сессии проект переноса установки СПН в зону расположения криогенного замедлителя, а также обеспечить техническую поддержку комплекса СПН.

ПКК, заслушав научные доклады А.Ю.Дидыка, Н.А.Колтовой и В.Ф.Клепикова, касающиеся проблем радиационного материаловедения и радиобиологии, рекомендовал продолжать эти исследования.

ПКК с интересом заслушал доклад А.Л.Кузевского «Перспективные направления в физике магнетизма и материалы с электронной корреляцией» и выразил поддержку сотрудничеству между ЛНФ и ЛТФ.

ПКК принял к сведению информацию, представленную И.Н.Мешковым, о международном рабочем совещании «Источник синхротронного излучения в ОИЯИ, перспективы исследований», проведенном в Дубне 1–3 ноября 1999 г. в соответствии с совместными рекомендациями трех ПКК, принятых в апреле 1999 г. ПКК повторяет пункт 5 совместных рекомендаций о том, что «до изыскания необходимых средств из внебюджетных источников для финансирования этого проекта не рекомендуется принимать никаких дальнейших шагов».

#### **11-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 19–20 ноября под председательством профессора Ш.Бриансон.**

ПКК по ядерной физике заслушал отчет о выполнении рекомендаций 10-й сессии и информацию о резолюции 86-й сессии Ученого совета ОИЯИ. Члены ПКК с удовлетворением констатировали, что их рекомендации о предоставлении проекту «Радиоактивные пучки низких энергий в Дубне» (DRIBs) статуса проекта ОИЯИ и о финансировании проекта ИРЕН были поддержаны Ученым советом ОИЯИ. ПКК отметил, что несмотря на сложную финансовую обстановку дирекция ОИЯИ смогла обеспечить в 1999 г. работу

базовых установок Института. ПКК рассмотрел и одобрил программу исследований ОИЯИ по ядерной физике на 2000–2002 гг., а также принял рекомендации по направлениям.

*Физика тяжелых ионов.* Заслушав отчет о статусе проекта DRIBs, ПКК отметил реальную возможность улучшения запланированных параметров установки введением в проект новой идеи об использовании осколков деления ядер и с удовлетворением констатировал, что проект развивается параллельно с реализацией программы научных исследований. ПКК подчеркнул необходимость поддержки этого проекта. В целях успешной реализации программы исследований ЛЯР на 2000–2002 гг. ПКК рекомендовал обеспечить ее финансирование, предусмотреть ежегодно 6000 часов работы У-400, 4000 часов работы У-400М, а также продолжить модернизацию циклотронного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР.

*Ядерная физика с помощью нейтронов.* Отметив некоторый прогресс в создании установки ИРЕН, ПКК констатировал, что для завершения проекта крайне необходимо выделить на него 600 тыс. долларов в 2000 г. и существенно увеличить его финансирование в 2001–2002 гг. Комитет рекомендовал предпринять усилия для улучшения ситуации с техническим персоналом, подготовить и представить на следующую сессию детальный технический план и новый план-график завершения проекта ИРЕН. ПКК рекомендовал продлить тему «Создание установки ИРЕН» до 2004 г. со сроком создания источника резонансных нейтронов ИРЕН в 2002 г. Члены комитета дали высокую оценку результатам исследований, проводимых в рамках темы «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер», и рекомендовали продлить эту тему до конца 2000 г.

*Физика низких и промежуточных энергий.* Отметив высокий уровень исследований слабого и электромагнитного взаимодействий, а также исследований симметрии и динамики взаимодействий лептонов, адронов и ядер, ПКК одобрил эти программы. Комитет также рекомендовал продолжить программу экспериментов ЛЕСИ ввиду важности полученных результатов для астрофизики. Заслушав отчеты по завершающимся в 1999 г. темам «Развитие циклотронного метода ускорения сильноточных пучков» и «Динамика взаимодействия лептонов, адронов и ядер», ПКК рекомендовал продлить их еще на один год. ПКК с интересом заслушал предложение по исследованию безмассовых голдстоуновских бозонов (фамилонов) при распаде мюона (проект «Фамилон»), однако счел, что представленной информации недостаточно для принятия обоснованного решения на этой сессии. ПКК одобрил эксперименты, планируемые в рамках программы «Мю-катализ», и рекомендовал обеспечить для них 600 или более часов работы на

пучке при финансовой договоренности с RIKEN. ПКК констатировал, что проект LEPTA еще находится в стадии рассмотрения и хочет услышать доклад с результатами анализа его реализуемости и обсуждением научной программы на следующем заседании комитета. Ознакомившись с первыми шагами по изучению дибарионных резонансов в рамках программы «Дибарион», ПКК рекомендовал дирекции ЛЯП поддержать проведение этого эксперимента в кратчайшие сроки. Рассмотрев проект «Исследование свойств мюонов и взаимодействия мюонов с веществом», ПКК рекомендовал продолжить эти работы в ЛЯП, установить связи с другими центрами, работающими в этой области, и выделить для всех этих задач 200 часов на пучке фазотрона.

*Проект ДЭЛСИ.* ПКК заслушал информацию о подготовке проекта ДЭЛСИ и о совещании «Синхротронный источник в ОИЯИ: перспективы исследований». ПКК отметил, что существенно новой информации о важности этого проекта для ядерной физики представлено не было и не определен круг соответствующих пользователей. ПКК подтвердил, что научная программа и технические аспекты проекта с учетом рекомендаций совещания должны быть направлены на рассмотрение Комиссии независимых экспертов. ПКК повторил свою прежнюю рекомендацию, что проект ДЭЛСИ можно реализовывать только за счет внебюджетных средств.

*Компьютерная инфраструктура ОИЯИ.* Отметив некоторый прогресс в организации доступа к внешним коммуникационным системам, ПКК констатировал, что реальная работа сетевой системы все еще не удовлетворяет запросам пользователей. ПКК рекомендовал оказывать постоянную финансовую поддержку сетям, как базовой установке ОИЯИ, которая необходима для их систематической модернизации и нормальной эксплуатации.

ПКК рассмотрел отчет по завершающейся в 1999 г. теме «Нелинейные проблемы вычислительной и математической физики: исследования, математическое и программное обеспечение», рекомендовал продлить эту тему на один год с первым приоритетом.

## **12-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 26–27 ноября под председательством профессора С.Дубнички.**

ПКК по физике частиц заслушал отчет о выполнении рекомендаций предыдущей сессии, информацию о резолюции 86-й сессии Ученого совета и принял к сведению сообщения вице-директора А.Н.Сисакяна о шагах дирекции Института по дальнейшему реформированию ОИЯИ. ПКК высоко оценил работу Центральной аттестационной комиссии по оптимиза-

ции научной программы Института в области физики частиц и релятивистской ядерной физики и одобрил ее основные направления на период 2000–2002 гг. ПКК с удовлетворением принял информацию относительно завершения строительства системы медленного вывода пучка из нуклотрона и ожидает результатов контрольного сеанса на нем в декабре 1999 г.

С большим интересом был заслушан доклад профессора Т.Холлмана о запуске в BNL нового мощного коллайдера поляризованных протонов и тяжелых ионов и первых экспериментах, планируемых на нем с участием физиков ЛФЧ и ЛВЭ ОИЯИ.

Комитет заслушал отчеты по проектам D0, CDF, STAR, HERA-B, MARUSYA и LHC–TESLA–CLIC, работа по которым заканчивается в 1999 г., и рекомен-

довал продлить их с первым приоритетом до конца 2002 г. Комитет рекомендовал закрыть работы по 5-ти проектам исследований.

ПКК выразил свою озабоченность относительно потенциального воздействия проекта ДЭЛСИ на инфраструктуру и существующую научную программу Института и рекомендовал дирекции ОИЯИ оценить в полной мере все возможные последствия, прежде чем будут приняты какие-то дальнейшие действия в связи с этой инициативой.

На основе своих предыдущих рекомендаций и списка проектов, представленных ЦАК, комитет рекомендовал дать первый приоритет 19-ти проектам программы ОИЯИ по физике частиц на 2000–2002 гг.

# ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

**Премия имени Б.М.Понтекорво** за 1999 год присуждена профессору Р.Дэвису (США) за выдающиеся достижения в разработке хлор-аргонового метода регистрации солнечных нейтрино.

**Премия имени Н.Н.Боголюбова** за 1999 год присуждена академику В.Г.Барьяхтару (Украина) и Нобелевскому лауреату профессору И.Р.Пригожину (Бельгия) за выдающиеся достижения в области теоретической физики.

## ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

### I. В области теоретической физики

#### *Первая премия*

«Интегрируемые системы с расширенной суперсимметрией».

Авторы: Е.А.Иванов, С.О.Кривонос, А.С.Сорин.

#### *Вторые премии*

1. «Автомодельные потенциалы квантовой механики».

Автор В.П.Спиридонов.

2. «Предсказание существования сверхтяжелого долгоживущего ядра с зарядом  $Z = 114$  и острова стабильности».

Авторы: Ф.А.Гареев, Б.Н.Калинкин, А.Собичевский.

### II. В области экспериментальной физики

#### *Первая премия*

«Деление тяжелых и сверхтяжелых ядер вблизи и ниже кулоновского барьера».

Авторы: М.Г.Иткис, Э.М.Козулин, Н.А.Кондратьев, Л.Крупа, И.В.Покровский, Е.В.Прохорова, А.Я.Русанов, Г.Г.Чубарян, Ф.Ханаппе, Л.Штутге.

#### *Вторые премии*

1. «Исследование угловой анизотропии осколков де-

ления выстроенных ядер  $^{235}\text{U}$  резонансными нейтронами и роль  $JK$ -каналов».

Авторы: А.А.Богдзель, Я.Климан, Ю.Н.Копач, А.Б.Попов, В.И.Фурман, Н.Н.Гонин, Л.К.Козловский, Д.И.Тамбовцев, А.Л.Барабанов.

2. «Исследование спиновых эффектов в реакциях фрагментации поляризованных дейтронов в кумулятивные адроны».

Авторы: Л.С.Ажгирей, Л.С.Золин, А.Ю.Исупов, В.П.Ладыгин, А.Г.Литвиненко, А.И.Малахов, В.Н.Пенев, Ю.К.Пилипенко, С.Г.Резников, П.А.Рукояткин.

#### *Поощрительная премия*

«Мутагенное действие излучений с разной линейной передачей энергии на клетки млекопитающих» (цикл статей).

Авторы: Р.Д.Говорун, И.В.Кошлань, Н.А.Кошлань, Е.А.Красавин, М.В.Репин, Т.А.Фадеева, Н.Л.Шмакова.

### III. В области научно-методических исследований

#### *Первая премия*

«Фрагмент — сепаратор КОМБАС».

Авторы: А.Г.Артюх, П.Г.Бондаренко, Г.Ф.Гриднев, М.Грушецкий, Ф.Костельняк, Ю.Г.Тетерев, Л.А.Ру-

бинская, Ю.П.Севергин, А.Г.Семченков, Ю.М.Се-  
реда.

*Вторые премии*

1. «Разработка кремниевых планарных детекторов для применения в экспериментах при больших радиационных потоках».

Авторы: И.А.Голутвин, Н.И.Замятин, Е.В.Зубарев, Н.М.Лустов, С.В.Сергеев, А.Е.Черемухин, С.А.Голубков, Н.Н.Егоров, Ю.Ф.Козлов, А.И.Сидоров.

2. «Система регистрации, сбора, обработки и анализа данных эксперимента ЭКСЧАРМ».

Авторы: А.Н.Алеев, В.П.Баландин, И.М.Гешков, И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко, Д.А.Кириллов, З.И.Коженкова, И.Г.Косарев, Н.А.Кузьмин, Ю.К.Потребников.

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

*Первая премия*

«Гидродинамические и тепловые режимы в двухфазных криогенных потоках: экспериментально-теоре-

тическая база и практическое применение».  
Автор Ю.П.Филиппов.

*Вторая премия*

«Установка для радиационных исследований на реакторе ИБР-2».

Авторы: В.В.Голиков, Л.Б.Голованов, С.М.Голубых, Е.Н.Кулагин, В.В.Кухтин, К.Леруа, В.И.Лущиков, В.Ф.Минашкин, Х.Оберлак, А.П.Чеплаков.

*Поощрительная премия*

Информационно-биографический справочник «Объединенный институт ядерных исследований».

Автор М.Г. Шафранова.

**ГРАНТЫ**

Ряд научных проектов сотрудников Объединенного института ядерных исследований в 1999 г. получили финансовую поддержку фондов Сороса, INTAS и МНТЦ. 74 проекта финансировано Российским фондом фундаментальных исследований. 29 сотрудникам ОИЯИ присуждены государственные стипендии президиума Российской академии наук.

# МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО





## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 1999 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 33 темам первого приоритета и по 15 темам второго приоритета;
- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2522 специалиста;
- для совместных работ и консультаций в ОИЯИ было принято 722 специалиста;
- 597 специалистов приезжали в ОИЯИ для участия в совещаниях, конференциях, школах;
- организовано и проведено 15 международных научных конференций, 18 рабочих и 12 организационных совещаний;
- в лабораториях Института работали 20 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.

14 января в дирекции ОИЯИ состоялась встреча с советником министра образования, науки и культуры Голландии профессором Р.Камермансом. Были обсуждены вопросы сотрудничества, в том числе предложение о создании на базе установки AmPS источника синхротронного излучения в ОИЯИ. В беседе приняли участие В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян, И.Н.Мешков, А.С.Водопьянов.

15 января прошли переговоры дирекции ОИЯИ с заместителем министра науки Украины членом-корреспондентом НАН Украины Б.В.Гриневым. В них

приняли участие директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, вице-директор А.Н.Сисакян, административный директор А.И.Лебедев и др., а также член Ученого совета ОИЯИ Г.М.Зиновьев (Украина). Состоялся обмен мнениями по широкому спектру вопросов сотрудничества. В ходе переговоров заместитель министра от имени и по поручению правительства Украины официально подписал Устав ОИЯИ.

24–27 января состоялась деловая поездка вице-директора ОИЯИ профессора А.Н.Сисакяна в Республику Армению. В Ереванском государственном университете состоялась встреча с проректором ЕрГУ академиком Э.В.Чубаряном, деканом физического факультета академиком Ю.С.Чилингаряном, заведующими кафедрами и профессорами университета. Были обсуждены вопросы сотрудничества в научных и образовательных программах.

Подведению итогов совместного ЕрФИ–ОИЯИ эксперимента по фоторасщеплению дейтрона, выполненного в 1998 г. на ускорителе ЕрФИ, и планам на будущее была посвящена беседа с директором ЕрФИ профессором Р.Л.Мкртчяном.

Состоялись встречи и беседы А.Н.Сисакяна с первым заместителем министра иностранных дел Армении Ш.Л.Караманукяном, президентом НАН академиком Ф.Т.Саркисяном, генеральным секретарем национального комитета ЮНЕСКО В.Асатуряном и другими научными и общественными деятелями.

27 января А.Н.Сисакян был принят премьер-министром Армении А.Р.Дарбиняном. В ходе беседы он проинформировал премьер-министра об исследованиях, проводимых в ОИЯИ, и проблемах сотрудничества, в частности, требующих поддержки правительства Армении. А.Р.Дарбинян дал высокую оценку деятельности ОИЯИ и совместным достижениям физиков ОИЯИ и Армении.

27–29 января Объединенный институт ядерных исследований посетил директор московского бюро Национального центра научных исследований Франции профессор А.Семпере. Он встретился с директо-

ром Института В.Г.Кадышевским, вице-директорами А.Н.Сисакианом и Ц.Выловым, главным ученым секретарем В.М.Жабицким, помощником директора П.Н.Боголюбовым, побывал в лабораториях ОИЯИ.

4–5 февраля в Юлихе состоялось девятое годовое заседание Координационного комитета по сотрудничеству между Федеральным министерством науки, образования и технологий (БМБФ, ФРГ) и ОИЯИ. Делегации на заседании возглавляли директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и сопредседатель координационного комитета советник министерства Г.-Ф.Вагнер. С докладом о научной программе ОИЯИ, о ходе реформ в Институте и об итогах и перспективах сотрудничества ОИЯИ с научными центрами Германии выступил сопредседатель координационного комитета вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакиан. Состоялось подробное обсуждение итогов сотрудничества и его перспектив.

Главным результатом встречи стала договоренность о необходимости продления Соглашения БМБФ–ОИЯИ на следующие три года (2000–2002 гг.). Правительственные органы Германии одобрили такое продление, соответствующий документ будет принят до конца года. В подписанном протоколе отражены также планы сотрудничающих сторон на 1999 г.

С 6 по 10 февраля в Брюсселе находились директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакиан. В ходе визита в Брюссель руководители ОИЯИ имели беседы с заместителем директора Сольвеевского института профессором Я.Антониоу, ответственным координатором INTAS доктором Р.Вардапетяном и другие встречи.

9 февраля В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакиан в штаб-квартире НАТО были приняты директорами программ Отдела научных дел НАТО профессором А.Жубером и профессором В.Каффенбергером. Обсуждены возможности совместных усилий в области научных программ, направленных на сотрудничество ученых Запада и Востока.

17 февраля ОИЯИ посетил министр-посланник посольства Республики Польша в России Т.Туровский в сопровождении советника посольства доктора Е.Сенявского. Этой встрече предшествовал визит в Москву 27–28 января министра иностранных дел Польши Б.Геремека, который обсудил с членами правительства РФ вопросы сотрудничества Польши и России.

Гости встретились с руководителями ОИЯИ и польскими сотрудниками Института, посетили Лабораторию ядерных реакций им. Г.Н.Флерова. Во время визита были обсуждены вопросы дальнейшего участия Польши в деятельности ОИЯИ.

23 февраля в Министерстве науки состоялась встреча Полномочного Представителя правительства

РФ в ОИЯИ министра науки и технологий академика М.П.Кирпичникова с директором ОИЯИ членом-корреспондентом РАН В.Г.Кадышевским и вице-директором профессором А.Н.Сисакианом. Руководители ОИЯИ информировали министра о подготовке к заседаниям Финансового комитета (25–26 февраля) и Комитета Полномочных Представителей правительств стран-участниц ОИЯИ (11–12 марта). Была дана также информация о научных результатах и планах ОИЯИ, о развитии сотрудничества, о ходе рассмотрения в Госдуме Соглашения между правительством РФ и ОИЯИ, по ряду других вопросов деятельности ОИЯИ.

Министр высоко оценил результаты работы ОИЯИ, поздравил коллектив с открытием 114-го элемента системы Д.И.Менделеева и пожелал новых успехов в науке. М.П.Кирпичников отметил, что Миннауки и другие правительственные ведомства окажут поддержку деятельности ОИЯИ.

23–24 февраля в ОИЯИ находился президент Национальной академии наук Грузии академик А.Н.Тавхелидзе. Он обсудил в дирекции ОИЯИ вопросы сотрудничества, а также планируемые мероприятия к 90-летию со дня рождения Н.Н.Боголюбова (1909–1992).

28 февраля и 1 марта в ОИЯИ находилась представительная делегация ЦЕРН, в составе которой были новый директор по исследованиям профессор Р.Кашмор, координатор по сотрудничеству со странами-неучастницами ЦЕРН профессор Дж.Эллис, координатор по сотрудничеству с Россией и странами СНГ Н.Кульберг. Гости посетили Лабораторию ядерных проблем, Лабораторию физики частиц, центральное Опытное производство ОИЯИ. Директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, вице-директор А.Н.Сисакиан, главный инженер И.Н.Мешков, директор ЛФЧ В.Д.Кекелидзе и другие ученые рассказали о деятельности ОИЯИ, достижениях и проблемах сотрудничества. Обсужден широкий круг вопросов, представляющих взаимный интерес.

В марте состоялась краткосрочная поездка в США директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского и вице-директора А.Н.Сисакиана. В Национальной лаборатории им. Э.Ферми (FNAL, Батавия) они ознакомились с ходом сотрудничества по созданию крупных детекторов D0 и CDF, которые будут запущены после модернизации для второго продолжительного сеанса в мае 2000 г. Руководители ОИЯИ познакомились также с работами по проекту MINOS (нейтринные осцилляции) и рядом других работ. Был подписан протокол между FNAL и ОИЯИ по магнитным системам VLHC (проектные работы в ЛВЭ ОИЯИ). В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакиан провели переговоры с заместителями директора FNAL Б.Кристаном и Р.Рубинстайном, а также рядом других ученых FNAL.

В программу визита входило ознакомление с ходом подготовки к эксперименту STAR на новом ускорителе релятивистских ядер RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL), который будет запущен в июне 1999 г. Состоялась встреча с директором BNL Дж.Марбургером, директором RHIC С.Озакки и другими учеными. Было подписано Соглашение о сотрудничестве между ОИЯИ и BNL по эксперименту STAR.

В числе других проблем обсуждалось возможное участие ОИЯИ в работах на реакторе BNL, включая изготовление в Опытном производстве ОИЯИ некоторых узлов для модернизации реактора, служащего для лечения онкологических заболеваний и решения ряда медико-биологических задач.

В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян посетили также Доулинг-колледж Национального авиационного центра в Брукхейвене и Международный центр занятости в Нью-Йорке, где обсудили ряд вопросов сотрудничества в области образовательных программ.

14–15 апреля ОИЯИ посетил региональный координатор Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ д-р Й.Сабол. Он побывал в подразделениях ОИЯИ, встретился с вице-директором Института А.Н.Сисакяном. Обсуждены вопросы проведения курсов МАГАТЭ, стажировки специалистов по линии МАГАТЭ в ОИЯИ, другие вопросы сотрудничества. В беседе участвовали директор УНЦ С.П.Иванова и зам. начальника ОРПИ В.Е.Алейников.

20–22 апреля ОИЯИ посетил руководитель коллаборации CMS (LHC, ЦЕРН) д-р М.Делла Негра. В дирекции Института его приняли директор В.Г.Кадышевский, вице-директор А.Н.Сисакян, зам. директора ЛФЧ И.А.Голутвин. Гость ознакомился с ходом работ дубненской группы, участвующей в проекте CMS, посетил Лабораторию физики частиц.

3 и 4 мая В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян провели в Женеве ряд встреч с руководителями ЦЕРН и коллабораций, в которых участвуют научные группы из ОИЯИ. Состоялись беседы с генеральным директором ЦЕРН Л.Майяни и директором по исследованиям Р.Кашмором. Обсужден широкий круг вопросов сотрудничества, проведения в 2000 г. в Дубне симпозиума «Физика и детекторы на LHC», организации в 1999 и 2000 гг. серии выставок «Наука, сближающая народы».

5 и 6 мая В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян встретились в Брюсселе с директором Международного Сольвеевского института лауреатом Нобелевской премии И.Р.Пригожиным, его заместителем профессором Я.Антониоу, с деканом физфака Брюссельского университета директором Института физики высоких энергий Дж.Леманном, профессором этого университета Ф.Ламбертом и др. Были обсуждены вопросы сотрудничества в научной и образовательной областях,

в том числе совместные проекты в 5-й рамочной программе ЕС, возможности расширения партнерства в научных программах ОИЯИ со стороны европейских стран и другие вопросы.

С 3 по 12 мая во Дворце наций Европейского отделения ООН (Швейцария) проходила совместная ОИЯИ–ЦЕРН постерная выставка «Наука, сближающая народы». На процедуре торжественного открытия присутствовали представители дипломатических миссий, аккредитованных в Женеве, руководители ОИЯИ и ЦЕРН, руководители научных коллабораций, общественные деятели и журналисты.

Участников презентации приветствовал генеральный секретарь Конференции ООН по торговле и развитию г-н Р.Рикуперо, который отметил большой вклад ОИЯИ и ЦЕРН в мировую науку и наряду с этим гуманистическую роль этих организаций по сближению наций на поприще мировых научных исследований. От имени национальных миссий, расположенных в Женеве, всех присутствующих приветствовал посол РФ, представитель России в Отделении ООН В.С.Сидоров. Во время торжественной церемонии выступили также директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и генеральный директор ЦЕРН Л.Майяни. Они рассказали собравшимся об опыте создания и деятельности двух международных организаций, которые в самые трудные времена холодной войны и политического противостояния продолжали плодотворно сотрудничать на благо человечества. Были заслушаны приветствия от заместителя генерального секретаря ООН, генерального директора Женевского отделения ООН В.Ф.Петровского и министра науки и технологий РФ, Полномочного Представителя РФ в ОИЯИ, представителя-наблюдателя РФ в ЦЕРН академика М.П.Кирпичникова.

12 мая Объединенный институт ядерных исследований посетил посол Словацкой Республики в России И.Фурдик, председатель Государственного комитета Словакии по метрологии, стандартизации и сертификации Д.Подгорски, первый секретарь посольства, советник по экономике Й.Сандтнер, атташе по культуре и образованию М.Адам и второй секретарь посольства В.Борецки.

В дирекции ОИЯИ гостей встречали директор Института В.Г.Кадышевский, вице-директора Ц.Вылов и А.Н.Сисакян, помощник директора П.Н.Боголюбов, директор ЛЯР М.Г.Иткис, зам. директора ЛЯР С.Н.Дмитриев, руководитель группы словацких сотрудников ОИЯИ Я.Климан. Обсуждался широкий круг вопросов сотрудничества, в том числе создания с помощью ОИЯИ в Словакии циклотронного комплекса. Гости побывали в Лаборатории ядерных реакций, познакомились с экспериментальной базой, встретились со словацкими сотрудниками ОИЯИ и студентами-дипломниками.

31 мая в Москве исполнительный директор Международного научно-технического центра А.Жерар и вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян подписали договор о сотрудничестве по проекту ионных источников, который будет реализован при поддержке МНТЦ и RIKEN (Япония). Участники встречи обсудили состояние и перспективы сотрудничества ОИЯИ и МНТЦ. В беседе участвовали зам. исполнительного директора МНТЦ Ш.Уета, главный менеджер Ю.Маллахов, главный менеджер по внедрению технологий М.Сакамото, начальник сектора ОИЯИ Г.Д.Ширков и другие.

С 5 по 8 июня в Дубне проходило первое совещание Координационного совета по сотрудничеству ОИЯИ с научными центрами Польши. В нем приняли участие около двадцати польских ученых и специалистов практически из всех институтов и университетов, сотрудничающих с ОИЯИ, ответственные работники Государственного агентства по атомной энергии Польши, а также руководители ОИЯИ, лабораторий, лидеры основных научных направлений. В заключительный день совещания в его работе принял участие полномочный министр посольства РП в Москве Т.Туровский.

На совещании были заслушаны доклады Полномочного Представителя правительства РП в ОИЯИ А.Хрынкевича, директора Института В.Г.Кадышевского, вице-директора А.Н.Сисакяна, руководителей лабораторий Института, ведущих польских сотрудников, работающих в ОИЯИ, и др. Участники совещания, опираясь на аргументы научного характера, сочли целесообразным сохранить членство Польши в ОИЯИ.

В июле ЦЕРН посетил вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян. 29 июля он встретился с генеральным директором ЦЕРН профессором Л.Майани. Обсуждался широкий круг вопросов сотрудничества. В том числе решено 28–30 июля 2000 г. провести в Дубне международный симпозиум «Физика и детекторы на ЛНС». Большое внимание в беседе было уделено проблемам организации более эффективного сотрудничества с учетом наличия «общих» для ЦЕРН и ОИЯИ стран-участниц (Болгарии, Польши, Словакии, Чехии). Согласован вопрос о проведении в 2000 г. встречи по теме «Физика частиц в Центральной Европе между ЦЕРН и ОИЯИ: ответственность, проблемы и перспективы», в которой примут участие представители дирекций ЦЕРН, ОИЯИ и ряда стран-участниц этих центров. Обсуждались вопросы организации в 2000 г. серии совместных выставок «Наука, сближающая народы». Одна из них планируется в Брюсселе.

А.Н.Сисакян провел многочисленные встречи с представителями руководства ЦЕРН и координаторами сотрудничества Р.Кашмором, Д.Аллаби, Н.Куль-

бергом, Э.Лиллестолем и другими руководителями и участниками совместных экспериментов ATLAS, CMS, ALICE, COMPASS и др.

12 августа в Москве состоялась встреча директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского, вице-директора А.Н.Сисакяна, научного руководителя ЛЯР Ю.Ц.Оганесяна с министром РФ по атомной энергии Е.О.Адамовым. Руководители ОИЯИ информировали министра о ходе сотрудничества с научными центрами и предприятиями Минатома РФ. Отмечена достигнутая договоренность о продлении до 2003 г. Соглашения о научно-техническом сотрудничестве между ОИЯИ и Минатомом РФ.

Участники встречи подробно обсудили вопросы поддержки Минатомом программы по синтезу и изучению в ЛЯР новых трансурановых элементов. Рассмотрены вопросы развития онколого-радиологических работ на фазотроне ОИЯИ совместно с Минздравом РФ, работ на реакторе ИБР-2 и другие вопросы, представляющие взаимный интерес.

В августе в Дубне находилась группа специалистов по применению электроядерных методов в энергетике — профессора В.Гудовски (Стокгольм), К.Бредерс (Карлсруэ), Э.Гонсалес Ромеро (Мадрид) и С.Тачановский (Краков). Они подробно ознакомились с исследованиями, проводимыми в ОИЯИ в этой области, побывали в ЛЯП, ЛВЭ, ЛВТА, ЛНФ, встретились с вице-директором А.Н.Сисакяном и обсудили вопросы сотрудничества по этому перспективному направлению ядерной энергетики.

5 и 9 сентября ОИЯИ посетил председатель Комитета по атомной энергии Болгарии, Полномочный Представитель этой страны в ОИЯИ профессор Г.Касчиев. Он провел беседу с директором ОИЯИ В.Г.Кадышевским, вице-директорами А.Н.Сисакяном и Ц.Выловым, ознакомился с работой лабораторий, встретился с болгарским землячеством, провел рабочие консультации в дирекции.

16 сентября по приглашению дирекции Объединенного института ядерных исследований Дубну посетил председатель Госдумы Российской Федерации Геннадий Николаевич Селезнев. Во время визита его сопровождали депутаты Государственной Думы А.А.Поляков, А.В.Коровников, заместитель министра науки и технологий РФ В.Н.Алиппиев и другие лица. Гости познакомились с программами исследований и базовыми установками Лаборатории ядерных реакций и Лаборатории высоких энергий, осмотрели специально подготовленную к визиту выставку в ДК «Мир».

В Доме культуры состоялась встреча с представителями персонала ОИЯИ, коллективов предприятий и организаций города, которую вел вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян. С приветствиями выступили ди-

ректор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и мэр Дубны В.Э.Прох.

Председатель Госдумы сообщил о процессе работы над Соглашением между ОИЯИ и правительством Российской Федерации как страны местопребывания Института.

21 сентября в Дубне состоялась встреча дирекции ОИЯИ и руководителей Московского института радиотехники, электроники и автоматики, в которой приняли участие ректор МИРЭА профессор А.С.Сигов, проректор профессор А.А.Берзин, декан факультета ЭОТ профессор А.Г.Васильев, директор дубненского филиала профессор М.Н.Омельяненко — со стороны МИРЭА, профессор А.Н.Сисакян, член-корреспондент РАН И.Н.Мешков, В.В.Катрасев, С.П.Иванова — со стороны дирекции ОИЯИ. На встрече был обсужден широкий круг вопросов сотрудничества по научным и образовательным программам, намечены шаги по развитию на базе ОИЯИ учебного процесса в области инженерных наук.

28 сентября с краткосрочным визитом Дубну посетил генеральный директор ЦЕРН Л.Майани. Он встретился с вице-директором А.Н.Сисакяном и руководителями лабораторий: физики частиц, высоких энергий, ядерных проблем — В.Д.Кекелидзе, И.Н.Ивановым, А.И.Малаховым, А.С.Курилиным.

В Лаборатории ядерных проблем Л.Майани ознакомился с процессом сборки модулей адронного калориметра установки ATLAS. В Лаборатории физики частиц он побывал на производственном участке по изготовлению серийных модулей камер из поалона-С, а также в других подразделениях, ведущих работы по созданию аппаратуры для крупнейших детекторов на LHC. В Лаборатории теоретической физики гость осмотрел фотовыставку, посвященную 90-летию со дня рождения академика Н.Н.Боголюбова (1909–1992).

Л.Майани дал высокую оценку состоянию и перспективам сотрудничества ЦЕРН и ОИЯИ, отметил мощный научно-технический потенциал Института, который представляет существенную часть мирового научного сообщества.

30 сентября ОИЯИ посетила делегация депутатов Национального собрания, руководителей ряда институтов и организаций Республики Словакии. Этот визит был связан с создаваемым совместно с Россией и ОИЯИ словацким циклотронным комплексом. Гости провели беседу с руководством Института и Лаборатории ядерных реакций, познакомились с установками этой лаборатории. Они встретились со своими земляками — сотрудниками ОИЯИ, ознакомились с отчетом словацких студентов, проходящих специальную подготовку в Учебно-научном центре ОИЯИ для работы на комплексе.

29 октября в Париже в Национальном центре по научным исследованиям (CNRS) состоялось заседание совместного Комитета по сотрудничеству между Институтом физики ядра и частиц (IN2P3) и ОИЯИ. Были подведены итоги 1999 г. и намечены планы на 2000 г. Состоялся обмен мнениями по широкому кругу вопросов сотрудничества. В переговорах участвовали директор IN2P3 Ж.-Ж.Обер, заместитель директора Б.Хаас, руководитель департамента МНТС Э.Пере. ОИЯИ представляли директор В.Г.Кадышевский, вице-директора А.Н.Сисакян и Ц.Вылов, помощник директора по международным связям П.Н.Боголюбов.

2 ноября в посольстве ФРГ в России директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский подписал Соглашение о сотрудничестве между Министерством науки, образования и техники ФРГ (BMBWF) и ОИЯИ, которое определяет еще на три года (2000–2002 гг.) участие ФРГ в работе Объединенного института ядерных исследований. Со стороны ФРГ соглашение было подписано 15 октября руководством BMBWF по поручению правительства ФРГ.

5 ноября состоялась встреча директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского, вице-директоров А.Н.Сисакяна и Ц.Вылова с директором Института ядерных исследований и ядерной энергетики (Болгария) Й.Стаменовым. На ней обсуждались вопросы сотрудничества в области научных и образовательных программ.

17 ноября делегация Исламской Республики Иран во главе с вице-президентом Ирана, президентом ОАЭИ Р.Ага-заде посетила с ознакомительным визитом Объединенный институт ядерных исследований. В составе делегации были посол Исламской Республики Иран в РФ М.Сафари, депутаты парламента. Со стороны ОИЯИ во встрече участвовали директор Института В.Г.Кадышевский, вице-директора А.Н.Сисакян и Ц.Вылов, главный инженер И.Н.Мешков. Гости посетили Лабораторию ядерных реакций.

20 ноября ОИЯИ посетил министр просвещения Монголии, председатель Комитета по атомной энергии, председатель Комиссии по делам ЮНЕСКО А.Баттур. В дирекции Института состоялась беседа, в которой участвовали директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, вице-директор А.Н.Сисакян, помощник директора по МНТС П.Н.Боголюбов, начальник ОРПИ Е.А.Красавин, а также сопровождавшие министра советник посольства Монголии в РФ г-жа Сарантуяа, заместитель начальника управления министерства г-н Баасанджав, представители землячества Монголии в ОИЯИ. Обсужден широкий круг вопросов сотрудничества между учеными Монголии и ОИЯИ. Гости посетили Лабораторию ядерных реакций, а также университет «Дубна».

2 декабря в Женеве состоялось заседание совместного Комитета по сотрудничеству ЦЕРН–ОИЯИ, которое проходило под сопредседательством профессора Дж.Аллаби (ЦЕРН) и профессора А.Н.Сисакяна (ОИЯИ). Во время заседания, в котором приняли участие представители дирекций ЦЕРН и ОИЯИ, руководители экспериментов и координаторы сотрудничества, было заслушано 15 докладов по основным научным направлениям. С обзорным докладом выступил А.Н.Сисакян, итоги совещания были подведены Дж.Аллаби. Участники совещания ЦЕРН–ОИЯИ выразили уверенность в том, что в 2000 г. сотрудничество по совместным экспериментам будет успешно продолжено. Было отмечено, что уро-

вень сотрудничества получил высокую оценку со стороны генерального директора ЦЕРН профессора Л.Майани и директора по исследованиям профессора Р.Кашмора, которые в 1999 г. посетили Дубну.

Во время кратковременного визита в ЦЕРН вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян встречался с директором по исследованиям профессором К.Детразом, координаторами сотрудничества Дж.Аллаби, Н.Кульбергом, руководителями совместных экспериментов. ОИЯИ на совещании также представляли главный ученый секретарь В.М.Жабицкий, директор ЛФЧ В.Д.Кекелидзе, профессора А.С.Водопьянов, Л.Л.Неменов, Н.М.Шумейко (Белоруссия), А.С.Курилин, М.Матеев (Болгария) и другие.

## КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций, организованных ОИЯИ в 1999 г., наиболее крупными были семь.

С 15 по 19 февраля в Дубне прошла *Третья научная конференция молодых ученых и специалистов*, организованная Объединением молодых ученых и специалистов ОИЯИ. Около 140 участников из лабораторий Института, Московского, Дубненского, Тверского, Тульского, Белорусского университетов и других научных центров и вузов прослушали лекции В.Г.Кадышевского, А.Н.Сисакяна, И.Н.Мешкова (дирекция), А.А.Балдина, А.И.Малахова (ЛВЭ), В.Г.Егорова, В.А.Карнаухова (ЛЯП), Ю.Ц.Оганесяна (ЛЯР), В.С.Шахматова, В.Н.Швецова (ЛНФ).

Молодым ученым было представлено более 100 научных докладов по секциям: «Физика твердого тела», «Физика элементарных частиц», «Применение математических методов в научных исследованиях», «Поля и частицы», «Современные методы ускорения заряженных частиц и ускорительная техника», «Ядерные реакции», «Применение информационных технологий в научных исследованиях», «Релятивистская ядерная физика», «Автоматизация физического эксперимента» и др.

*VII Международной семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами* провела 25–28 мая Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка. Семинар, посвященный вопросам нейтронной ядерной физики, включал проблемы фундаментальных свойств нейтрона, теоретические и методические аспекты нейтронной ядерной физики, реакции на быстрых нейтронах, физику ультрахолодных нейтронов, нейтронную оптику, деление ядер и др. В семинаре участвовали специалисты ОИЯИ, а также ученые из Китая, России, США, Франции, Южной Кореи.

Вторая международная конференция «*Новая физика в неускорительных экспериментах*» (NANP-99) проходила в Дубне с 28 июня по 3 июля. Среди ее участников были представители коллабораций ученых Германии, Италии, Польши, России, США, Украины, Франции, Швейцарии, Японии. На конференции обсуждались состояние и перспективы поиска новой физики за пределами стандартной модели в неускорительных экспериментах. Организаторами выступили ОИЯИ, Российский фонд фундаментальных исследований, Институт ядерных исследований РАН, Технический университет в Праге.

С 30 июля по 8 августа в Белоруссии состоялась V Международная *Гомельская школа-семинар по актуальным проблемам физики частиц*, собравшая ведущих и молодых ученых научных центров стран-участниц ОИЯИ и других стран. В школе участвовала представительная делегация ОИЯИ. Председателями оргкомитета были Полномочный Представитель Белоруссии профессор В.А.Гайсенюк и вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян. Профессор А.Н.Сисакян прочитал лекции об исследованиях, проводимых в ОИЯИ, побывав в научных центрах Гомеля, встретился с ведущими учеными и организаторами науки в Белоруссии.

*VII Европейская школа по физике высоких энергий* проводилась с 22 августа по 3 сентября в местечке Часта-Папиерничка в Словакии. Ее организаторы — ЦЕРН, ОИЯИ, Министерство образования Словакии и Институт физики САН — пригласили в качестве лекторов ведущих физиков-теоретиков Великобритании, США, Франции; от ОИЯИ с лекциями выступили А.Н.Сисакян, Д.Ю.Бардин, С.М.Биленький. В числе слушателей были молодые физики-экспериментаторы из 40 стран мира.

В августе 1999 г. исполнилось 90 лет со дня рождения крупнейшего ученого, математика, механика и физика академика Николая Николаевича Боголюбова (1909–1992). *Международная конференция «Проблемы теоретической и математической физики»*, посвященная памяти Н.Н.Боголюбова, проходила с 27 сентября по 6 октября. Научные и мемориальные сессии конференции были организованы последовательно в Москве, Дубне и Киеве — в тех городах России и Украины, где Н.Н.Боголюбов оставил яркий след ученого, учителя, основателя научных школ и новых направлений.

Тематика конференции охватывала те области знаний, в которые Н.Н.Боголюбов внес фундаментальный вклад, открыл новые направления в их развитии: математика и нелинейная механика, квантовая теория поля, физика элементарных частиц, статистическая физика и кинетика, ядерная физика. Участниками конференции стали более 200 ученых из многих стран мира.

Открытие конференции состоялось 27 сентября в Московском государственном университете, где выступили президент РАН академик Ю.С.Осипов, ректор МГУ академик В.А.Садовничий, директор ОИЯИ член-корреспондент РАН В.Г.Кадышевский. Золотая медаль имени Н.Н.Боголюбова РАН была вручена академику В.С.Владимирову, а премии имени Н.Н.Боголюбова ОИЯИ — Нобелевскому лауреату, директору Международного Сольвеевского института физики и химии профессору И.Р.Пригожину (Брюссель) и академику В.Г.Барьяхтару (Институт математики НАНУ, Киев).

На следующий день, 28 сентября, конференция продолжила свою работу в Математическом институте им. В.А.Стеклова РАН.

29 сентября участники конференции почтили память Н.Н.Боголюбова, возложив цветы к его могиле на Новодевичьем кладбище, и выехали в Дубну, где работа конференции продолжилась в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова ОИЯИ до 2 октября. С большим интересом участники конференции в Дубне восприняли выступления братьев Н.Н.Боголюбова — А.Н.Боголюбова (Киев) и М.Н.Боголюбова (Санкт-Петербург).

Киевская часть конференции открылась 4 октября в конференц-зале Национальной академии наук Украины. С приветствием к участникам конференции обратились президент НАНУ Б.Е.Патон, директор Института теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова НАНУ А.Г.Ситенко, директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский.

5 и 6 октября научные заседания продолжились в Институте теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова НАНУ и в Институте математики НАНУ, где было сделано более 70 докладов.

Боголюбовская конференция, на которой было сделано 42 пленарных доклада и более 150 докладов на параллельных сессиях, завершила свою работу 6 октября в Киеве — «научной колыбели» крупнейшего ученого XX столетия Николая Николаевича Боголюбова.

16 декабря в Дубне состоялась Научная конференция, посвященная *50-летию синхроциклотрона ОИЯИ*, которую открыл директор Лаборатории ядерных проблем Н.А.Русакевич. С приветственным словом выступил вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян. Ветераны лаборатории рассказали о первых экспериментах на пучках синхроциклотрона, знаменовавших рождение в СССР новой области ядерной физики — физики высоких энергий. Часть докладов была посвящена модернизации ускорителя, много хороших слов было сказано о международном научном сотрудничестве специалистов, работавших в лаборатории. На конференции выступили также гости из России, Румынии, Словакии.

17 декабря в Доме культуры «Мир» прошло юбилейное торжественное заседание научной общественности ОИЯИ, с приветствиями выступили директор Института В.Г.Кадышевский и главный инженер И.Н.Мешков. Состоялся праздничный концерт. С юбилеем первой базовой установки Института коллектив Лаборатории ядерных проблем поздравили Председатель Государственной Думы Федерального Собрания РФ Г.Н.Селезнев, министр по атомной энергии РФ Е.О.Адамов, первый заместитель министра науки и технологий РФ Г.В.Козлов, а также многочисленные представители научных центров стран-участниц ОИЯИ.

## **УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ**

В 1999 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 196 международных конференциях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на Египетско-российском совещании по циклотронам (Египет, Каир), Конференции по уско-

рителям частиц (РАС-99) (США, Нью-Йорк), 6-м Международном семинаре «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов» и 3-м Польском семинаре по нейтронному рассеянию (объединенный семинар) (Польша, Познань), 14-м Международном совещании по ECR ионным источникам (Швейцария, Женева), 14-й Международной конференции по ультрарелятивистским столкновениям ядер (Италия, Турин), Рабочем совещании по поляризованным протонам при высоких энергиях (Германия, Гамбург), 5-м Рабочем совещании по электронному охлаждению и его применениям (Швеция, Уппсала), Летней школе по физике частиц (Италия, Триест), XV Международной конференции по частицам и ядрам (Швеция, Уппсала), Рабочем совещании коллаборации NEMO (Чехия, Прага), международной конференции «Деление и нейтроннообогащенные ядра» (Великобритания, Сент-Андрус), 7-й Летней школе по рассеянию нейтронов «Рассеяние нейтронов в следующем тысячелетии» (Швейцария, Цуоц), международной школе «Рождение частиц от МэВ до ТэВ» (Нидерланды, Нимеген), VI Вигнеровском симпозиуме (Турция, Стамбул), III Международной конференции «Современные проблемы ядерной физики» (Узбекистан, Бухара), 2-й Международной конференции по нейтронному рассеянию (Венгрия, Будапешт), международном совещании «Симметрия и спин» (PANA-SPIN-99) (Чехия, Прага), VI Всероссийском совещании по оптике и оптимизации пучков заряженных частиц (Россия, Саратов), Международной школе по физике адронов (Португалия, Коимбра), 5-й Международной конференции по позиционно-чув-

ствительным детекторам (Великобритания, Лондон), конференции «Научный сервис сети Интернет» (Россия, Новороссийск), 1-й Международной конференции по химии и физике трансактинидных элементов (ТАН-99) (Германия, Зеехам), XIII Международной школе по ядерной физике и ядерной энергии (Болгария, Варна), Международном совещании по поляризованным источникам и мишеням (Германия, Эрланген), Международной конференции по системам управления ускорителями и большими экспериментальными физическими установками (ICALPCS-99) (Италия, Триест), международной конференции «Текстуры и физические свойства горных пород» (Германия, Геттинген), международной школе «Избранные вопросы квантовой теории поля и квантовой статистики» (Грузия, Тбилиси), Рабочем совещании мюонной группы эксперимента АТЛАС (Израиль, Еилат), Восточно-европейском совещании по синхротронному излучению и лазерам на свободных электронах (EESRFEL-99) (Польша, Краков), 2-й Конференции по физике частиц и ядра (Египет, Каир), рабочем совещании «Лазерная спектроскопия на пучках радиоактивных ядер» (Польша, Познань), рабочем совещании «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ» (Словакия, Стара Лесна), 5-й Международной школе-семинаре по актуальным проблемам физики частиц (Белоруссия, Гомель), Европейской школе по физике высоких энергий (школа ОИЯИ-ЦЕРН) (Словакия, Часта-Папиерничка), Боголюбовской конференции «Проблемы теоретической и математической физики» (Украина, Киев).

**Справка о развитии международного сотрудничества и связей  
Объединенного института ядерных исследований в 1965–1999 гг.**

	1965	1975	1985	1990	1995	1998	1999
1. Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без учета приездов на совещания)	203	1026	1469	1050	299	285	361
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	474	600	778	682	626	692
3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	42	49	44	52	47	45
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-участниц	69	131	119	437	1451	1659	1830
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	27	226	144	563	1036	792	659
6. Количество стипендиатов		11	3	16	28	29	20



**Перечень научных и научно-организационных совещаний,  
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1999 году**

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Кол-во участников
85-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	14–16 января	102
Рабочее совещание пользователей поляризованной мишени	Дубна	16 января	33
Рабочее совещание по экспериментам на нейтринном детекторе ИФВЭ–ОИЯИ и эксперименту NOMAD	Дубна	19–21 января	30
Рабочее совещание «Эффекты пространственного заряда в формировании интенсивных пучков заряженных частиц низкой энергии»	Дубна	15–17 февраля	34
III Научная конференция молодых ученых и специалистов	Дубна	15–19 февраля	135
Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	25–27 февраля	36
Заседание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	11–13 марта	95
Рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	4–27 апреля	26
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	16–17 апреля	30
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	19–20 апреля	33
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	25–26 апреля	28
Рабочее совещание коллаборации EMU01/12 по перспективам использования фотоэмульсий в экспериментах на пучках релятивистских ядер нуклотрона	Дубна	18–20 мая	60
Рабочее совещание «Лазерная спектроскопия на пучках радиоактивных ядер»	Польша, Познань	24–27 мая	37
VII Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами	Дубна	25–28 мая	91
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	26–30 мая	45
86-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	3–4 июня	110
Международная школа «Симметрии и интегрируемые системы»	Дубна	8–11 июня	76

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Кол-во участников
Рабочее совещание «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ»	Словакия, Стара Лесна	14–18 июня	35
Рабочее совещание «Коллективные методы в ядрах и других мезоскопических системах»	Дубна	14–24 июня	44
Заседание контрольной комиссии Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	24–25 июня	9
Рабочее совещание «Новая физика в неускорительных экспериментах»	Дубна	28 июня — 3 июля	127
Рабочее совещание «Дифракция на коллайдерах»	Дубна	3–6 июля	22
V Международный симпозиум «Дубна. Дейтрон-99»	Дубна	6–10 июля	60
Рабочее совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	Дубна	27–31 июля	65
Рабочее совещание «Квантовая гравитация и суперструны»	Дубна	2–10 августа	31
V Международная школа-семинар по актуальным проблемам физики частиц	Белоруссия, Гомель	30 июля — 8 августа	118
VII Европейская школа по физике высоких энергий (школа ОИЯИ–ЦЕРН)	Словакия, Часта-Папиерничка	22 августа — 4 сентября	132
Международное совещание «Наука, философия, религия»	Дубна	9–11 сентября	60
Курсы МАГАТЭ по радиационной безопасности	Дубна	13 сентября — 12 ноября	34
Международная школа молодых ученых «Проблемы ускорения заряженных частиц»	Дубна (Ратмино)	14–22 сентября	53
Рабочее совещание «Физические переменные в калибровочных теориях»	Дубна	21–25 сентября	60
III Научный семинар памяти В.П.Саранцева	Дубна (Ратмино)	22–23 сентября	68
Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики»	Россия, Москва, Дубна; Украина, Киев	27 сентября — 6 октября	151
II Международный семинар «Рассеяние нейтронов при высоких давлениях»	Дубна	29 сентября — 2 октября	70
Рабочее совещание «Фермионы и структура вакуума в калибровочных теориях на решетке»	Дубна	5–9 октября	48
Рабочее совещание коллаборации ЭКСЧАРМ	Дубна	19–21 октября	35

Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Кол-во участников
Международная конференция «Наукограды: диалог науки и образования»	Дубна	20–22 октября	70
Международное рабочее совещание «Электроядерная технология и трансмутация радиоактивных отходов на ускорительном комплексе ЛВЭ»	Дубна	26–29 октября	81
Рабочее совещание «Синхротронный источник ОИЯИ: перспективы исследований»	Дубна	1–3 ноября	50
Рабочее совещание «Измерение содержания природных и техногенных радионуклидов и тяжелых металлов в окружающей среде»	Дубна	2–5 ноября	65
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	12–13 ноября	22
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	18–20 ноября	25
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	26–27 ноября	31
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	30 ноября — 3 декабря	45
Международная конференция «50 лет синхроциклотрону Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ»	Дубна	16–17 декабря	150

**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.**



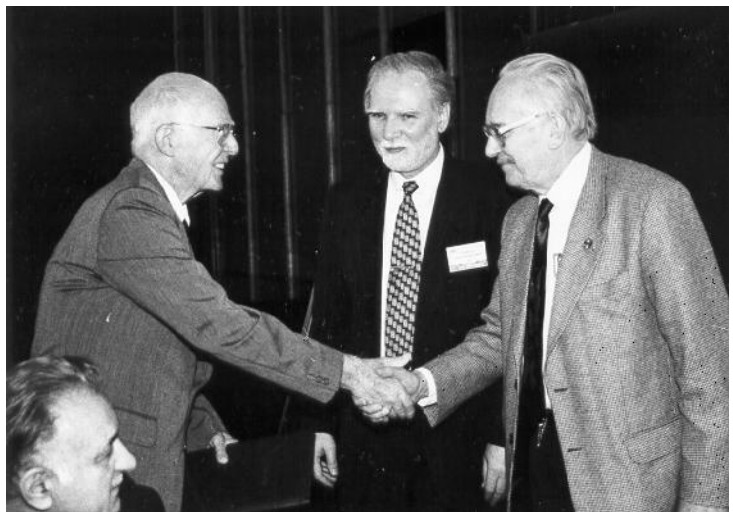
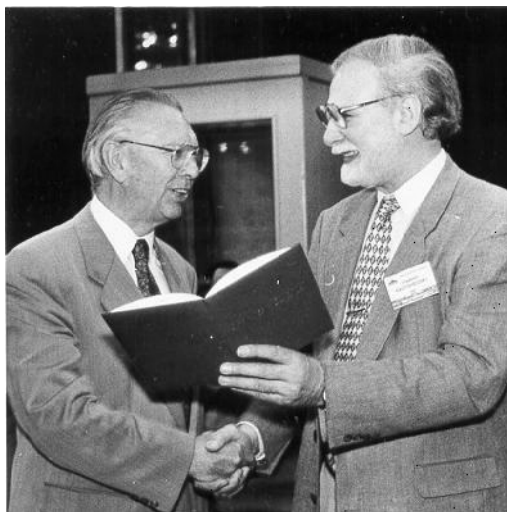
Дубна, 3 4 июня. 86-я сессия Ученого совета ОИЯИ



Дубна, 11 12 марта. Заседание Комитета Полномочных Представителей государств — членов ОИЯИ

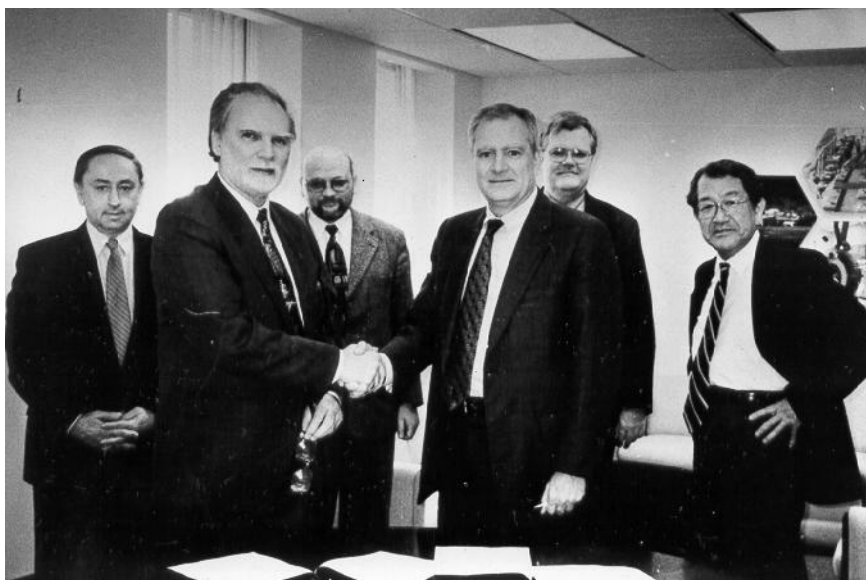
Дубна, 4 июня.  
Директор Института В.Г.Кадышевский  
вручает диплом почетного доктора ОИЯИ  
профессору Х.Шопперу (Германия)

Лауреат премии ОИЯИ имени Б.М.Понтекорво  
за 1999 год профессор Р.Дэвис (США)  
(на снимке слева)





Дубна, 17 февраля.  
Визит в ОИЯИ  
министра-посланника  
посольства Республики Польша  
Т.Туровского  
(на снимке второй справа)



США, март.  
Подписание Соглашения  
ОИЯИ BNL по эксперименту STAR.  
На снимке (слева направо):  
А.Н.Сисакян, В.Г.Кадышевский,  
Ю.А.Панебратцев (ОИЯИ),  
Дж.Марбургер, Т.Холман,  
С.Озаки (BNL)



Дубна, 30 апреля.  
Открытие выставки современной  
монгольской живописи  
в Доме ученых ОИЯИ



Дубна, 21 – 24 апреля. Международная конференция по ядерной физике «50 лет ядерным оболочкам»



Дубна, 12 мая.  
Гость ОИЯИ — Чрезвычайный и Полномочный  
Посол Словацкой Республики в РФ  
И.Фурдик (первый справа)  
на встрече со словацкими студентами  
Учебно-научного центра Института

Дубна, 25 – 28 мая. Участники VII Международного семинара  
по взаимодействию нейтронов с ядрами на прогулке в окрестностях Дубны





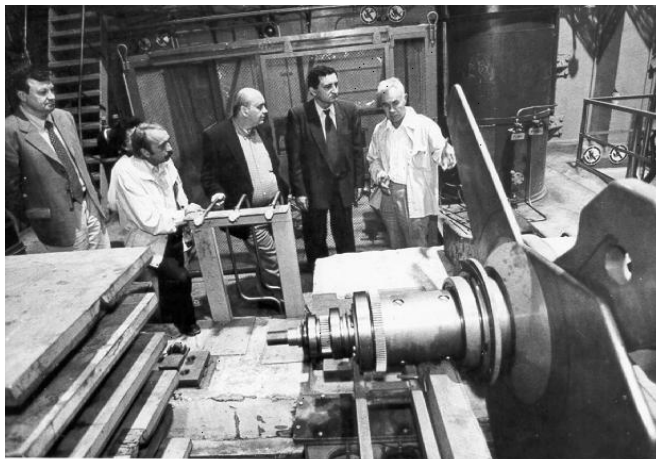
Женева, 3-12 мая. Совместная ОИЯИ-ЦЕРН выставка «Наука, сближающая народы» во Дворце наций Европейского отделения ООН



ЦЕРН, 3 мая. Встреча руководителей ОИЯИ и ЦЕРН. На снимке: вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян, директор ОИЯИ В.Г.Кадьшевский и генеральный директор ЦЕРН Л.Майани



Дубна, 5 сентября.  
Председатель Комитета по атомной энергии Болгарии,  
Полномочный Представитель этой страны в ОИЯИ  
профессор Г.Касчиев (второй справа) в Лаборатории  
нейтронной физики им. И.М.Франка



Дубна, 16 сентября. Гость ОИЯИ — председатель Государственной Думы Федерального Собрания  
Российской Федерации Г.Н.Селезнев (в центре) в Лаборатории высоких энергий



Дубна, 27 июля. Участники рабочего совещания «Суперсимметрии и квантовые симметрии»





Дубна, 3 июня. Открытие памятника  
академику Георгию Николаевичу Флерову (1913–1990)

Дубна, 28 июня. Участники международной конференции  
«Новая физика в неускорительных экспериментах»





Дубна, 15–19 февраля. III Научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ

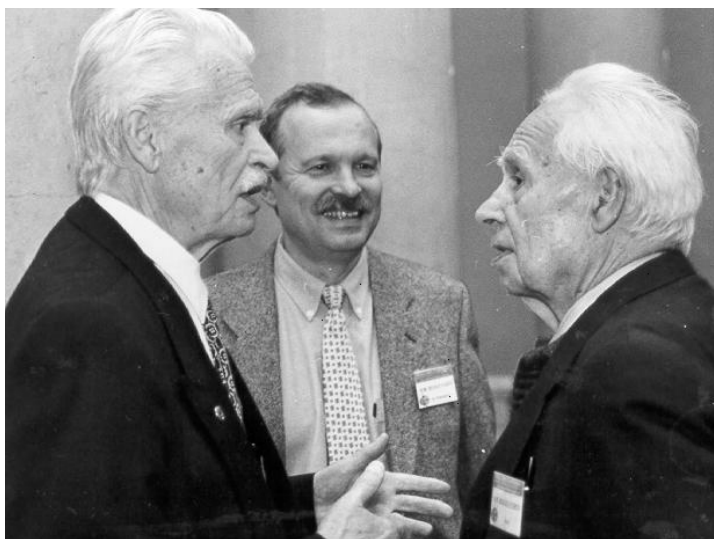
Дубна, 5–8 июня. Совещание Координационного совета по сотрудничеству ОИЯИ с научными центрами Польши







Москва–Дубна–Киев,  
27 сентября — 6 октября.  
Международная конференция  
«Проблемы теоретической  
и математической физики»,  
посвященная 90-летию  
со дня рождения академика  
Н.Н.Боголюбова (1909—1992)





Дубна, 20 ноября. Гость ОИЯИ министр просвещения Монголии, председатель Комитета по атомной энергии А.Баттур (справа) посетил университет «Дубна»



Дубна, 17 ноября. Ознакомительный визит делегации Исламской Республики Иран во главе с вице-президентом Ирана, президентом ОАЭИ Р.Ага-заде в ОИЯИ

Дубна, 26–27 ноября. Участники 12-й сессии Программно-консультативного комитета ОИЯИ по физике частиц



# НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ



# ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

Исследования, проводимые в лаборатории, входят в три темы первого приоритета — «Поля и частицы», «Теория ядерных и других конечных систем»,

«Теория конденсированных сред», — утвержденных на 85-й сессии Ученого совета ОИЯИ.

## ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

Тема «Поля и частицы» включала широкий круг исследований проблем «чистой теории» и физики частиц.

Основная активность была сконцентрирована на следующих направлениях:

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

В 1999 г. возросло число работ по теории суперструн, интегрируемым моделям и калибровочным теориям на решетке.

**Теория квантовых матриц** — один из интенсивно развиваемых в последнее время разделов математической теории квантовых групп — применяется при описании интегрируемых моделей как квантовомеханических, так и статистических, являясь, по сути, математическим выражением понятия интегрируемости. В ЛТФ было построено новое семейство квантовых матричных алгебр, включающее в себя уже известные примеры в качестве частных случаев [1]. Для всех этих алгебр в общем виде решена проблема построения специальной коммутативной подалгебры, так называемого спектра квантовой матрицы, которая отвечает интегралам движения в соответ-

ствующих интегрируемых моделях. Развитая техника работы с квантовыми матрицами применена при исследовании алгебры «нулевых мод» в киральной модели Весса–Зумино–Новикова–Виттена [2].

Рассмотрены **суперполевые модели** с частичным спонтанным нарушением глобальной  $D=3$ ,  $N=2$  суперсимметрии в два раза как в нелинейной, так и линейной реализациях [3]. В первом подходе впервые получено явно  $N=1$ ,  $D=3$  суперсимметричное действие  $D=4$  супермембраны и показана его дуальная эквивалентность мировому действию  $N=2$  супер- $D2$ -браны. Во втором подходе тот же самый тип нарушения возникает в абелевой калибровочной модели, описывающей низкоэнергетические взаимодействия вещественного скалярного поля с  $3D$ -векторными и фермионными полями. С аналогичных позиций изучено частичное спонтанное нарушение  $N=1$ ,  $D=10$  суперсимметрии в нелинейной реализации [4] и  $N=2$ ,  $D=4$  — в линейной [5].

С использованием суперполевого подхода построена многомерная  $N=4$  **суперсимметричная квантовая механика** (SUSY QM). Получены в компонентах классические и квантовые лагранжиан и гамильтониан. В рассматриваемой SUSY QM как классическая, так и квантовая  $N=4$  алгебры суперсимметрии включают центральные заряды, что открывает различные возможности для частичного спонтанного



нарушения суперсимметрии, включая дробные опции [6].

Рассмотрена связанная система, составленная из монополя Янга и изоспиновой частицы, скрепленных друг с другом  $SU(2)$  и кулоновским взаимодействием. Система, подобная этой, — пример **дуальности Сайберга–Виттена в квантовой механике**. Найден обобщенный вектор Рунге–Ленца и установлена группа скрытой симметрии  $SO(6)$ . Показано также, что группа скрытой симметрии позволяет вычислить спектр системы алгебраическим путем [7].

Была проанализирована зависимость БРСТ-когомологий замкнутых  $N = 2$  струн от выбора картины и построено бесконечное число зарядов симметрии, связанных с изменением номеров картины [8]. Было показано, что законы преобразования вертексных операторов для физических состояний совпадают с линеаризованными нелокальными симметриями уравнения Плебаньского, описывающего эффективную теорию поля для замкнутых  $N = 2$  струн. Показано также, что соответствующие этим симметриям тождества Уорда позволяют получить новое доказательство зануления древесных  $n$ -точечных корреляционных функций с  $n > 3$ . Рассмотрены голоморфные теории Черна–Саймонса–Виттена, заданные на  $6D$ -многообразиях с комплексной структурой и описаны  $4D$ -конформные теории поля, связанные с ними [9]. Все эти модели являются точно решаемыми. Были описаны аналоги алгебры Вирасоро и аффинных алгебр Ли, локальное действие которых на полях голоморфных теорий Черна–Саймонса–Виттена становится нелокальным на полях точно решаемых  $4D$ -конформных теорий поля.

Показано, что  $\tau$ -функции  $N$ -солитонных решений уравнений иерархии Кадомцева–Петвиашвили и ее редукции  $B$ -типа описывают статистическую сумму решетчатого кулоновского газа на плоскости при фиксированной температуре и некоторых граничных условиях. При этом координаты зарядов совпадают со спектральными переменными солитонов, фазовые сдвиги (описывающие рассеяние солитонов) совпадают с потенциалами кулоновского взаимодействия, а вклады «времен» эволюции иерархии соответствуют внешним электрическим полям. Это отождествление порождает некоторые новые точно решаемые модели решетчатого газа. Описаны  $(1+1)$ -мерная цепочка с дискретным временем, связанная с трехчленным рекуррентным соотношением  $R_{II}$ -типа, и некоторые ее автомодельные редукции [10].

Фотонные и фермионные корреляторы в калибровке Лоренца (Ландау) исследовались аналитически и численно в рамках **КЭД с решеточной регуляризацией**. Было показано, что моды с нулевым импульсом (ZMM), а также дираковские поверхности (DS) играют важную роль в непертурбативной проце-

дуре фиксации калибровки. При использовании общепринятых процедур непертурбативной фиксации калибровки вносится возмущение в фотонный и фермионный пропагаторы и стандартный метод вычисления фермионной массы приводит к неправильным результатам. Для разрешения этой проблемы была предложена новая процедура фиксации (лоренцевской) калибровки — zero-momentum Lorentz gauge (ZML). Таким образом, найдено окончательное решение проблемы грибовской неоднозначности в quenched КЭД на решетке в кулоновской (т.е. физической) фазе [11].

Обобщена идея А.Д.Сахарова о том, что гравитация может индуцироваться эффектами поляризации вакуума. Предположено, что аналогичный механизм отвечает за возникновение и других дальнедействующих сил. В качестве примера построена модель, свободная от ультрафиолетовых расходимостей, в которой эйнштейновское и максвелловское действия полностью индуцированы квантовыми эффектами сверхмассивных полей-конституентов. Гравитационные и калибровочные поля возникают в ней на единой основе, и поэтому модель представляет объединенную теорию гравитации и электромагнетизма. При низких энергиях **индуцированная теория Эйнштейна–Максвелла** допускает обычные решения и, в частности, вращающиеся заряженные черные дыры. Показано, что энтропия Бекенштейна–Хокинга этих черных дыр определяется той же стат-механической формулой, что и энтропия шварцшильдовой черной дыры. Это демонстрирует, что в индуцированной гравитации механизм возникновения энтропии Бекенштейна–Хокинга универсален и не зависит от углового момента черной дыры или ее заряда [12].

**В суперсимметричных калибровочных теориях** с мягким нарушением суперсимметрии предложен эффективный метод получения уравнений ренорм-группы для параметров нарушения. Метод основан на разложении Тэйлора по грасмановой переменной и позволяет получать также решения РГ-уравнений. Получены новые решения для параметров мягкого нарушения суперсимметрии в минимальной суперсимметричной стандартной модели, суперсимметричных теориях Великого объединения и  $N = 2$  модели Сайберга–Виттена [13].

**Структурные функции процессов неупругого лептон-нуклонного рассеяния** рассмотрены на основе общих принципов теории, сконцентрированных в интегральном представлении Йоста–Лемана–Дайсона. Использована нестандартная скейлинговая переменная, которая приводит к аналитическим моментам структурных функций. Установлена связь аналитических моментов с операторным разложением [14].

На основе недавних измерений азимутальных асимметрий в полуинклюзивных процессах глубоко-неупругого рассеяния на продольно (HERMES) и поперечно (SMC) поляризованных мишенях и экспериментальных данных DELPHI по  $T$ -нечетной функции фрагментации, ответственной за право-левую асимметрию фрагментации поперечно-поляризованного кварка, получена первая оценка **распределения поперечного спина кварков в нуклоне** (т.н. transversity). Показано, что для  $u$ -кварков оно близко к результату эффективной киральной кварк-солитонной модели, а вклад  $u$ -кварков в тензорный заряд нуклона порядка 1. На этой основе утверждается, что распределение поперечного спина можно измерять в будущих экспериментах на продольно-поляризованной мишени (например, COMPASS) вместе с измерением  $\Delta G$  [15].

На основе анализа **спиновой структуры** непертурбативных матричных элементов разработано самосогласованное описание тензорной поляризации векторных мезонов, возникающих при фрагментации кварков и глюонов. Получено новое правило сумм для  $T$ -нечетных функций фрагментации, играющих важную роль в объяснении одиночных спиновых асимметрий и измерении распределений поперечного спина кварков в нуклоне. Предложена связь спиновой структуры нуклона и эйнштейновского принципа эквивалентности [16].

Дан полный анализ спиральных амплитуд двойного тормозного излучения на малые углы в **электрон-позитронном рассеянии при высоких энергиях**. Определены релятивистские поправки к разрешающей способности процесса образования лептонной пары линейно поляризованным фотоном. Дано аналитическое выражение для квазиупругого хвоста сечения ГНР и для процесса радиационного электрон-позитронного рассеяния в коллинеарной кинематике с учетом нелидирующих поправок [17].

Показано, что однородное самодуальное глюонное поле, в котором реализуется «аналитический конфайнмент», т.е. пропагатор кварка, является целой аналитической функцией в импульсном  $p^2$ -пространстве, ведет к **конфайнменту в смысле критерия Вильсона**: возникает растущий конфайнмирующий потенциал между тяжелыми кварками. В рамках представления функционала КХД в аксиальной калибровке показано, что в пределе больших температур эффективный потенциал как функция напряженности вакуумного поля имеет минимум при нулевом значении этой напряженности. Это означает, что при некоторой критической температуре должен происходить фазовый переход конфайнмент–деконфайнмент. «Геометрическая масса» глюона, появляющаяся при конечной температуре, играет роль инфракрасно-

го регулятора, что важно при выводе вышеперечисленных результатов [18].

Построена **релятивистская нелокальная киральная модель** с взаимодействием  $t'$ Хофта для описания спектра масс возбужденных скалярных, псевдоскалярных, векторных мезонов и их радиальных возбуждений. Данная модель позволяет интерпретировать экспериментально наблюдаемые скалярные, псевдоскалярные, векторные мезонные состояния как члены кварк-антикваркового нонета в энергетическом интервале от 400 МэВ до 1,7 ГэВ. Показано, что все 19 скалярных мезонных состояний могут быть рассмотрены как два нонета: мезонный нонет основных состояний и их первых радиальных возбуждений и один глобол с массой 1,5 ГэВ. Описаны спектр масс и моды сильных распадов возбужденных скалярных, псевдоскалярных и векторных мезонных нонетов. Предложена кварковая модель без нефизического  $qq$ -порога (конфайнмент кварков). Пороги устранены с помощью инфракрасного обрезания [19].

Показано, что релятивистское волновое уравнение шредингеровского типа, предложенное ранее для использования в **спектроскопии адронов**, приближенно удовлетворяет важным условиям (таким как величина наклона мезонных редже-траекторий из теории релятивистской струны, соотношение между вкладами в массы адронов от «аномальной» и безшпуровой части гамильтониана КХД), вытекающим из более общих теоретико-полевых подходов. Это волновое уравнение применено для вычисления характеристик высших радиальных возбуждений векторных резонансов (масс, масштабных соотношений для лептонных и полных ширин), которые могут быть использованы при сравнении с недавними результатами анализов нуклонных формфакторов в пространственно- и времениподобных областях и сечениями электрон-позитронной аннигиляции в адроны [20].

Представлен новый **КХД-анализ  $NL$ -порядков** мировых данных по инклюзивному поляризованному глубоконеупругому лептон-нуклонному рассеянию, дополняя старый набор данных SMC-результатов, HERMES-результатов для протона и SLAC/E155-результатов для дейтрона. Найден наилучший фит данных, и представлены результаты для поляризованных партонных распределений в различных схемах факторизации. Данные результаты имеют хорошее согласие с тем, что следует из теории. Также найдено, что основным эффектом от заново объединенных данных является лучшее определение поляризованных глюонных распределений [21].

Предложено **деформированное инстантонное решение** в физическом КХД-вакууме, который описывается крупномасштабными флуктуациями полей.

Данное решение экспоненциально падает на больших расстояниях. Решение стабильно, только если взаимодействие инстантонов с внешним вакуумным полем мало и, кроме этого, введены дополнительные связи. Деформированное инстантонное решение по-

строено в форме анзаца. Вычислены двухточечные вакуумные корреляторы глюонных полей в рамках эффективной модели вакуума как инстантонной жидкости [22].

## ТЕОРИЯ ЯДРА И ДРУГИХ КОНЕЧНЫХ СИСТЕМ

Работа по теме «Теория ядра и других конечных систем» в 1999 г. велась в рамках четырех исследовательских проектов:

- ядерная структура в экстремальных условиях;
- динамика и структурные эффекты в ядерных и мезоскопических системах;
- физика малочастичных систем;
- релятивистская ядерная динамика.

Уравнения **квазичастично-фононной модели**, основанные на фононном базисе, рассчитанном в расширенном приближении случайной фазы, обобщены за счет включения в гамильтониан модели мультипольного взаимодействия в канале частица–частица. Численные оценки влияния этого взаимодействия на корреляции в основном состоянии ядра и вибрационные возбуждения выполнены в модели одной вырожденной оболочки [23]. Для описания коллективного движения в конечных ферми-системах при ненулевой температуре с помощью формализма термополевой динамики разработано тепловое перенормированное приближение случайной фазы (ТППСФ). Это приближение более аккуратно учитывает принцип Паули, чем обычное тепловое приближение случайной фазы, благодаря чему в основном состоянии нагретой системы возникают корреляции нового типа. На примере модели Липкина, допускающей точное решение, показано, что преимущества ТППСФ особенно заметны вблизи точки фазового перехода. Кроме того, в ТППСФ температура фазового перехода ниже, чем в приближении Хартри–Фока или ПСФ [24]. Исследовано влияние отношения ядерных матричных элементов на величину константы индуцированного слабого псевдоскалярного взаимодействия, извлекаемую из относительных наблюдаемых процессов обычного захвата мюона ядром. Показано, что соотношение  $g_P g_A \leq 0$ , следующее из экспериментальных данных о  $\gamma\nu$ -корреляциях при захвате поляризованных мюонов ядром  $^{28}\text{Si}$ , можно объяснить неожиданно сильным влиянием зависящих от скорости матричных элементов [25]. Предложен новый механизм заселения состояний с большими угловыми моментами в ядрах-осколках деления, базирующийся на соотношении неопределенностей для углов ориен-

тации осколков и угловых моментов их внутренних состояний. Угловой момент как бы «закачивается» в осколки посредством сил, ответственных за их относительную ориентацию. Недавние экспериментальные измерения свидетельствуют в пользу нового механизма [26]. Обычные барьеры асимметричного деления рассчитаны на основе модели вращающейся жидкой капли, которая учитывает короткодействующее взаимодействие нуклонов ядра и диффузность ядерной поверхности. Расчеты выполнены для 15 ядер из области  $Z^2/A = 20 - 40$  для значений углового момента от 0 до  $70 \hbar$ . При любой величине углового момента непосредственное сравнение теоретического массового распределения, полученного в статистическом подходе, с имеющимися экспериментальными данными демонстрирует их хорошее согласие для  $Z^2/A = 20 - 30$  [27].

Развиты новые подходы описания **столкновений ядер с ядрами**.

В рамках динамической модели изучена роль входного канала в реакциях типа слияние–деление, ведущих к приблизительно одному и тому же сверхтяжелому составному ядру. Показано, что для рассмотренных реакций существует «окно» энергий ядра-снаряда, в котором сечение захвата достаточно велико, чтобы представлять интерес для исследователей. Это накладывает сильные ограничения на выбор энергии пучка для данной реакции. Расчеты показали, что реакция  $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$  более благоприятна для синтеза сверхтяжелого элемента  $Z=114$ , чем реакция  $^{74,76}\text{Ge} + ^{208}\text{Pb}$  [28]. Установлен энергетический порог для полного слияния в терминах координат «относительное расстояние» и «массовая асимметрия». В микроскопическом подходе исследован зависящий от времени переход в процессе деления между диабатическим потенциалом взаимодействия во входном канале и адиабатическим потенциалом. Обнаружен сильный запрет на образование почти симметричной двухъядерной системы с малой вытянутостью. Сравнение энергетических порогов полного слияния, рассчитанных для различных наборов

коллективных переменных, показало, что по переменной «массовая асимметрия» двухъядерная система за счет нуклонной передачи с большей вероятностью эволюционирует в сторону составного ядра [29].

Микроскопический подход, основанный на самосогласованном приближении случайной фазы, использован для анализа орбитальных коллективных  $M1$ -возбуждений в однозарядных **металлических кластерах**. Оказалось, что  $M1$ -сила распределена по широкому энергетическому интервалу. В легких кластерах эти возбуждения имеют одночастичный характер, их коллективная природа становится явной только в тяжелых кластерах. Подтверждена важная роль квадрупольной деформации среднего поля в формировании свойств орбитальной  $M1$ -моды [30].

Длина рассеяния для взаимодействия  $\eta$ -мезона с дейтроном рассчитана с помощью точных уравнений для **малочастичных систем** для различных вариантов взаимодействия  $\eta-N$ . Результаты расчетов подтверждают существование резонанса или квазисвязанного состояния вблизи порога  $\eta-d$  [31]. Проанализированы недавние измерения рождения пионов в электромагнитных процессах. Показано, что их можно объяснить в динамической и унитарной моделях изобары, дополненных простым предположением о скейлинге пустотных  $\gamma^* N\Delta$ -формфакторов. Оказалось, что затравочная  $\Delta$ -изобара почти сферически-симметрична и электрическое  $E2$  и кулоновское  $C2$  квадрупольные возбуждения физической  $\Delta$  почти насыщаются за счет вклада пионного облака при  $Q^2 \leq 4,0 \text{ ГэВ}^2$ . Результаты хорошо согласуются с экспериментом, но сильно разнятся с предсказаниями пертурбативной QCD [32]. Показано, что времена жизни ефимовских состояний реальных физических систем «два атома + электрон» ( $\geq 10^6 \text{ с}$ ) позволяют считать их связанными состояниями для любых процессов в газах. Предсказан новый класс состояний двухатомных отрицательных молекулярных ионов с аномально большими характерными размерами [33].

Были исследованы следующие **релятивистские эффекты в ядерной физике**.

Проанализирована структура амплитуды фоторождения  $\phi$ -мезона в области  $\sqrt{s} \sim 2-5 \text{ ГэВ}$  с учетом мерон-обменного и мезон-обменного механизмов.

Показано, что конкуренция этих механизмов сильно влияет на различные спиновые матрицы плотности, которые используются в расчетах как сечений, так и однократных и двойных поляризационных наблюдаемых. Предсказан яркий изотопический эффект: поляризационные наблюдаемые фоторождения  $\phi$ -мезона на протонной и нейтронной мишенях должны различаться на фактор больше 2 [34].

Впервые влияние формы ядра на различные характеристики процесса мультифрагментации исследованы в рамках модифицированной статистической микроканонической модели мультифрагментации. Результат комбинированного действия таких факторов, как форма разваливающегося ядра, его большой угловой момент и скорость расширения системы продемонстрированы сравнением теоретического расчета с экспериментальными данными для центральных столкновений в реакции  $\text{Xe} + \text{Sn} (50 \text{ А/МэВ})$  [35]. Разработан метод безмодельного анализа эволюции структуры нуклона в легчайших ядрах. Метод позволяет выразить структурную функцию  $F_2^A(x)$  через структурные функции ядерных фрагментов и трехмерное импульсное распределение. Обнаружено, что влияние относительного времени нуклона, которое возникает естественным образом из релятивистского рассмотрения связанности двухнуклонной системы, определяет различия структурных функций свободных и связанных нуклонов. Изменение структуры нуклона в системе  $A=2$  служит первопричиной ее изменений в трех- и четырехнуклонных системах и играет фундаментальную роль в эволюции структуры связанного нуклона [36].

Посредством численного анализа **проблемы Тамма** (движение заряда со скоростью, превосходящей скорость света в среде на пространственном интервале конечного размера) на основе точного решения для недиспергирующей среды показано, что фурье-компоненты электромагнитного поля не имеют явно выделенного максимума при черенковском значении угла, если рассматривается движение на конечном интервале. По мере роста интервала от бесконечно малой величины возникает много максимумов. Если рассмотреть движение заряда на бесконечно большом интервале, возникает бесконечно большое число максимумов одной амплитуды [37].

## ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

По теме «Теория конденсированных сред» исследования были проведены в рамках следующих проектов:

- 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.

При исследовании **моделей с сильными электронными корреляциями** основное внимание было обращено на изучение электронного спектра, магнитных, зарядовых и сверхпроводящих фазовых переходов в моделях, описывающих новые материалы, принадлежащие к классу маргинальных электронных жидкостей (манганиты, купраты, ванадаты, тяжелые фермионы).

Новое решение для периодической модели Андерсона для системы  $d$ - и  $f$ -электронов с сильной корреляцией было получено с помощью специального канонического преобразования. Для вычисления соответствующей  $S$ -матрицы 16-го ранга был использован набор собственных векторов для гамильтониана локализованных электронов [38].

Вычислена фазовая диаграмма для расширенной двухорбитальной модели двойного обмена, описывающей манганиты при половинном допировании. Показано, что в случае двух вырожденных электронных орбит зарядовое упорядочение для различных антиферромагнитных фаз наступает лишь при достаточно большом кулоновском взаимодействии. Полученные результаты используются для обсуждения экспериментальных данных, полученных методом рассеяния нейтронов в ЛНФ ОИЯИ [39].

Для изучения конкуренции локализованных и коллективных свойств электронов в многочастичных системах с сильной корреляцией проведено исследование  $d - f$ -моделей Кондо и Гейзенберга [40].

Проведен расчет электронной зонной структуры эффективных многозонных моделей с сильным кулоновским отталкиванием на основе приближений LDA и LDA+U. Результаты расчета используются для интерпретации поляризационной зависимости фотоэмиссионных спектров с угловым разрешением для различных медно-оксидных соединений [41].

В области исследования **динамических систем: хаос, интегрируемость и самоорганизация**, упомянем следующие результаты.

Доказана теорема о том, что верхняя критическая размерность абелевой модели sandpile равна 4 [42].

Собственные векторы гамильтониана одномерной квантовой спиновой цепочки с эллиптическим взаимодействием были выражены через решения трансцендентной системы типа анзаца Бете, которые были получены в явном виде впервые для всех подпространств соответствующего гильбертова пространства [43].

Пространство модулей автодуальных полей Янга–Миллса было описано в терминах кохомологических множеств Чеха и Дольбо, используя соответствие между комплексными векторными расслоениями над автодуальными четырехмерными многообразиями и голоморфными расслоениями над их пространствами твисторов [44].

При исследовании **неупорядоченных систем** были получены следующие результаты.

Сформулирована калибровочная теория дисклинаций на произвольных римановых поверхностях, которые в процессе деформации могут изменять как гауссовскую, так и среднюю кривизну. В качестве приложения рассмотрены два частных случая: упругая мембрана и упругая сфера. Показано, что при описании отдельной дисклинации на произвольной упругой поверхности уравнения теории являются ковариантным обобщением уравнений Кармана для тонких упругих пластинок с дефектом. Модель актуальна при описании топологических дефектов в мембранах и слоистых структурах [45].

Путем обобщения теории фазовых переходов второго рода, включающей сверхпроводники с симметрией спаривания как  $s$ -типа ( $S$ ), так и  $d$ -типа ( $D$ ), рассмотрено температурное поведение разностной термо-э.д.с. для конфигурации  $SND$ -типа. В результате было обнаружено, что на поведение термо-э.д.с. (зависящей от разности фаз между двумя сверхпроводниками) оказывает влияние химический дисбаланс на  $SD$ -границе, ведущий к формированию смешанного состояния  $s + id$ -типа [46].

Экспериментально обнаруженное аномальное температурное поведение сопротивления в манганитах типа  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{Mn}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_3$  при замещении атомов Mn атомами переходных металлов (типа Cu) объясняется уменьшением энергии спиновых поляронов с одновременным увеличением потенциальных барьеров (препятствующих зарядовому обмену между соседними атомами Mn). В свою очередь, температурное поведение гигантского магнитосопротивления и магнито-термо-э.д.с., обнаруженное в соединении

$\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$  в поле  $B = 1T$ , указывает на универсальный характер проводимости в этом материале (как выше, так и ниже точки Кюри  $T_C$ ) и хорошо описывается в терминах атермического прыжкового механизма с зависящей от намагниченности длиной локализации заряда [47].

**Мезоскопические и когерентные явления в квантовых системах** изучались в следующих работах.

Интеграл по антикоммутирующим переменным применен для анализа фазового перехода двумерной модели Изинга с фиксированным беспорядком (quenched site disorder). Получена двойная логарифмическая сингулярность в теплоемкости при  $T \rightarrow T_C$  для моделей данного типа в случае слабого беспорядка [48].

С помощью статистической суммы, представленной в виде интеграла по траекториям, вычислен сдвиг спектра возбуждений  $^4\text{He}$ , обусловленный примесью  $^3\text{He}$ . Показано, что спектр возбуждений гелия  $E_p(\lambda, \rho_f, T)$  в экспериментах по рассеянию нейтронов зависит от взаимодействия  $\lambda$  между атомами  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$ , от плотности  $^3\text{He}$ ,  $\rho_f$  и температуры  $T$ . Наи-

большее влияние примеси  $^3\text{He}$  оказывают в области ротонного минимума спектра  $^4\text{He}$ , что объясняется влиянием дисперсии свободного  $^3\text{He}$  [49].

Предложен новый метод рассмотрения разреженного бозе-газа. Используя двухчастичную матрицу плотности и вариационную процедуру, он позволяет работать с сильно сингулярными потенциалами межчастичного взаимодействия типа потенциала Леннарда-Джонса [50].

В рамках вариационного метода исследована энергия основного состояния экситон-фононной системы, удерживаемой в квантовой яме с потенциалом параболического типа. В предельном случае свободного фононного экситона полученная интерполяционная формула воспроизводит известные результаты, аналогичные фейнмановским в теории полярона [51].

Предложен механизм образования хорошо коллимированных пучков нейтральных частиц с помощью магнитных полей [52]. Развита теория нелинейной спиновой динамики в ферромагнетиках с электрон-ядерной связью [53]. Предсказан переходной эффект отрицательного электрического тока в неоднородных полупроводниках [54].

## РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В основе концепции развития вычислительных средств лаборатории лежит идея сбалансированного развития парка серверов и парка персональных компьютеров, объединенных адекватной по производительности компьютерной сетью. В течение 1999 г. на рабочих местах были установлены 24 персональных компьютера с процессорами Pentium II и III 300–400 МГц. Наиболее мощная рабочая станция Ultra 2 была оснащена вторым процессором Ultra SPARC 300 МГц. Системная память на Ultra 2 была расширена до 768 Мбайт. Несколько дисков было добавлено на кластере компьютеров Sun, общее дисковое пространство достигло 80 Гбайт. Новая операционная система Solaris 7 была внедрена на 2 рабочих станциях. Среди нового программного обеспечения, доступного на рабочих станциях, появился StarOffice 5.1, обеспечивающий работу с файлами формата Microsoft Office (Word, Excel и т.д.). Обновленное на рабочих станциях программное обеспечение включает Reduce 3.7, Netscape Communicator 4.7, Java Workshop 2, Java Studio 1.0, Acrobat 4, GNU CC 2.8.1. На thsun1.jinr.ru создан открытый для общего пользования архив свободно распространяемого программ-

ного обеспечения. В настоящее время архив включает копии архивов CTAN (tex-архив), CPAN (perl-архив), программное обеспечение GNU, исправления к ОС Solaris, свободно распространяемое ПО для Solaris (в двоичных кодах и исходных текстах), и другое широко используемое ПО и документацию. Архив оснащен системой поиска файлов и доступен по адресу <http://thsun1.jinr.ru/file-archive.html>. Среди других компьютерных служб, появившихся в ЛТФ, имеется кэш-сервер (ускоритель) <http://thsun1.jinr.ru:1081>, который хранит файлы, запрошенные с сервера электронных публикаций xxx.iter.ru. Кэш-сервер обеспечивает мгновенный доступ к новым публикациям на xxx.iter.ru, которые автоматически загружаются каждое утро. Имеется также обычный кэш-сервер прокси <http://thsun4.jinr.ru:3128>, который хранит все файлы, запрошенные из Интернет, а также перенаправляет запросы с xxx.iter.ru на ускоритель <http://thsun1.jinr.ru:1081>. Сервер поддерживает протоколы HTTP, FTP и Gopher. Сценарий автоматической настройки Internet Explorer и Netscape Communicator на работу через прокси-сервер расположен по адресу <http://thsun1.jinr.ru/proxy.pac>. ЛТФ продолжает под-

держивать локальную копию журнала по физике высоких энергий (JHEP) <http://jhep.jinr.ru>, на котором было обновлено базовое программное обеспечение, расширено дисковое пространство и системная память. На лабораторном WWW-сервере также

обновлено базовое программное обеспечение, запущена улучшенная система обработки статистики доступа.

## КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 1999 г. ЛТФ участвовала в организации и проведении 12 научных мероприятий, большинство из них было поддержано грантами ЮНЕСКО, РФФИ, программами «Гейзенберг–Ландау», «Боголюбов–Инфельд» и других научных фондов.

Крупным событием стала международная конференция *«Проблемы теоретической и математической физики»*, посвященная 90-летию со дня рождения Николая Николаевича Боголюбова. Конференция проходила с 27 сентября по 6 октября последовательно в Москве, Дубне и Киеве. Тематика конференции охватывала те области знаний, в которые Н.Н.Боголюбов внес фундаментальный вклад: математика и нелинейная механика, квантовая теория поля, физика элементарных частиц, статистическая физика и кинетика, ядерная физика. Участниками конференции стали более 200 ученых из многих стран.

С 8 по 11 июня проводилась международная школа *«Симметрии и интегрируемые системы»*, организованная совместно ЛТФ и Институтом теоретической и экспериментальной физики. В качестве лекторов в работе школы принимали участие ведущие сотрудники ряда институтов: Института теоретической и экспериментальной физики, Научно-исследовательского института ядерной физики Московского университета, Физического института им. П.Н.Лебедева РАН, Математического института им. В.А.Стеклова РАН, Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова, Института теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова (Киев), Петербургского института ядерной физики им. Б.П.Константинова и некоторых других. На школе были прочитаны циклы лекций по современным направлениям теоретической и математической физики, ориентированные на студентов старших курсов и аспирантов. Слушателями школы были студенты и аспиранты Московского физико-технического института, Московского и Киевского университетов, Учебно-научного центра ОИЯИ, Уральского государственного политехнического университета (Екатеринбург), Московского ин-

женерно-физического института и Политехнической школы (Париж).

Как и в прошлом году, в ЛТФ проходили рабочие совещания по избранным вопросам квантовой теории поля, математической физики, физики частиц, теории ядра и теории конденсированных сред. Такие рабочие совещания, как *«Теория нуклеации и ее применения»*, *«Коллективные возбуждения в ядрах и других конечных ферми-системах»*, *«Суперсимметрии и квантовые симметрии»*, *«Квантовая гравитация и суперструны»* становятся традиционными и регулярно проводятся в ЛТФ.

С 5 по 9 октября в ЛТФ проходило рабочее совещание *«Фермионные решетки и структура вакуума»* из серии NATO Advanced Research Workshop. Совещание этой серии проводилось в России впервые.

Международное сотрудничество ЛТФ в 1999 г. было поддержано грантами полномочных представителей Венгрии, Словакии, Польши, Чехии и дирекции ОИЯИ. В 1999 г. сотрудничество с польскими теоретиками проходило в рамках программы «Боголюбов–Инфельд». Поддержку программы «Гейзенберг–Ландау» получили 33 совместных проекта и 7 совещаний, опубликовано более 70 работ с коллегами из научных центров Германии. Ряд исследований был 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).

Особо следует отметить сотрудничество лаборатории с научными и образовательными центрами России. В настоящее время в ЛТФ работают около 30 сотрудников из многих регионов России (Москва, Санкт-Петербург, Петрозаводск, Новосибирск, Томск, Владивосток, Саратов и ряд других городов). Сотрудники ЛТФ читают лекции, руководят работой студентов и аспирантов не только в УНЦ ОИЯИ, но и в ряде российских университетов и вузов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Isaev A.P., Ogievetsky O.V., Pyatov P.N. — *J. Phys. A: Math. Gen.*, 1999, v.32, p.L115.
2. Dubois-Violette M., Furlan P., Hadjiivanov L.K., Isaev A.P., Pyatov P.N., Todorov I.T. — *hep-th/9910206*.
3. Zupnik B.M. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.461, p.203; Ivanov E.A., Krivonos S.O. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.453, p.237.
4. Bellucci S., Ivanov E.A., Krivonos S.O. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.600, p.348.
5. Ivanov E.A., Zupnik B.M. — *Yad. Fiz.*, 1999, v.62, p.1110.
6. Donets E.E., Pashnev A.I., Juan Rosales J., Tsulaia M.M. — *JINR Preprint E2-99-218, Dubna, 1999; hep-th/9907224; Phys. Rev. D (in press)*.
7. Mardoyan L.G., Sissakian A.N., Ter-Antonyan V.M. — *Mod. Phys.Lett.*, 1999, v.14, p.1303.
8. Jünemann K., Lechtenfeld O., Popov A.D. — *Nucl. Phys. B*, 1999, v.548, p.449.
9. Popov A.D. — *Nucl. Phys. B*, 1999, v.550, p.585.
10. Loutsenko I., Spiridonov V. — *Nucl. Phys. B*, 1999, v.538, p.731; Zhedanov A., Spiridonov V. — *Uspekhi Mat. Nauk (Russ. Math. Surv.)*, 1999, v.54, p.173 (in Russian).
11. Bogolubsky I.L., Mitrjushkin V.K., Müller-Preussker M., Peter P. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.458, p.102; Bogolubsky I.L., Mitrjushkin V.K., Müller-Preussker M., Peter P., Zverev N.V. — *JINR Preprint E2-99-288, Dubna, 1999; Humboldt Univ. Preprint HUB-EP-99/51, Berlin, 1999*.
12. Frolov V.P., Fursaev D.V. — *gr-qc/99070046; hep-th/9910006; to appear in «Phys. Rev. D»*.
13. Kazakov D.I. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.449, p.201.
14. Shirkov D.V., Solovtsov I.L. — *Teor. Mat. Fiz.*, 1999, v.120, p.482 (in Russian).
15. Efremov A.V. — *Proc. of Intern. Workshop «Praha-Spin-99», Prague, September 5–12, 1999; Efremov A.V., Göke K., Polyakov M.V., Urbano D. — Ruhr-Univ. Preprint, Ruhr, 1999*.
16. Schafer A., Teryaev O.V. — *hep-ph/9908412, to appear in «Phys. Rev. D»*; Schafer A., Szymanowski L., Teryaev O.V. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.464, p.94.
17. Kuraev E.A., Schiller A., Serbo V.G., Shaikhatdenov B.G. — *hep-ph/9909220, Nucl.Phys. B (in press)*; Antonelli V., Kuraev E.A., Shaikhatdenov B.G. — *JETP Lett.*, 1999, v.69, p.900; *hep-ph/9905331, Preprint BICOCCA-FT-99-13, Nucl. Phys. B (in press)*.
18. Efimov G.V., Kalloniatis A.G., Nedelko S.N. — *Phys. Rev. D*, 1999, v.59, p.014026.
19. Volkov M.K., Nagy M., Yudichev V.L. — *Nuovo Cim. A*, 1999, v.112, p.225; Volkov M.K., Ebert D., Yudichev V.L. — *J. Phys. G*, 1999, v.25, p.2025.
20. Gerasimov S.B. — *Czech. J. Phys.*, 1999, v.49, p.65.
21. Leader E., Sidorov A.V., Stamenov D.B. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.462, p.189.
22. Dorokhov A.E., Esaibegian S.V., Maximov A.E., Mikhailov S.V. — *hep-ph/9903450, Eur. J. Phys. C (accepted)*.
23. Северюхин А.П., Воронов В.В., Караджов Д. — *Препринт ОИЯИ, Р4-99-121, Дубна, 1999, принято в «Известия РАН, серия физическая»*.
24. Vdovin A.I., Storozhenko A.N. — *Eur. Phys. J. A*, 1999, v.5, p.263.
25. Junker K., Kuz'min V.A., Ovchinnikova A.A., Tetereva T.V. — *Preprint PSI-PR-99-14, Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen PSI, 1999, accepted to «Phys. Rev. C»*.
26. Mikhailov I.N., Quentin P. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.462, p.7.
27. Русанов А.Я., Пашкевич В.В., Иткус М.Г. — *ЯФ*, 1999, т.62, с.595.
28. Jolos R.V., Muminov A.I., Nasirov A.K. — *Eur. Phys. J. A*, 1999, v.4, p.245.
29. Diaz-Torres A., Antonenko N.V., Scheid W. — *Nucl. Phys. A*, 1999, v.652, p.61.
30. Nesterenko V.O., Kleinig W. et al. — *Phys. Rev. Lett.*, 1999, v.83, p.57.
31. Shevchenko N.V., Belyaev V.B. et al. — *LANL e-print nucl-th/9908035, 1999*.
32. Drechsel D., Hanstein O., Kamalov S.S., Tiator L. — *Nucl. Phys. A*, 1999, v.645, p.145.
33. Пеньков Ф.М. — *ЖЭТФ*, 1999, т.88, с.1079.
34. Titov A.I., Lee T.-S.H., Toki H., Streltsova O. — *Phys. Rev. C*, 1999, v.60, p.035205.
35. Le Fevre A., Ploszajczak M., Toneev V.D. — *Phys. Rev. C*, 1999, v.60, p.R051602.
36. Burov V.V., Molochkov A.V., Smirnov G.I. — *Phys. Lett. B*, v.466, p.1.
37. Afanasiev G.N., Kartavenko V.G., Stepanovsky Yu.P. — *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1999, v.32, p.2029.
38. Москаленко В.А., Перкунс Н.Б. — *ТМФ*, 1999, т.121, с.250.
39. Jackeli G., Perkins N.B., Plakida N.M. — *cond-mat/9910391, submitted to «Phys. Rev. B»*.
40. Kuzemsky A.L. — *Physica A*, 1999, v.267, p.131.



41. Hayn R., Rosner H., Yushankhai V., et al. — *Phys. Rev. B.*, 1999, v.60, p.645.
42. Priezzhev V.B. — *math-ph/9904054*, *J. Stat. Phys.*, 1999 (в печати).
43. Inozemtsev V.I. — *math-ph/9911022*.
44. Ivanova T.A. — *math-ph/9902015*.
45. Kochetov E.A., Osipov V.A. — *J. Phys. A: Math. Gen.*, 1999, v.32, p.1961.
46. Sergeenkov S., Ausloos M. — *Phys. Rev. B*, 1999, v.59, p.11974.
47. Sergeenkov S. et al. — *Phys. Rev. B*, 1999, v.60, p.12322;  
Сергеенков С.А. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1999, т.69, с.812; т.70, с.136; т.70, с.465.
48. Plechko V.N. — In: «*Path Integrals from peV to TeV: 50 Years after Feynman's Paper*», ed. by R. Casalbuoni et al. (World Scientific, Singapore, 1999) p.137; *hep-th/9906107*.
49. Baranov D., Yarunin V. — *Physica A*, 1999, v.269, p.222.
50. Cherny A.Yu., Shanenko A.A. — *Phys. Rev. E*, 1999, v.60, p.R5.
51. Gerlach B., Wüsthoff J., Smondyrev M.A. — *Phys. Rev. B*, 1999, v.60, p.16569.
52. Yukalov V.I., Yukalova E.P. — *Phys. Lett. A*, 1999, v.253, p.173.
53. Yukalov V.I. — *Phys. Rev. A*, 1999, v.60, p.721.
54. Yukalov V.I., Yukalova E.P., Singh M.R. — *Phys. Rev. B*, 1999, v.59, p.10111.

# 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 эксперименте NADES в GSI (Дармштадт, Германия).

## РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В 1999 г. были изготовлены все элементы системы медленного вывода пучка из сверхпроводящего ускорителя нуклотрон и установлены в кольце нуклотрона. В сеансе 17–29 декабря 1999 г. проведено комплексное испытание системы медленного вывода пучка и получены циркуляция пучка и ускоренный пучок протонов. 29 декабря 1999 г. с эффективностью ~10 % был выведен пучок протонов из нуклотрона с энергией 0,2 ТэВ. Завершено создание, и введена в действие первая очередь системы медленного вывода пучка с использованием экономичной сверхпроводящей технологии. Впервые в мире осуществлен вывод пучка ускоренных частиц с помощью сверхпроводящих магнитных элементов в экспериментальный павильон на физические установки (см. рис.1).

Продолжительность работы синхрофазотрона в 1999 г. составила 303 часа. Затраты компенсировались потребителями пучков. 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 к традиционным пучкам легких релятивистских ядер.

Проект «Кристалл-W» (тема 0979). В течение года были выполнены работы по подготовке к иссле-

дованиям новых вольфрамовых дефлекторов на циркулирующем пучке ядер нуклотрона. Приготовлены дефлекторы из вольфрама и кремния с радиусом изгиба 277 мм при толщине 200 и 270 мкм соответственно. Меньшая толщина вольфрамового кристалла должна обеспечивать его упругий изгиб [1, 2].

В ЦЕРН проведено моделирование нового эксперимента по отклонению релятивистских ядер свинца кристаллом кремния. Этот эксперимент показал, что при ориентировании кристалла относительно пучка меняется интенсивность фоновых частиц, регистрируемых под большими углами к направлению пучка. Создана оригинальная программа, которая наряду с прослеживанием траекторий ядер свинца в кристалле рассчитывает процессы неупругих взаимодействий их с атомами кристалла. Для рассмотрения ядерных взаимодействий используется модель FRITIOF и статистическая модель мультифрагментации ядер. Образовавшиеся частицы и фрагменты ядер также прослеживались до выхода из кристалла. Они в свою очередь могут испытывать неупругие взаимодействия с атомами кристалла. Всего рассмотрено три поколения частиц, генерируемых в неупругих взаимодействиях. Результаты моделирования позволяют объяснить наблюдаемую в эксперименте зависимость интенсивности фона от ориентации кристалла [3].

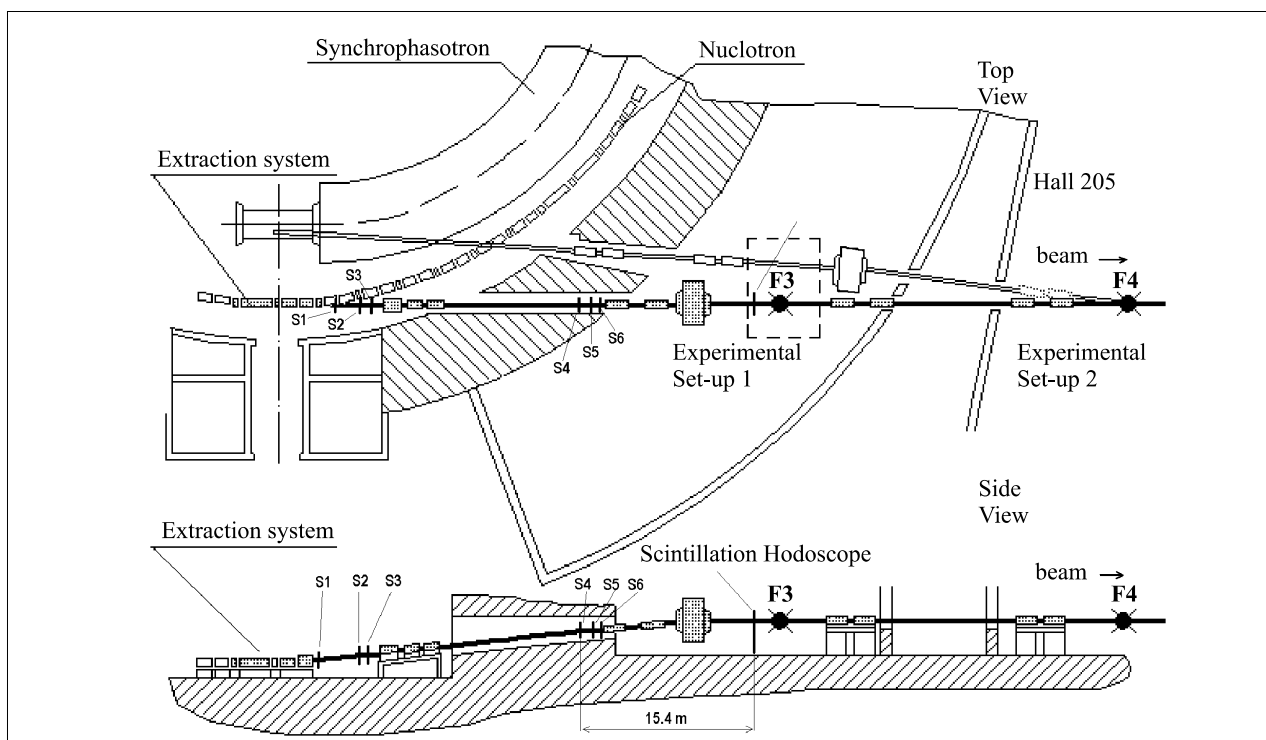


Рис.1. Схема транспортировки пучка от нуклотрона к экспериментальным установкам

## ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВЫВЕДЕННОМ ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА

В конце 1999 г. в рамках проекта «Сфера» был проведен сеанс на пучке медленного вывода сверхпроводящего ускорителя нуклотрон для отладки аппаратуры, предназначенной для изучения узких  $pp$ -корреляций в кумулятивной области.

В сеансе использовался времяпролетный годоскоп, отклоняющий магнит и система из трех мониторов S4 ÷ S6 (схема эксперимента на

рис.2). Были измерены времяпролетные спектры первичных протонов. На рис.3 показан времяпролетный спектр выведенных протонов. Полученные данные использовались для контроля процесса наладки системы медленного вывода нуклотрона.

Также подготовлена установка «Стрела» для исследования зарядово-обменного процесса при взаимодействии дейтронов с протонами.

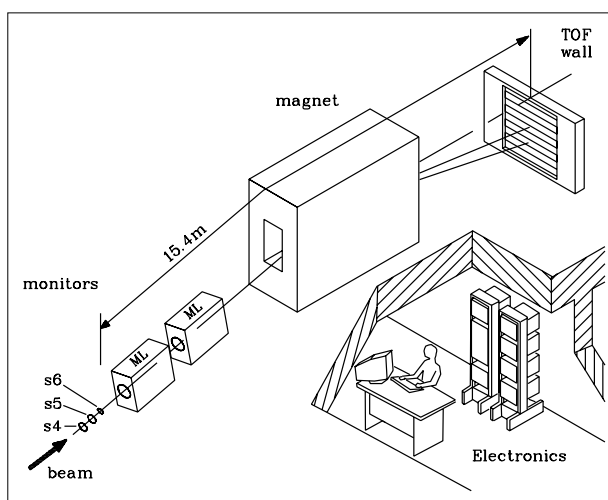


Рис.2. Схема постановки эксперимента по изучению  $pp$ -корреляций на пучке медленного вывода нуклотрона

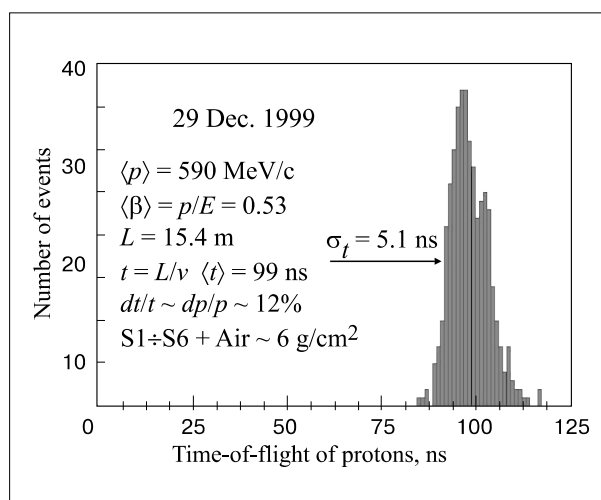


Рис.3. Времяпролетный спектр, полученный в первом сеансе на медленном выводе нуклотрона

**Проект «Сфера».** Проведен сеанс на пучке неполяризованных дейтронов. Получены спектры  $K^\pm$  в некумулятивной и кумулятивной областях с точностью 10 %. После обработки эти данные будут самыми точными в мире и единственными, полученными в общей постановке для кумулятивной и некумулятивной областей. Необходимость иметь такие данные для понимания механизма реакции рождения кумулятивных частиц и структуры дейтрона на малых межнуклонных расстояниях отмечалась в ряде теоретических работ. Указанные данные оказались возможным получить благодаря тому, что в отличие от традиционных постановок регистрировались частицы от фрагментации пучка. При этом отсутствует фон от стенок дейтериевой мишени, а регистрируемые каоны имеют достаточно большой (в нашем случае от 2 до 2,5 ГэВ/с) импульс, что уменьшает потери статистики за счет распадов каонов.

В проведенном сеансе были также получены данные по зависимости сечений фрагментации налетающего дейтерия в «дважды кумулятивные пионы» от атомного веса ядра мишени в реакции  $d + A_t = \pi(0^\circ) + X$ . Под дважды кумулятивными пионами в данном случае понимаются пионы, рождение которых запрещено не только в реакции  $p + p = \pi(0^\circ) + X$ , но и в реакции  $d + p = \pi(0^\circ) + X$ . Предполагается, что налетающие протон и дейтрон в этих двух реакциях имеют одинаковый импульс на нуклон. Это означает, что для рождения таких пионов необходимо

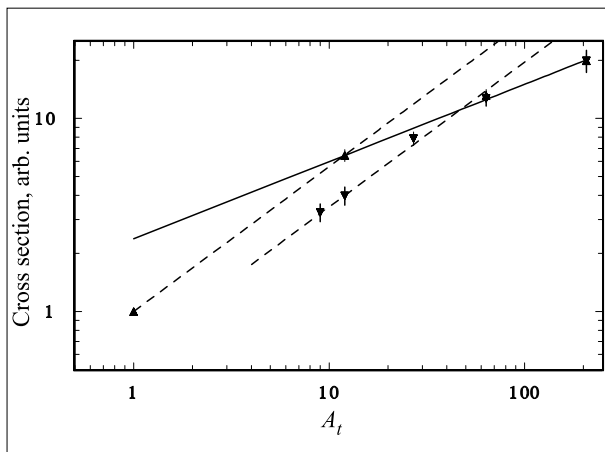


Рис.4. Экспериментальные данные по зависимости сечений рождения пионов в дважды кумулятивной области от атомного веса ядра мишени (предварительные данные).  $\blacktriangledown$  — данная работа;  $\blacktriangle$  — данные для зависимости сечений рождения кумулятивных пионов от атомного веса ядра мишени (Анисимов Ю.С. и др. — ЯФ, 1997, т.60, с.1070.). Сплошная линия отвечает зависимости  $A_t^{0,4}$ , пунктирные —  $A_t^{0,7}$

наличие высокоимпульсной компоненты как в налетающем дейтерии, так и в ядре мишени. При этом зависимость инклюзивных сечений от атомного веса ядра мишени чувствительна к распределению флутонов по объему ядра мишени. Предварительные данные, измеренные на мишенях  $A_t = \text{Be, C, Al, Cu, Pb}$ , показаны на рис.4 вместе с аналогичными данными для кумулятивной области. Первый вывод, который можно сделать из указанных данных, заключается в том, что распределение высокоимпульсной компоненты по объему в тяжелых ядрах ( $A_t > 64$ ) такое же, как распределение плотности нуклонов. Для ядер с ( $A_t < 64$ ) распределения плотности флутонов и нуклонов различаются.

**Проект «Дельта»–«Сигма».** Представлены новые результаты по спин-зависимости разности полных  $np$ -сечений  $\Delta\sigma_L(np)$  при кинетических энергиях пучка нейтронов 1,59, 1,79 и 2,20 ГэВ [4]. Измерения энергетической зависимости  $\Delta\sigma_L(np)$  выполнены на синхрофазотроне ЛВЭ. Квазимонохроматический пучок нейтронов создавался путем развала ускоренных и выведенных поляризованных дейтронов. Измерялось пропускание нейтронного пучка большой поляризованной протонной мишенью. Значения  $\Delta\sigma_L$  определялись как разность полных  $np$ -сечений для параллельно и антипараллельно направленных поляризаций пучка и мишени, ориентированных вдоль направления импульса пучка. Результаты при двух высших энергиях были получены при использовании всех четырех комбинаций направлений поляризаций

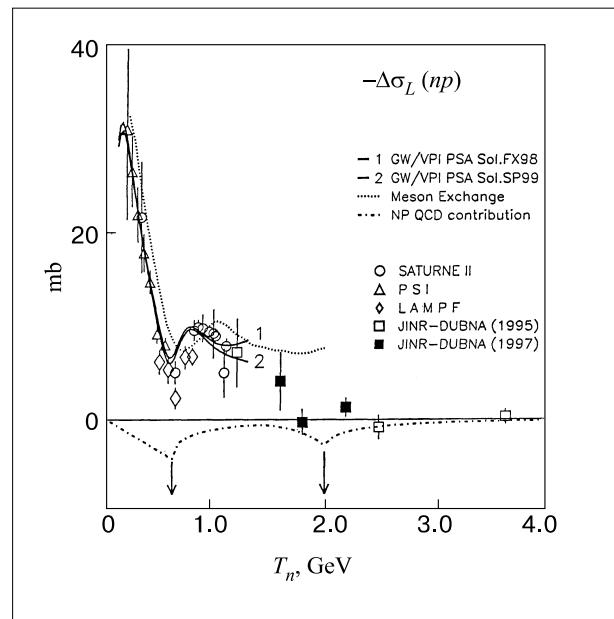


Рис.5. Энергетическая зависимость величины  $-\Delta\sigma_L(np)$ , полученная с использованием пучка поляризованных нейтронов

пучка и мишени. При энергии 1,59 ГэВ измерения выполнены только с одним направлением поляризации мишени. Подтверждено быстрое падение  $\Delta\sigma_L(np)$  с ростом энергии выше 1,1 ГэВ, замеченное впервые по предыдущим результатам. Новые данные сравниваются с предсказанием теоретических моделей и с последними результатами фазового анализа. Представлены также значения  $\Delta\sigma_L$  для изосинглетного  $I=0$   $np$ -состояния, полученные из измеренных величин  $\Delta\sigma_L(np)$  и известных  $\Delta\sigma_L(pp)$ -данных.

В 1999 г. на синхрофазотроне по заявке групп ФИАН впервые проводился эксперимент по облучению ядерных фотоэмульсий пучком ядер  ${}^3\text{H}$  и  ${}^6\text{He}$ . Ускоритель работал в режиме ускорения ядер  ${}^6\text{Li}$ , образуемых посредством лазерного источника ионов при отношении  $Z/A=1/2$ . Интенсивность ионов  ${}^6\text{Li}$  в кольце синхрофазотрона составляла до

$10^8$  ионов на цикл ускорения при  $pc/z=5,34$  ГэВ. Пучок вторичных ионов  ${}^3\text{H}$  и  ${}^6\text{He}$  формировался в магнитном канале. За суммарное время работы порядка 16 часов был сформирован пучок вторичных ядер и определены его параметры, а также проведено облучение трех кассет с ядерными фотоэмульсиями для последующего просмотра и определения физических параметров при взаимодействии ядер  ${}^6\text{He}$  с ядрами фотоэмульсии при импульсе 8 ГэВ/с. Ожидаемая статистика для взаимодействий ядер  ${}^6\text{He}$  составляет порядка 100 событий в материале эмульсии. Эксперимент является первым этапом по исследованию взаимодействий легких релятивистских ядер, обладающих экзотической структурой, с ядрами эмульсии. Эти работы инициированы и поддержаны большим коллективом из России, а также учеными из других стран (Египет, Китай, Словакия и др.).

## ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ВЫВЕДЕННОМ ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА ЛВЭ

**Проект ГИБС.** Для существенного увеличения статистики в исследовании поведения  $\Delta$ - и  $N$ -изобар в ядерном веществе в реакциях перезарядки ядер на ядрах необходимо было перейти на бесфильмовую регистрацию треков в стримерной камере. В 1999 г. выполнены все технические работы для достижения этой цели: настроены и испытаны телекамеры и электроника считывания, изготовлен «телевизионный стереофотоаппарат», созданы программы считывания, записи и просмотра отснятого материала. Начаты стендовые испытания аппаратуры (на стендовой стримерной камере с двумя телекамерами). Для подготовки гиперядерных экспериментов испытаны все элементы электроники считывания для пропорциональных камер, настроены карты для четырех камер.

**Проект МАРУСЯ.** Завершена разработка физической и методической программ по проекту МАРУСЯ. Проведено моделирование работы магнитоопти-

ческой системы и детекторов. Показана возможность регистрации и надежной идентификации частиц с импульсами от 300 до 2000 МэВ/с. Завершены работы по реконструкции экспериментальной зоны, созданию новой биологической защиты, монтажу вращающегося магнитного спектрометра. Произведено подключение всех необходимых коммуникаций магнитных элементов.

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 на пучках синхрофазотрона прототипы времяпролетной системы и системы мониторинга выведенного пучка. Изготовлен и испытан пороговый черенковский счетчик на основе монокристалла кварца.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Исследована  $A$ -зависимость рождения адронов  $\pi^\pm, K^\pm, p$  в протон-ядерных взаимодействиях в области больших поперечных импульсов [5, 6]. Развита концепция  $z$ -скейлинга, базирующегося на фундаментальных принципах, для описания рождения частиц в  $pA$ -столкновениях. Построена скейлинговая

функция  $\psi$  для процесса инклюзивного рождения адронов (рис.7). Установлена энергетическая и угловая независимость функции  $\psi$  для различных ядер от D до Pb. Найдена зависимость параметра  $\alpha$ , определяющего масштабное преобразование,  $z \rightarrow \alpha z$ ,  $\psi \rightarrow \alpha^{-1}\psi$ , от атомного номера ядра-мишени. Свой-

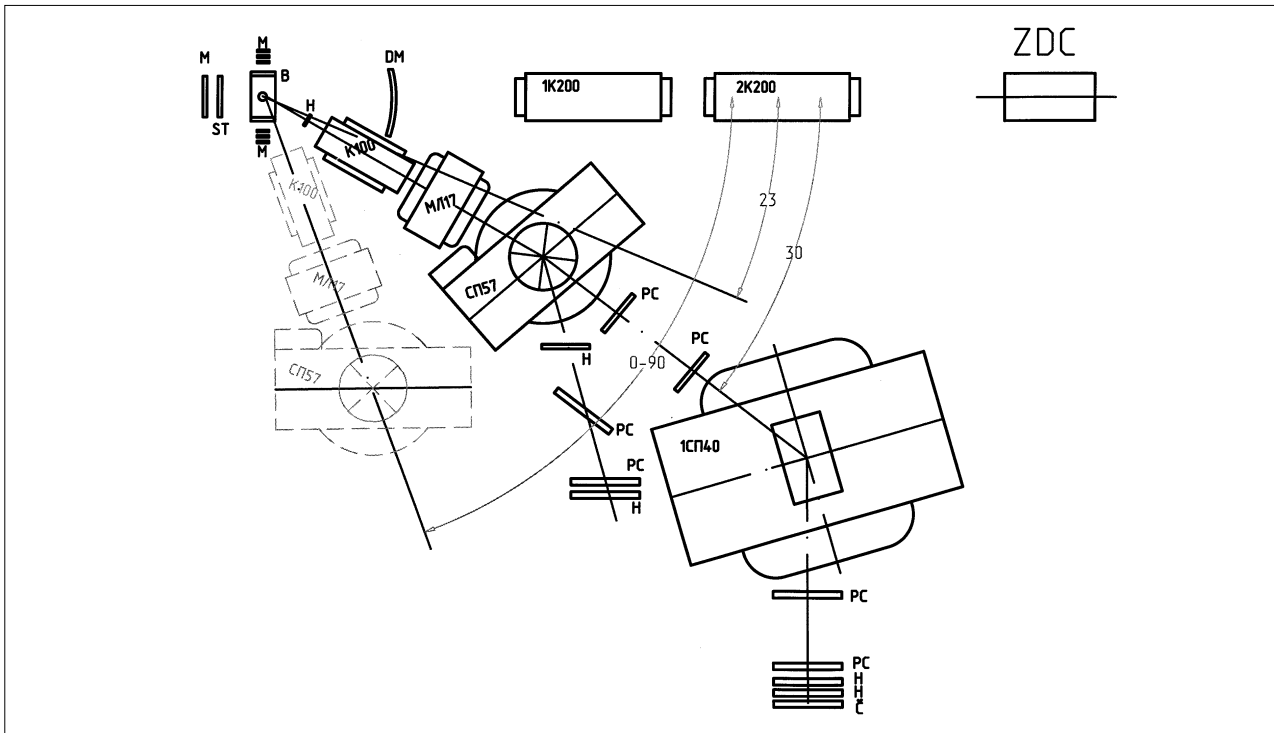


Рис.6. Схема установки МАРУСЯ

ства  $z$ -скейлинга использованы для предсказательных расчетов спектров рождения адронов  $\pi^\pm, K^\pm, p$  в центральной области ( $\eta=0$ ) при энергиях RHIC.

В рамках импульсного приближения рассмотрена связь между эффективным сечением зарядово-

менного развала быстрого дейтрона  $d + p \rightarrow (pp) + n$  с образованием двух протонов и спиновой структурой амплитуды перезарядки  $n + p \rightarrow p + n$ . С учетом ферми-статистики, сильного и кулоновского взаимодействий в конечном состоянии найдено распределе-

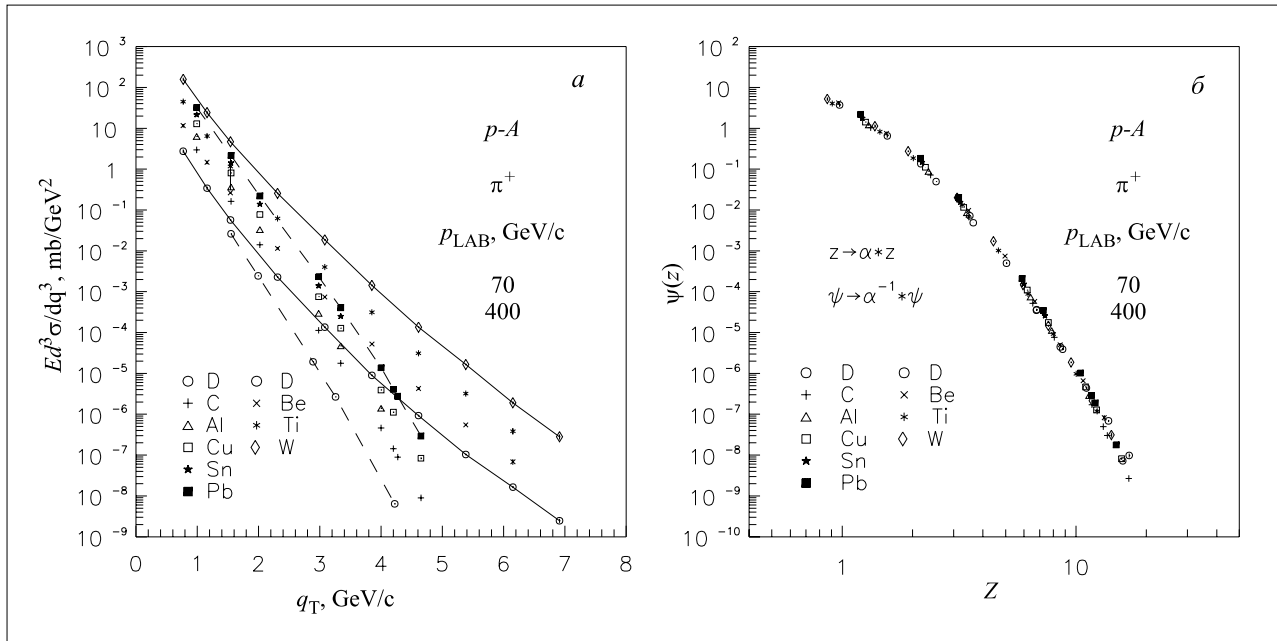


Рис.7. а) Инклюзивное сечение рождения  $\pi^+$ -мезонов в центральных ( $p-A$ )-взаимодействиях при энергии протона  $p_{lab}=70, 400$  ГэВ/с как функция поперечного импульса  $q_\perp$ . Сплошная и пунктирная линии получены фитированием экспериментальных данных для D, W и D, Pb соответственно. Экспериментальные данные получены группами Кронина и Суляева на установках в FNAL (Батавия) и ИФВЭ (Протвино). б) Соответствующее  $z$ -представление этих же данных

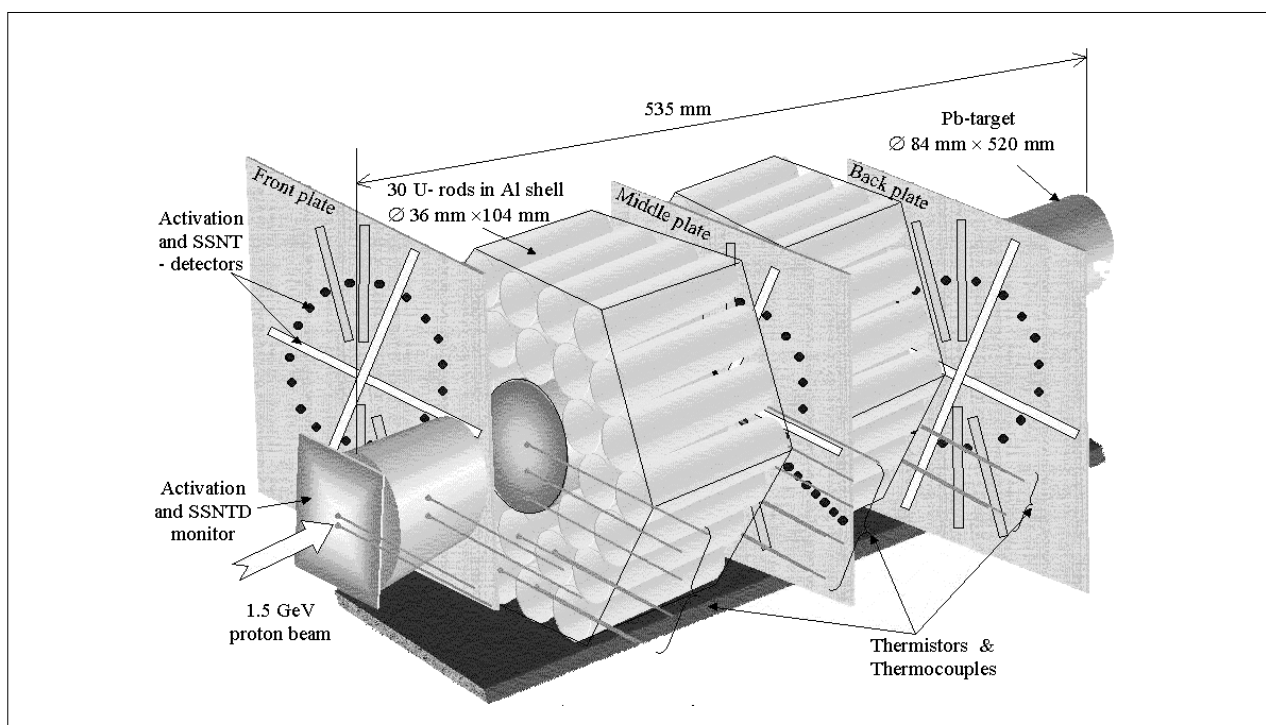


Рис.8. Блок-схема двухсекционной модели U/Pb-сборки (масштаб 1:30), в состав которой входят свинцовая мишень и бланкет из естественного урана

ние относительных импульсов двух протонов, рожденных в процессе  $d + p \rightarrow (pp) + n$  в направлении «вперед». Показано, что изучение этого процесса в пучке поляризованных дейтронов на поляризованной протонной мишени позволяет разделить два спин-зависающих члена в амплитуде перезарядки  $n + p \rightarrow p + n$ , один из которых не сохраняет, а другой сохраняет проекцию спина нуклона на направление импульса при переходе нейтрона в протон, и определить также разность фаз между ними. Работа выполнена в связи с программой экспериментальных исследований на нуклотроне ЛВЭ [7].

При анализе спиновых корреляций в системе двух тождественных частиц с малыми относительными импульсами получены соотношения, описываю-

щие угловые корреляции между направлениями продуктов распада двух тождественных нестабильных частиц (резонансов), в частности, угловые корреляции между импульсами протонов при распадах двух  $\Lambda$ -частиц по каналу  $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ , который является идеальным анализатором спина  $\Lambda$ -частицы. Рассмотрена возможность использования данных по угловым корреляциям в системе  $\Lambda\Lambda$  для экспериментальной проверки следствий квантово-механической когерентности, связанных с нарушением «классических» неравенств Белла.

Получены новые предсказания поведения сечений образования частиц в  $AA$ -взаимодействиях при ультрарелятивистских энергиях [16].

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены измерения температуры уранового образца, облучаемого вторичными нейтронами, образующимися в свинцовой мишени при взаимодействии с пучком протонов с энергией 1,5 ГэВ и средней интенсивностью  $3,9 \cdot 10^9$  протонов/с в течение 260 мин. Наблюдалось коррелированное с интенсивностью пучка изменение показаний термодатчиков на основе кварцевого резонатора. Оценка средней мощ-

ности, выделившейся в образце, сделанная на основе теплофизической модели, составляет 3,1 МВт и в пределах погрешности совпадает с величиной средней мощности  $3,4 \pm 0,5$  мВт, полученной на основе данных детектора осколков деления. Чувствительность измерительного канала составляет 1 мК.

В ноябре 1999 г. на протонном пучке синхрофазотрона был проведен очередной сеанс облучения тяже-

лых мишеней (установка «Гамма 2»). Основная задача сеанса — расширить набор облучаемых мишеней и ряд радиоактивных образцов для измерения сечений трансмутации. К традиционно используемым свинцовой и урановой мишеням была добавлена ртутная мишень, а к радиоактивным изотопам  $Np$ ,  $I$  и  $Am$  — изотоп  $Pu$ . Облучения проведены на протонном пучке с кинетическими энергиями 0,5 и 1,0 ГэВ для получения дополнительной информации по выяснению причин расхождения экспериментальных оценок выхода нейтронов в зависимости от энергии пучка (работы К.Руббиа и М.Зукера). Во время сеанса проводились методические исследования по мониторингу первичного пучка, включающие опреде-

ление интенсивности пучка, его профиля и других параметров. Ввиду сложности получения удовлетворительных размеров пучка на синхрофазотроне при низких энергиях (0,5 ГэВ) целесообразно повторение проведенных измерений на пучках нуклотрона.

Совместно со специалистами ВНИИАтомэнергомаш (Москва) завершена методическая проработка и техническое проектирование полномасштабного варианта U/Pb-сборки и ее модели. В ЦОЭП ЛВЭ изготовлена модель, состоящая из свинцовой мишени и бланкета из делящегося вещества (рис.8), которая в ноябре 1999 г. была экспонирована на протонном пучке синхрофазотрона при энергии 1,5 ГэВ.

## СОТРУДНИЧЕСТВО С ДРУГИМИ УСКОРИТЕЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ

В рамках работ по проекту STAR в 1999 г. в основном завершены работы по созданию и испытанию на пучке прототипов газового и сцинтилляционного детекторов максимума ливня для торцевого электромагнитного калориметра.

В 1999 г. был реализован совместный ЛВЭ–ЛФЧ и ЛВТА проект по созданию PCfarm (см. рис.9). Введены в эксплуатацию два интерактивных 4-процессорных управляющих компьютера (RS1 и RS2), четыре 2-процессорных компьютера для пакетной обработки данных (batch processing) на базе процессоров Intel Pentium-400, ленточное устройство ввода-вывода DLT 7000, проведен оптический канал для Fast Ethernet-связи, оборудованы 10 рабочих мест с терминалами на базе процессоров Celeron 333. Установлена память на жестких дисках объемом в 160 Гбайт. На комплексе установлено математическое обеспечение экспериментов STAR (STAF, ROOT4STAR), NA45 (LHC++, IRIS Explorer, Objectivity).

Введение комплекса PCfarm в эксплуатацию позволило выполнить в 1999 г. моделирование торцевого электромагнитного калориметра (ЕЕМС) в рамках пакета AgSTAR для новой геометрии детектора, предложенной специалистами IUCF (Индиана), для эксперимента STAR.

Исследованы основные характеристики ЕЕМС: распределение по поглощенной энергии, линейность отклика калориметра, пространственное и энергетическое разрешения. Установлено, что относительная линейность отклика для фотонов с энергией  $E_\gamma = 2,5 - 40$  ГэВ составляет  $\approx 1,5\%$ . Для выбранной конструкции ЕЕМС энергетическое разрешение для фотонов  $\sigma/E = 15,8/\sqrt{E}$  находится в соответствии с проектным.

В 1999 г. завершена модернизация установки CERES/NA45 с целью достижения разрешения по эффективной массе в области  $\rho/\omega$ -пика, сравнимого с собственной шириной  $\omega$ -мезона. Проведен первый эксперимент по изучению рождения электрон-позитронных пар во взаимодействиях ядер свинца с ядрами золота при энергии 40 ГэВ/нуклон.

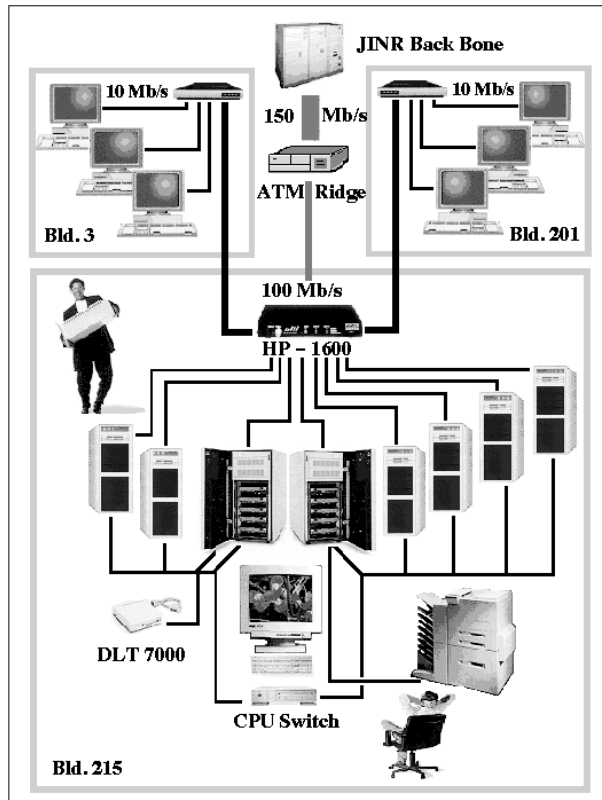


Рис.9. Вычислительный комплекс персональных компьютеров (PCfarm) создан в рамках совместного проекта ЛВЭ–ЛФЧ и ЛВТА



Проведен совместный **ОИЯИ–ЕрФИ эксперимент** по изучению развала дейтрона поляризованными фотонами, полученными на пучке линейно поляризованных электронов ереванского синхротрона [8]. В эксперименте использовалась уникальная криогенная установка с жидкодейтериевой мишенью, созданная в ЛВЭ. Получены новые данные (см. рис.10) по асимметрии  $\Sigma$ -процесса  $\vec{\gamma}d \rightarrow np$  при энергии фотонов  $E_\gamma = 0,9 - 1,7$  ГэВ/с и углах протонов, регистрируемых вблизи  $\theta_{cm} = 90^\circ$ . Установлено, что энергетическая зависимость  $\Sigma$  значительно отличается от асимптотического значения  $\Sigma = -1$  этого процесса, предсказываемого правилом кваркового счета.

**HADES.** Созданы и протестированы в лабораторных условиях 3 модуля многослойных дрейфовых камер с малым количеством вещества (low-mass drift chambers). Модули работают на газовой смеси Не-изобутан. Утечка газа не более  $15 \text{ см}^3$  в мин. Эффективность регистрации  $\sim 99\%$ , плато эффективности около 200 В (при тесте со  $^{90}\text{Sr}$ ). Два модуля вместе с полным комплектом считывающей электроники исследованы в GSI и интегрированы в спектрометр HADES. Проведенные в 1999 г. эксперименты на пучке с высокой интенсивностью заряженных частиц показали стабильную работу дрейфовых камер. Была достигнута хорошая корреляция трековой информации с MDC и TOF.

В ЛВЭ ОИЯИ в коллаборации с GSI на базе микросхемы ASD-8 разработана аналоговая электроника считывания (FEE) для дрейфовых камер спектрометра HADES. Электроника характеризуется высо-

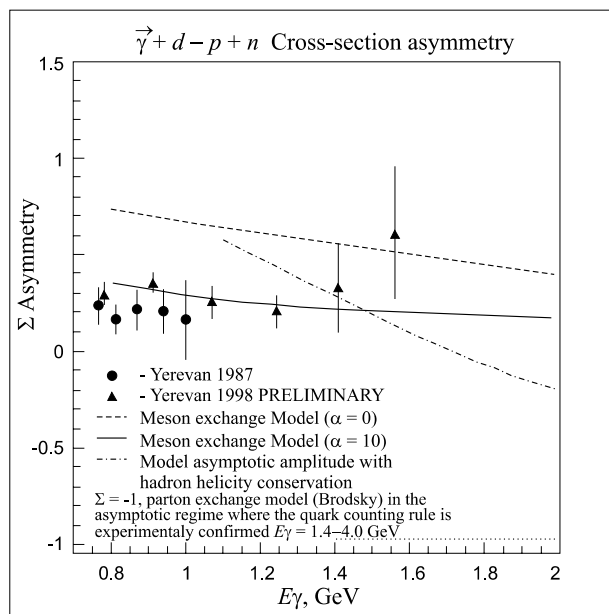


Рис.10. Асимметрия  $\Sigma$ -сечения фоторасщепления дейтронов в зависимости от энергии фотонов  $E_\gamma$  угла  $\theta_p = 90^\circ$  в с.с.м.

кой степенью интеграции и загрузочной способностью, имеет малую потребляемую мощность. После завершения mass-production около 2200 каналов аналоговой электроники были установлены для модуля MDC-2, которые были интегрированы в установку и использованы в экспериментах на пучке. Особое внимание уделялось подавлению шумов и наводок, возникающих при транспортировке сигналов на вход усилителей по неэкранированным кабелям длиной до 40 см. Для мониторинга аналоговых сигналов с дрейфовых камер, проводимого с целью контроля за их работой во время экспериментов на пучке, в ЛВЭ разработаны и изготовлены модифицированные платы FEE.

Разработана (в коллаборации с GSI) программа для поиска треков и реконструкции событий в системе дрейфовых камер спектрометра. Был предложен и реализован быстрый и эффективный алгоритм для нахождения треков многочастичных событий. Алгоритм позволяет выбрать достоверную информацию о треках на фоне около 1 миллиона возможных комбинаций. Тестирование этой программы в двух экспериментах на пучке показало высокую эффективность ее работы.

**Программа экспериментов с тяжелыми ионами на CMS.** В рамках участия физиков ЛВЭ в разработке программы экспериментов с тяжелыми ионами коллаборации CMS на LHC выполнено моделирование ядро-ядерных соударений [9]. Было изучено влияние эффектов гашения струй и партонного экранирования на распределение зарядовой множественности по псевдобыстроте. Показано, что при столкновении тяжелых ядер в распределениях зарядовой множественности наблюдается подъем в центральной области по псевдобыстроте, обусловленный эффектом гашения партонных струй в плотной ядерной среде

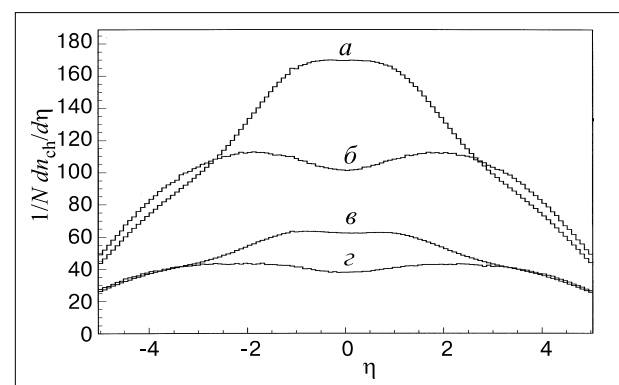


Рис.11. Распределение зарядовой множественности по псевдобыстроте в Pb-Pb-взаимодействиях для следующих возможных сценариев ядро-ядерных столкновений: а) с учетом эффекта гашения струй ( $JQ$ ) и без учета партонного экранирования ( $PS$ ); б) без учета  $JQ$  и  $PS$ ; в) с учетом  $JQ$  и  $PS$ ; г) с учетом  $PS$  и без учета  $JQ$  ( $\sqrt{s} = 5$  ТэВ/нуклон)

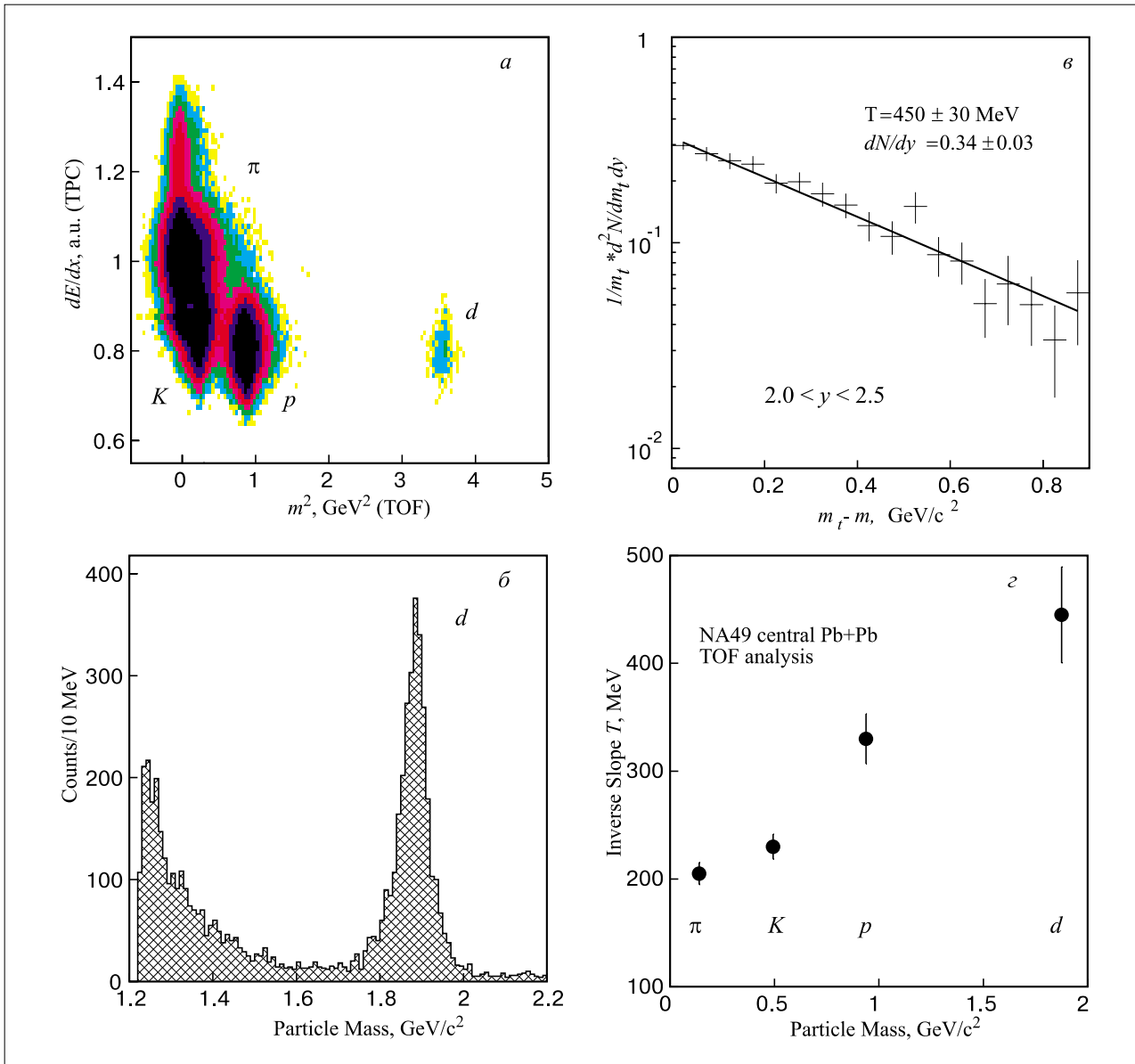


Рис.12. а) Идентификация частиц по измерениям времени пролета и  $dE/dx$ . б) Распределение по инвариантной массе при  $p=3-10$  ГэВ/с. в) Распределение по поперечной массе  $m_t$  дейтронов при центральных столкновениях ядер Pb+Pb при 158 А ГэВ. г) Параметр наклона  $T$  спектров по поперечной массе для различных адронов в центральных столкновениях ядер Pb+Pb при 158 А ГэВ

(рис.11). Подобное поведение подтверждается расчетами, выполненными в рамках моделей HIJING, VNI, FRITIOF. На основании простейшей модели вторичного перерассеяния было продемонстрировано, что любое вторичное взаимодействие приводит к формированию центрального максимума в распределениях глобальных переменных.

С помощью модели ядро-ядерных взаимодействий HIJING было исследовано влияние эффектов партонного экранирования на распределения глобальных переменных (полной поперечной энергии и зарядовой множественности). В случае взаимодействия ядер при энергиях 5 ТэВ/нуклон эффект экра-

нирования приводит к значительному падению сечения рождения партонных мини-струй (примерно в 4 раза при PbPb-столкновениях), что приводит, в свою очередь, к уменьшению потоков полной поперечной энергии и зарядовой множественности в 2,8 и 3,3 раза соответственно. Учет масштабной эволюции ядерной структурной функции по  $Q^2$  ослабляет эффект экранирования (в 2 раза для PbPb-взаимодействий). Установлено, что глобальные переменные не чувствительны к разным наборам нуклонных структурных функций в рамках исследованных моделей партонного экранирования.

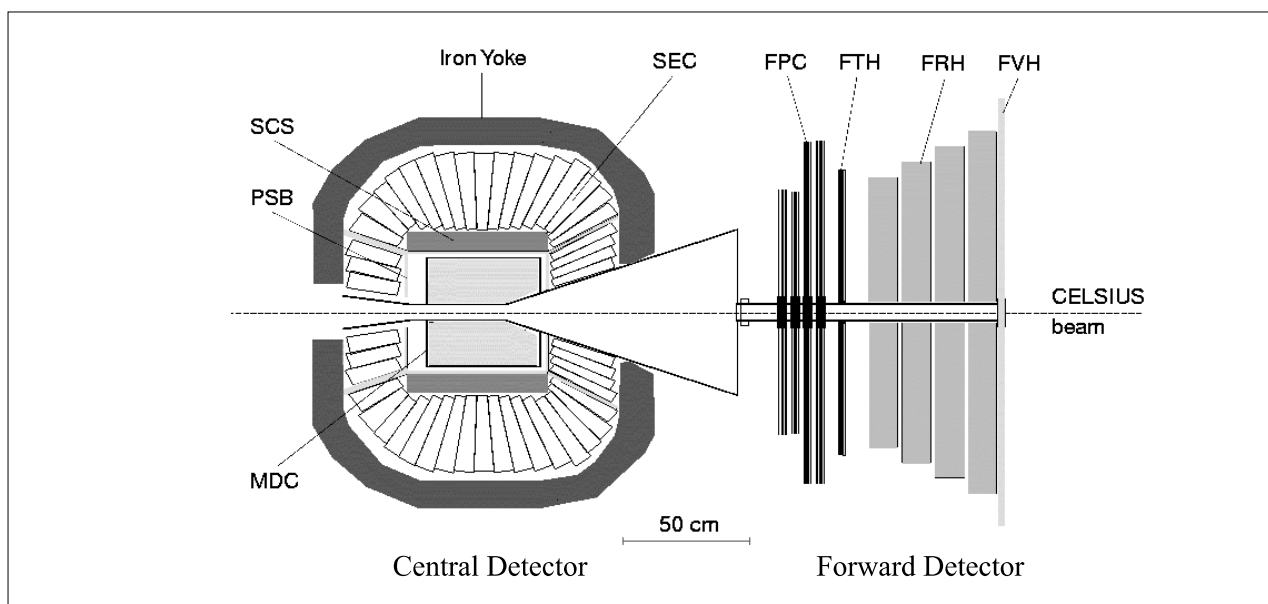


Рис.13. Схема установки WASA

ОИЯИ принимает активное участие в проекте NA49 (ЦЕРН) с 1994 г. Основной вклад сотрудников ОИЯИ в эксперимент — создание 900-канального времяпролетного детектора. Большой акцептанс и возможность идентификации частиц в эксперименте NA49 позволяют изучать рождение адронов в широком энергетическом диапазоне.

Первоначальная программа, нацеленная на поиск проявлений кварк-глюонной плазмы в центральных столкновениях ядер свинца, была затем расширена для изучения систематики ядерных взаимодействий при разных прицельных параметрах, размерах систем и энергиях, с включением более элементарных ( $p + p$ )- и ( $p + A$ )-взаимодействий. В рамках этой программы коллаборация NA49 осуществила в 1999 г. набор большого объема информации в экспериментах на ускорителе SPS в пучках протонов 158 ГэВ и 40 А ГэВ ядер Pb и вторичных пучков 40 А ГэВ ядер C и Si (около 4 млн событий).

Физики ОИЯИ также участвуют в обработке и анализе физической информации, связанной с изучением рождения заряженных пионов, каонов, протонов и дейтронов и их античастиц. Последняя работа связана с изучением рождения дейтронов в центральных столкновениях Pb + Pb при 158 А ГэВ.

Интерес к изучению рождения легких ядер связан с тем, что эти процессы чувствительны к пространственно-временному распределению области взаимодействий. Рождение легких ядер позволяет изучать механизм образования сложных ядер, температуру freeze-out, размер области взаимодействия и эффект коллективного расширения при столкновении

ядер. Рисунок 12 иллюстрирует некоторые результаты дейтронного анализа.

**Проект WASA.** Физическая программа коллаборации WASA/CELSIUS нацелена на исследование редких явлений в процессах рождения и распада легких мезонов с помощью установки WASA на ускорительно-накопительном кольце CELSIUS в Уппсале (Швеция). Основной задачей коллаборации в 1999 г. была подготовка новой 4π-детекторной установки WASA к эксплуатации в режиме набора данных, с тем чтобы начать набор информации весной 2000 г. WASA — детектор с корпускулярной мишенью (pellet target) открывает возможность исследования процессов, идущих с сечениями, близкими к пикобарному уровню [10].

В 1999 г. все узлы центрального (CD) и переднего (FD) детекторов были полностью установлены, отлажены и частично протестированы на пучке. Среди них такие компоненты, как созданная в Дубне мини-дрейфовая камера центрального детектора (MDC) с 1738 дрейфовыми трубками [11], электромагнитный калориметр (SEC), содержащий 1012 CsI(Na)-модулей [12], сверхпроводящий соленоид (SCS), сцинтилляционный пластик-баррель (PSB), 16 плоскостей трекера переднего детектора (FPC) и другие узлы. Управляемые компьютером системы высоковольтного питания для детекторов MDC и SEC установлены и протестированы. Эти системы были разработаны и изготовлены в ЛВЭ ОИЯИ. Одновременно готовилось и отлаживалось необходимое электронное обеспечение, триггеры и система сбора данных [13], а также проводилось изучение отдельных каналов распада методом Монте-Карло. На основе общего метода рас-

познавания треков, разработанного в ЛВЭ ОИЯИ, в Уппсале подготовлена рабочая программа реконструкции треков в магнитном поле центрального детектора.

## КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ

В 1999 г. с участием ЛВЭ было организовано несколько научных конференций.

Четвертое рабочее совещание международного комитета по использованию поляризованной мишени состоялось в Лаборатории высоких энергий 16 января. Оно проводилось в рамках договоренности между пятью институтами из России, Украины, Италии и Франции об использовании поляризованной мишени в качестве базовой установки в ЛВЭ. Программа совещания включала доклады о проделанной за год работе по усовершенствованию мишени и планах ее модернизации в текущем году, о результатах проведенных измерений и предложениях новых экспериментов.

Международное рабочее совещание «Коллаборация EMU01 и перспективы использования фотоэмюльсий в экспериментах на пучках релятивистских ядер нуклотрона» было организовано Лабораторией высоких энергий 18–20 мая. В нем приняли участие ученые ОИЯИ, стран-участниц Института, Египта, Индии, Китая, Швеции. На совещании рассмотрены вопросы постановки новых экспериментов на выведенных пучках нуклотрона и других ускорителях мира (ЦЕРН, Брукхейвен) с использованием фотоэмюльсионной методики.

14–18 июня в Словакии (Стара Лесна) проходило международное рабочее совещание «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ», организованное Объединенным институтом ядерных исследований и Физическим институтом Словацкой академии наук. Программа совещания охватывала широкий

Параллельно с отладкой 4π-установки WASA продолжались работы по анализу данных, полученных коллаборацией в 1996–1998 гг. [14,15].

круг проблем релятивистской ядерной физики и развития экспериментальной техники:

- исследования взаимодействий релятивистских ядер на пучках ускорительного комплекса синхрофазотрон–нуклотрон (ЛВЭ ОИЯИ);
- развитие ускорительного комплекса ЛВЭ, использование пучков нуклотрона для исследований структуры ядра;
- эксперименты на ускорителях в ЦЕРН (SPS, LHC), HADES в GSI (Дармштадт);
- прикладные исследования.

С 26 по 29 октября 1999 г. в Дубне состоялся международный семинар «Моделирование электроядерного способа получения энергии и изучение трансмутации радиоактивных отходов на пучках синхрофазотрона–нуклотрона ОИЯИ». Председатель оргкомитета семинара — академик А.М.Балдин. Программа семинара включала более 50 докладов по следующим темам: энерговыделение и энергозатраты на генерацию одного нейтрона; коэффициент усиления мощности; размножение и баланс нейтронов в зависимости от параметров пучка, изотопного и композиционного составов blankets и мишени-конвертора; трансмутация радиоактивных отходов атомной энергетики; оптимальные характеристики многоцелевых электроядерных установок, а также выработка практических рекомендаций по созданию прототипа трансмутационной установки; тестирование и совершенствование вычислительных методов и программ моделирования электроядерных процессов и установок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Artemov A.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1999, No.2[94]-99, p.25.
2. Артемов А.С. и др. — *Сообщение ОИЯИ P1-99-128*, Дубна, 1999.
3. Biino C. et al. — *Deflection of 33 TeV/c fully stripped Pb ions by means of a bent Si crystal; to be published in «Nucl. Instr. Meth. B».*
4. Шаров В.И. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1999, № 4[96]-98, с.5.
5. Zborovsky I. et al. — *Phys. Rev.*, 1999, v.C59, p.2227.
6. Tokarev M.V. et al. — *JINR Preprint E2-99-113*, Dubna, 1999.
7. Glagolev V.V., Lyuboshitz V.L. et al. — *JINR Communications E1-99-280*, Dubna, 1999.

8. Adamian F. et al. — Preprint YERPHI-1541(15)-99.
9. Савина М.В. и др. — ЯФ, 1999, т.62, № 12, с.1.
10. The WASA/CELSIUS Collaboration. Dubna–Julich–Moscow–Novosibirsk–Tsukuba–Tubingen–Uppsala–Warsaw. The WASA Detector at CELSIUS. In: Proc. of the XV Particles and Nuclei International Conference (PANIC), June 10–16, 1999, Uppsala, Sweden, p.593.
11. Morosov B. et al. — For the WASA/CELSIUS Collaboration. Dubna–Julich–Moscow–Novosibirsk–Tsukuba–Tubingen–Uppsala–Warsaw. A Mini Drift Chamber for the WASA Detector. In: Proc. of the XV Particles and Nuclei International Conference (PANIC), June 10–16, 1999, Uppsala, Sweden, p.559.
12. Kupsc A. et al. — For the WASA/CELSIUS Collaboration. Dubna–Julich–Moscow–Novosibirsk–Tsukuba–Tubingen–Uppsala–Warsaw. An Electromagnetic Calorimeter for the WASA Facility. In: Proc. of the XV Particles and Nuclei International Conference (PANIC), June 10–16, 1999, Uppsala, Sweden, p.561.
13. Gustafsson L. et al. — For the WASA/CELSIUS Collaboration. Dubna–Julich–Moscow–Novosibirsk–Tsukuba–Tubingen–Uppsala–Warsaw. The WASA Data Acquisition System. In: Proc. of the XV Particles and Nuclei International Conference (PANIC), June 10–16, 1999, Uppsala, Sweden, p.593.
14. Calen H. et al. — Phys. Lett., 1999, v.B458, p.190.
15. Betsch A. et al. — Phys. Lett., 1999, v.B446, p.179.
16. Malakhov A.I. — Relativistic multiparticle processes in the central rapidity region at asymptotically high energies in nuclear collisions. In: Proc. of the 29th Intern.Confer. on High Energy Physics, Vancouver, Canada, 23–29 July, 1998, editors Astburg A. et al. World Scientific, p.1497.

# ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

В 1999 г. деятельность ЛФЧ была сосредоточена на проведении текущих экспериментов в области физики частиц, подготовке новых экспериментов, разра-

ботке, создании и исследовании детекторов частиц, а также различных ускорительных систем.

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ПУЧКАХ ИФВЭ (ПРОТВИНО)

В рамках темы **OSCAR** на установке **EXCHARM** [1] продолжается изучение образования очарованных барионов в нейтрон-ядерных взаимодействиях. Эксперимент EXCHARM является развитием научной программы исследований, проводимых на ускорителе У-70 в Протвино и включающих в себя:

- поиск образования экзотических состояний в адронных реакциях;
- изучение адронного образования странных и очарованных частиц, включая поляризационные явления;
- изучение характеристик одиночного и парного рождения  $\phi$ -мезонов, а также нарушения правила ОЦИ.

Наблюден четкий (около 5 стандартных отклонений) сигнал от распада  $\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-$  в области массы  $\Lambda_c^+$  (см. рис.1). Обнаружено  $(124 \pm 20)$  событий парного рождения  $\phi$ -мезонов в нейтрон-углеродных ( $nC$ ) взаимодействиях. Вычисленное сечение парного рождения  $\phi$ -мезонов равно

$$\sigma = (12,9 \pm 3,0 \text{ (стат.)} \pm 1,3 \text{ (сист.)}) \text{ мкб/нуклон.}$$

Нижняя граница отношения сечения процессов, запрещенных правилом ОЦИ, к полному сечению парного рождения  $\phi$ -мезонов, полученная в этом экспе-

рименте, равна 0,09 на уровне достоверности 95 % [2].

Измерены инклюзивные сечения рождения странных резонансов  $K^{*\pm}(892)$  в  $nC$ -взаимодействиях:

$$\begin{aligned} \sigma(nN \rightarrow K^*(892)^+ X) = \\ = (0,433 \pm 0,018 \text{ (стат.)} \pm 0,016 \text{ (сист.)}) \text{ мкб/нуклон,} \end{aligned}$$

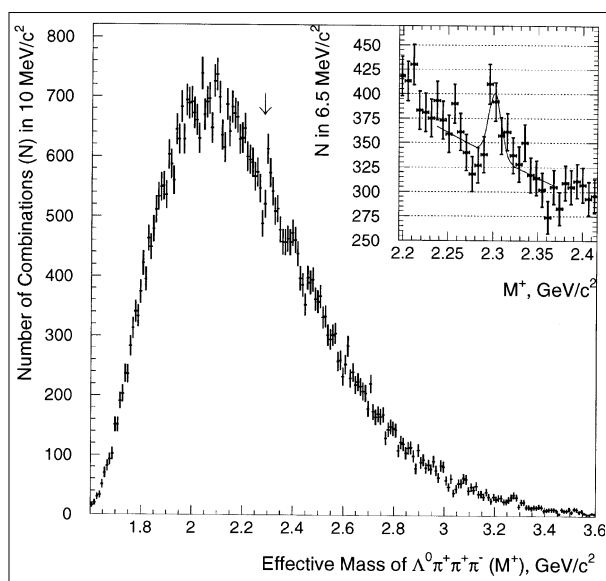


Рис.1. Сигнал от распада  $\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-$  в районе массы  $\Lambda_c^+$

$$\sigma(nN \rightarrow K^*(892)^- X) = \\ = (0,252 \pm 0,013(\text{стат.}) \pm 0,017(\text{сист.})) \text{ мкб/нуклон.}$$

Рассмотрен ряд параметризаций инвариантного дифференциального сечения, для которых определены экспериментальные значения параметров [3].

Проведены новые точные измерения элемента  $\rho_{00}$  спиновой матрицы плотности  $K^*(892)^\pm$ -мезонов, рожденных инклюзивно в  $nC$ -взаимодействиях [4]. Значения  $\rho_{00}$  в поперечной системе равны

$$0,424 \pm 0,011(\text{стат.}) \pm 0,018(\text{сист.}) \text{ для } K^{*+}(892) \text{ и} \\ 0,393 \pm 0,025(\text{стат.}) \pm 0,018(\text{сист.}) \text{ для } K^{*-}(892).$$

Получены новые точные данные по поляризации  $\Lambda$ -гиперонов, рожденных в  $nC$ -взаимодействиях в кинематической области  $0,1 \leq x_F \leq 0,6$  и  $0,2 \leq p_t \leq 1,2$  [5]. Поляризация имеет практически линейную зависимость при  $p_t \leq 1$  ГэВ/с и фиксированном  $x_F$ . Поляризация практически линейно растет от  $x_F$  при фиксированном  $p_t$ .

## СОТРУДНИЧЕСТВО С ЦЕРН

На детекторе **NA48**, в создание которого ОИЯИ внес значительный вклад, получен новый результат по точному измерению отношения  $\epsilon'/\epsilon$ , которое характеризует прямое  $CP$ -нарушение в распадах  $K^0$ -мезонов по каналам  $\pi^+\pi^-$  и  $\pi^0\pi^0$ . На основе данных 1998 г. измерено значение  $\epsilon'/\epsilon$  [6]:

$$\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (18,5 \pm 4,5(\text{стат.}) \pm 5,8(\text{сист.})) \cdot 10^{-4}.$$

Группа сотрудников ОИЯИ внесла существенный вклад в окончательный анализ экспериментальных данных, включая определение коррекций к полученным величинам и оценку систематической ошибки. Наблюдено 6864 распада  $K_L \rightarrow e^+e^-\gamma$  с оценкой фона на уровне 10 событий [7]. Отношение вероятностей распадов

$$\Gamma(K_L \rightarrow e^+e^-\gamma) / \Gamma(K_L \rightarrow \text{все}) = \\ = (1,06 \pm 0,022(\text{стат.}) \pm 0,020(\text{сист.})) \cdot 10^{-5}.$$

Измерен параметр  $\alpha_{K^*}$ , описывающий относительную величину двух амплитуд этого распада через промежуточные псевдоскалярные или векторные мезоны:

$$\alpha_{K^*} = -0,357 \pm 0,060.$$

Выполнено новое точное измерение массы  $\Xi^0$ -гиперона. Получено значение [8]

$$m_{\Xi^0} = (1314,82 \pm 0,06(\text{стат.}) \pm \\ \pm 0,20(\text{сист.})) \text{ МэВ}/c^2.$$

Измерены также парциальные вероятности радиационных распадов  $\Xi^0$ :

$$\text{Br}(\Xi^0 \rightarrow \Lambda\gamma) = (1,90 \pm 0,34(\text{стат.}) \pm \\ \pm 0,19(\text{сист.})) \cdot 10^{-3},$$

$$\text{Br}(\Xi^0 \rightarrow \Sigma^0\gamma) = (3,14 \pm 0,76(\text{стат.}) \pm \\ \pm 0,32(\text{сист.})) \cdot 10^{-3}.$$

Исследована поляризация  $\Lambda$ -гиперонов, рожденных в неупругих  $pN$ -взаимодействиях протонами с энергией 450 ГэВ [9].  $\Lambda$ -гипероны были зарегистрированы при фиксированном угле рождения 4,2 мрад в интервале импульсов 50–200 ГэВ/с. Поляризация меняется от  $-0,053 \pm 0,034$  до  $0,298 \pm 0,074$  для поперечного импульса  $\Lambda$  в интервале от 0,028 до 0,86 ГэВ/с. Поляризация  $\Lambda$  совместима с нулем. Найдены два события — кандидата в распад легких глюино при наблюдении распада  $\eta \rightarrow 3\pi^0$  с большим поперечным импульсом [10].

На основе безразмерных параметров разработано формализованное описание пространственного заряда в ионизационных камерах и ливневых детекторах, применимое в широком диапазоне условий эксплуатации [11]. Результаты вычислений сравнены с наблюдениями во время эксплуатации жидкокриптонового калориметра в эксперименте NA48.

Проведен сеанс по набору данных в 1999 г. с активным участием сотрудников ОИЯИ; набрано около  $2,5 \cdot 10^6$   $CP$ -нарушающих распадов  $K_L^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ . Группа сотрудников ОИЯИ поддерживала on-line мониторинг качества данных в течение сеанса. Получены первые результаты, основанные на данных 1998 г.

В соответствии с обязательствами ОИЯИ по созданию установки **ATLAS**, ЛФЧ участвует в создании жидкоаргонового адронного торцевого калориметра и связанных с ним подсистем детектора. Группа ЛФЧ активно работает по следующим направлениям:

- изготовление серийных модулей переднего кольца адронного калориметра;
- исследование радиационной стойкости материалов и электроники, которую предполагают использовать в жидкоаргоновых калориметрах установки ATLAS, изучение возможного загрязнения жидкого аргона из-за облучения материалов;

- участие в разработке физической программы исследований на установке ATLAS, моделировании процессов и анализе экспериментальных данных;
- разработка и создание системы измерения температуры жидкого аргона;
- разработка и создание части электроники считывания, ответственной за компенсацию разности емкостей элементов системы сбора ионизации адронного калориметра.

В центральных мастерских ОИЯИ были изготовлены медные поглотители и сборочные элементы модулей из нержавеющей стали для четырех серийных модулей. Первый серийный модуль, изготовленный в ОИЯИ, был отправлен в ЦЕРН и исследовался на тестовом пучке ускорителя SPS.

На реакторе ОИЯИ ИБР-2 выполнен большой объем работ по исследованию свойств материалов и электроники при воздействии мощных потоков нейтронов (до  $10^{16}$  н/см<sup>2</sup>). Последняя и окончательная версия GaAs-предусилителей продемонстрировала стабильность и независимость от облучения потоками нейтронов (до  $3 \cdot 10^{14}$  н/см<sup>2</sup>) и гамма-квантов (до 31 кГр) таких характеристик, как время нарастания сигнала, линейность и передаточная функция предусилителя. Загрязнение жидкого аргона, которое может возникнуть из-за облучения конструкционных материалов калориметров детектора ATLAS потоком нейтронов до  $1,5 \cdot 10^{16}$  н/см<sup>2</sup>, было измерено на специально созданной установке на реакторе ИБР-2. Многочисленные исследования показали, что уровень возможного загрязнения жидкого аргона не превышает 2 ppm.

В рамках программы изучения физики *t*-кварка группа ОИЯИ занималась процессами одиночного рождения *t*-кварка. Было проведено полное моделирование процессов в детекторе ATLAS и изучена топология генерированных событий. Определены критерии выделения изучаемых процессов из фоновых. Показано, что процесс одиночного рождения *t*-кварка можно изучать с хорошей статистической достоверностью. Как элемент цепи электроники была разработана принципиальная схема и изготовлена первая группа предформирователей. Их качество и характеристики были исследованы на пучке SPS ЦЕРН для сборки из 6 серийных модулей адронного калориметра. Показано, что разработка и исполнение электроники были успешны.

Основная деятельность ЛФЧ в рамках проекта CMS была сосредоточена на исследовании характеристик и разработке конструкции отдельных детекторов, входящих в состав передней торцевой части установки. Ответственность за создание этой части

установки полностью несет ОИЯИ в рамках коллаборации России и стран-участниц ОИЯИ (RDMS). Главной задачей являлась оптимизация отдельных подсистем станции вперед летящих мюонов ME1/1 с точки зрения их массового производства. Завершен анализ экспериментальных данных, полученных с прототипа станции P4 ME1/1 для исследования характеристик стриповых камер с катодным считыванием (СККС) [12]. Результаты получены с новыми катодными и анодными усилителями, разработанными и изготовленными в коллаборации с Республикой Белоруссией. Показано, что основные параметры CSC: координатное, временное разрешения и эффективность реконструкции треков, удовлетворяют требованиям эксперимента CMS. Проведено моделирование работы аналоговой памяти для считывания информации со стрипов. Показано, что оптимальное количество точек измерения на сигнале, необходимое для точного восстановления его максимальной амплитуды, равно 6–8 для периода выборки 50 нс. Завершена работа по реконструкции мюонных треков на основе робастного метода, позволяющего восстановить мюонный трек с точностью 40 мкм, что в 1,5 раза лучше, чем при использовании метода наименьших квадратов.

ОИЯИ координирует деятельность коллаборации RDMS CMS по конструированию и созданию адронного торцевого калориметра (HE) и несет полную ответственность за его поглотитель. Полномасштабный прототип HE-калориметра совместно с двумя американскими прототипами установлен на «подвижном столе» тестового пучка H2 SPS в ЦЕРН.

Совместно с ЦЕРН и НИИМВ (г.Зеленоград) разработана топология стриповых кремниевых детекторов и начато изготовление их первой серийной партии. Продолжаются исследования радиационной стойкости полномасштабных кремниевых детекторов при облучении быстрыми нейтронами и протонами с энергией 24 ГэВ. На пучке H4 электронов с энергией в интервале 15–180 ГэВ в ЦЕРН проведены исследования прототипа предливневого детектора совместно с модулем электромагнитного калориметра, который представляет из себя матрицу из  $5 \times 5$  WO-кристаллов.

Экспериментально проверена работа схем «Катод-1м» и «Анод-1м» со схемой восстановления базовой линии при нагрузках от 1 до 10 МГц на канал. Создан полномасштабный макет камеры с комплектом считывающей катодной и анодной электроники. Проработаны вопросы компоновки, охлаждения и питания этой электроники, а также вариант размещения кабелей и коммуникаций на камере.

Продолжались исследования возможности использования событий с образованием прямых фото-



нов при столкновениях протонов и одной адронной струи для калибровки адронного калориметра. Показано, что эти события могут быть использованы для определения с хорошей точностью глюонной компоненты структурной функции протона в области малых значений  $x_F$  и больших значений квадрата переданного импульса, являющейся дополнительной областью к той, которая исследована в экспериментах на ускорителе HERA в DESY. Проведено моделирование работы триггера первого уровня для соударений тяжелых ионов.

Спектрометр **COMPASS (NA58)** был разработан для проведения серии экспериментов с мюонами высоких энергий и адронными пучками. В 1999 г. в пределах выделенных ресурсов продолжались работы по выполнению обязательств ОИЯИ по созданию различных детекторов установки COMPASS. Модули адронного калориметра HCAL1, ответственность за создание которого полностью несет ОИЯИ, были собраны в Дубне и доставлены в ЦЕРН для испытаний на пучке. Всего было перевезено 500 модулей, из которых 300 были испытаны в 1999 г. Подвижная платформа для размещения модулей HCAL1 спроектирована в Румынии по контракту с ОИЯИ. Чертежи платформы прошли экспертизу в ЦЕРН, и начато ее изготовление.

С учетом результатов испытаний прототипа straw-трубок, проведенных в 1998 г., показавших высокую эффективность (>99%) и хорошую пространственную точность (120 ± 150 мкм), были подготовлены чертежи и начато создание зоны для массового производства дрейфовых straw-камер. Эти камеры (15 плоскостей) войдут в состав трековой straw-станции, расположенной в спектрометре COMPASS после первого магнита. Специалисты ОИЯИ участвуют в ревизии и подготовке к работе многопроволочных

пропорциональных камер, входящих в состав трекового детектора большой площади, располагающегося перед и за вторым магнитом спектрометра COMPASS. Проведены испытания камер с новым газом на основе CF<sub>4</sub> и новой быстрой электроникой.

Внутри коллаборации проведено и согласовано концептуальное и техническое проектирование детектора мюонов MW1, за создание которого также полностью отвечает ОИЯИ. Образцы пропорциональных трубок для двух плоскостей трековых камер мюонного детектора изготовлены в Опытном производстве ОИЯИ и испытаны в ЦЕРН. Также разработаны образцы усилителей и дискриминаторов для электроники считывания информации с детектора.

Дубненская группа участвует в оптимизации и подготовке программного обеспечения эксперимента COMPASS. Группа внесла существенный вклад в следующие исследования:

- определение эффективности регистрации и восстановления распадов  $\Lambda$ - и  $\Lambda$ -гиперонов;
- определение эффективности алгоритмов поиска и восстановления первичных и вторичных вершин;
- оценка фонов от распадов  $K$ -мезонов и  $\Sigma$ -гиперонов;
- оптимизация конструкции straw-камер;
- моделирование и анализ данных сеансов калибровки калориметра HCAL1;
- подготовка моделирующей программы SOMGEANT, а также программы реконструкции событий;
- развитие алгоритмов для вычислений инклюзивных и полуинклюзивных сечений;
- оптимизация расположения многопроволочных пропорциональных камер для трекового детектора большой площади вдоль трассы установки.

## СОТРУДНИЧЕСТВО С DESY

Дубненская группа принимала активное участие в наборе экспериментальных данных и их анализе, а также в профилактическом ремонте системы вершинных мини-дрейфовых камер (DVC), расположенных в передней части спектрометра установки **HERMES**. Группа из ЛФЧ выполняла техническое обслуживание камер DVC, обеспечив их стабильную работу с высокой эффективностью (98–99%) и высоким пространственным разрешением (~200 мкм). Физики ЛФЧ принимали участие в анализе экспериментальных данных, набранных в 1996 и 1997 годах,

с целью извлечения  $Q^2$ -зависимости обобщенного интеграла Герасимова–Дрелла–Херна на протоне в резонансной области при  $W^2 > 1 \text{ ГэВ}^2$ .

Измерены спиновые асимметрии полуинклюзивных сечений рождения положительно и отрицательно заряженных адронов в глубоконеупругом рассеянии поляризованных позитронов на поляризованных <sup>1</sup>H- и <sup>3</sup>He-мишенях в кинематическом диапазоне  $0,023 < x < 0,6$  и  $1 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 10 \text{ ГэВ}^2$  [13] (см. рис.2).

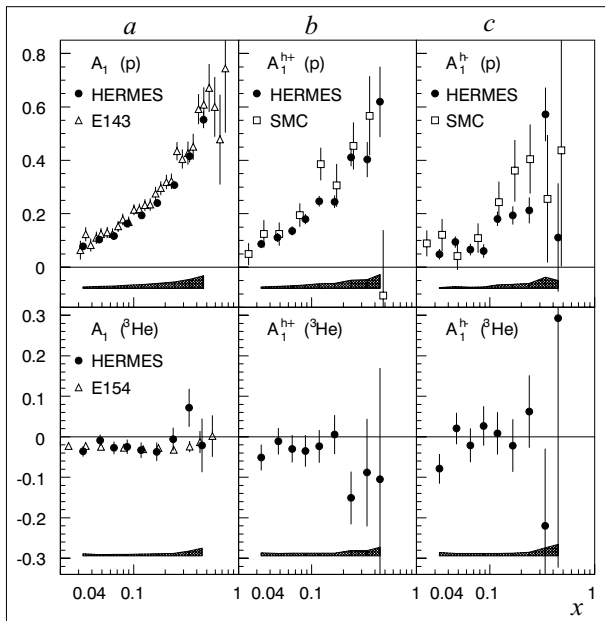


Рис.2. Инклюзивные (а) и полуинклюзивные асимметрии для положительно (б) и отрицательно (в) заряженных адронов, измеренные в экспериментах на протонной (верхний ряд рисунков) и  $^3\text{He}$  (нижний ряд) мишенях. Инклюзивные асимметрии сравниваются с результатами SLAC для отношения  $g_1/F_1$  ( $\Delta$ )

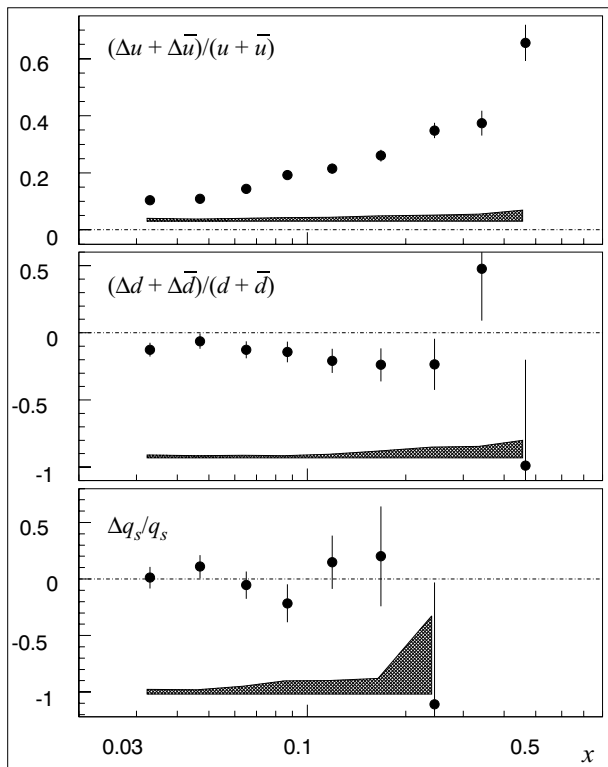


Рис.3. Ароматические составляющие  $(\Delta u(x) + \Delta \bar{u}(x)) / ((u(x) + \bar{u}(x)))$ ,  $(\Delta d(x) + \Delta \bar{d}(x)) / ((d(x) + \bar{d}(x)))$  и  $\Delta q_s(x) / q_s(x)$  кварковой поляризации в зависимости от  $x$ , извлеченные в эксперименте HERMES из инклюзивных и полуинклюзивных асимметрий

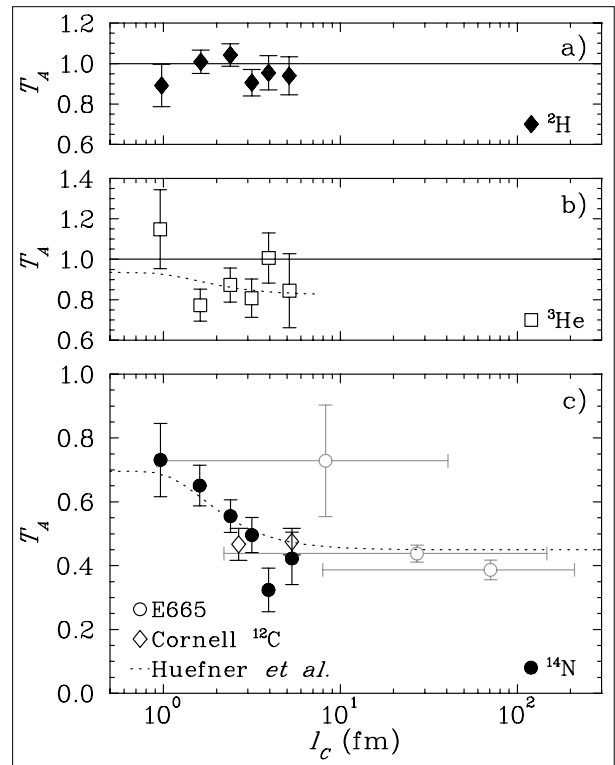


Рис.4. Ядерная прозрачность  $T_A$  в зависимости от  $l_c$  для различных мишеней: а)  $^2\text{H}$  ( $\bullet$ ), б)  $^3\text{H}$  ( $\circ$ ) и в)  $^{14}\text{N}$  ( $\diamond$ ). Полосы ошибок включают статистические и систематические (от точки к точке) неопределенности, суммируемые квадратично

Поляризованные кварковые распределения извлечены как функции  $x$  для «up» ( $u + \bar{u}$ )- и «down» ( $d + \bar{d}$ )-ароматов. Поляризация up-кварка — положительна, down-кварка — отрицательна, а поляризация морских кварков совместима с нулем (см. рис.3). Изоспиновая несинглетная комбинация согласуется с предсказанием, основанным на правиле сумм Бьеркена. Моменты поляризованных кварковых распределений согласуются с предсказаниями, основанными на ароматической  $SU_3$ -симметрии, и с предсказаниями КХД на решетках.

Изучено эксклюзивное некогерентное электроорождение  $\rho^0(770)$ -мезона на мишенях  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$  и  $^{14}\text{N}$  для квадратов переданного импульса  $Q^2 > 0,4 \text{ ГэВ}^2$  и потерь энергии позитронов пучка в пределах от 9 до 20 ГэВ [14]. Было обнаружено, что отношение сечений  $^{14}\text{N}$  и  $^1\text{H}$  на нуклон, известное как ядерная «прозрачность», уменьшается с ростом когерентной длины кварк-антикварковой флуктуации виртуального фотона (см. рис.4). Полученные данные ясно свидетельствуют о взаимодействии кварк-антикварковой флуктуации с ядерной средой.

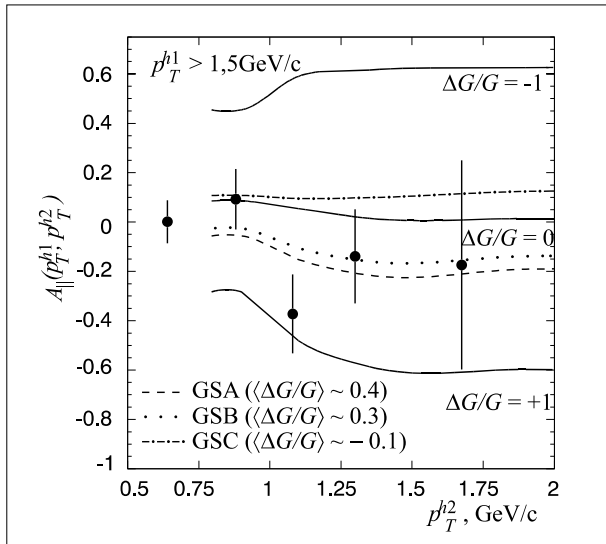


Рис.5. Сравнение асимметрии  $A_{\parallel}$  с предсказаниями, полученными методом Монте-Карло для изучаемого в эксперименте HERMES образования адронов с большими  $p_t$

Измерена продольная спиновая асимметрия  $A_{\parallel}$  в фоторождении пар адронов с высоким поперечным моментом  $p_t$  [15]. Данные были набраны на установке HERMES с поляризованным позитронным пучком с энергией 27,5 ГэВ и внутренней к накопительному кольцу ускорителя HERA поляризованной водородной мишенью. Для  $h^+h^-$ -пар при  $p_t^{h1} > 1,5$  ГэВ/с и  $p_t^{h2} > 1$  ГэВ/с измеренная асимметрия равна  $A_{\parallel} = -0,28 \pm 0,12$  (стат.)  $\pm 0,02$  (сист.). Полученное отрицательное значение не согласуется с положительными асимметриями, обычно измеряемыми в глубоко-неупругом рассеянии на протонах. Оно интерпретируется как положительная глюонная поляризация (см. рис.5), величина которой была определена в лидирующем порядке КХД:  $\Delta G/G = 0,41 \pm 0,18$  (стат.)  $\pm 0,03$  (сист.).

В соответствии с обязательствами ОИЯИ ЛФЧ участвует в создании внешнего трекера детектора **HERA-B**, спроектированного для поиска  $CP$ -нарушения в эксклюзивных распадах  $B$ -мезонов, в первую очередь в канале  $B^0 \rightarrow J/\Psi K_S^0$ .

В соответствии с Меморандумом о взаимопонимании между DESY и ОИЯИ, Лаборатория физики частиц участвует в следующих работах по подготовке и проведению эксперимента HERA-B:

- конструирование, инсталляция и наладка деталей внешнего трекера;
- сборка, настройка и эксплуатация внешнего трекера;

— участие в разработке и отладке программ для off-line реконструкции, калибровки и контроля работы детекторов в режиме on-line;

— участие в наборе статистики на сеансах и физическом анализе данных.

В ЛФЧ ОИЯИ создана специализированная чистая зона с линией массового производства модулей сотового типа из материалов и комплектующих, поставляемых DESY (Германия). Вся информация о каждой проволоке в произведенной камере (натяжение проволоки, высоковольтные испытания и т.д.), включая результаты испытания модуля на установке с радиоактивным источником (темновой ток для группы проволок, шумы, частота срабатываний проволоки, эффективность камеры), заносятся в базу данных контроля качества камер. Прямой доступ к этой базе данных через Интернет обеспечивает прозрачность массового производства в Дубне для всех участников коллаборации HERA-B. Программа массового производства полностью выполнена ЛФЧ в сентябре 1999 г. В целом было произведено и доставлено из Дубны в DESY около 300 модулей. Указанное количество модулей соответствует почти 40000 каналов регистрации, что составляет 30 % от полного числа каналов внешнего трекера. Окончательная проверка качества камер, проведенная после их доставки в Гамбург, показала, что количество плохих проволок в дубненских камерах не превышает 1 % (шумящие каналы — меньше 0,3 %, неработающие каналы — 0,6 %).

Сильная команда специалистов из Дубны, состоявшая из физиков, инженеров и рабочих, привлечена также к работам непосредственно в DESY. Эта группа отвечает за кабельную связь внешнего трекера между TDC и дрейфовыми модулями внутри газовых объемов. Для выполнения этой задачи были разработаны схемы кабельной инфраструктуры внешнего трекера, включающей маркировку всех видов кабелей (сигнальных, высоковольтных, низковольтных, системы сбора данных) и компонент электроники (ASD, TDC, высоковольтные и низковольтные платы, платы триггерной системы, платы системы сбора данных). Для конструирования схем кабельных соединений была создана специальная программа с графическим интерфейсом. Дубненской группой внесен определяющий вклад в монтаж внешнего трекера, проверку и наладку его суперслоев. Эта деятельность включает в себя широкую область задач, начиная с подготовки оборудования для внешних и внутренних рам суперслоев, монтажа и компоновки модулей в суперслои и кончая проверкой и отладкой электроники считывания и программ системы сбора данных. После окончания монтажа суперслоев внешнего трекера физики Дубны, участвующие в этих работах, сконцентриру-

ют свои усилия на участии в сеансах облучения внешнего трекера, наборе статистики и анализе данных.

ЛФЧ участвует в модернизации установки **H1**, предназначенной для исследования глубоконеупругого рассеяния электронов (позитронов) на протонах, в частности, в развитии программного обеспечения и детекторной базы для спектрометра лидирующих протонов (FPS) и адронного PLUG-калориметра. Развитие PLUG-калориметра включает в себя разработку структуры чувствительных слоев, состоящих из радиационно-чувствительных сцинтилляторов, с использованием спектросмещающих волокон и магнитостойких фотоумножителей в качестве детекторов сигналов, а также выбор и изготовление электроники считывания и мониторинга.

ЛФЧ принимает активное участие в физическом анализе процессов глубоконеупругого рассеяния на основе экспериментальных данных, полученных со спектрометра FPS и PLUG-калориметра. Был измерен поток поперечной составляющей энергии в процессах, описываемых нейтральными токами в глубоконеупругом позитрон-протон рассеянии на коллайдере HERA [16] в кинематической области по квадрату переданного импульса  $3,2 \leq Q^2 \leq 2200 \text{ ГэВ}^2$ , переменной Бьеркена  $8 \cdot 10^{-5} \leq x \leq 0,11$  и массе адронов  $66 \text{ ГэВ} \leq W \leq 233 \text{ ГэВ}$ . Исследована зависимость потока поперечной энергии, измеренной в системе центра масс адронов, от переменных  $Q^2$ ,  $x$ ,  $W$  и псевдобыстроты. Проведено сравнение экспериментальных результатов с моделями, основанными на КХД. Также изучена зависимость

## ДРУГИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

ЛФЧ участвует в конструировании и изготовлении торцевого электромагнитного калориметра (ТЭМК) для 4π-детектора **STAR**, который создается на коллайдере RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории. Модель калориметра произведена и испытана при энергии 27 ГэВ на электронном пучке ускорителя У-70 в Протвино. Результаты испытаний подтвердили, что конструкция ТЭМК удовлетворяет необходимым требованиям. В СНЭО ОИЯИ оборудована рабочая зона для производства сцинтилляционных пластин методом литья под давлением. Физики ЛФЧ совместно с теоретиками ЛТФ показали новые возможности для измерения поляризации частиц, рождающихся в многочастичных процессах в тех условиях, в которых будет работать детектор STAR. Физиками

средней поперечной энергии от  $Q^2$  и  $W$  в центральной области по псевдобыстроте и в области фрагментации фотона.

С использованием спектрометра FPS и калориметра лидирующих нейтронов в эксперименте H1 зарегистрированы события глубоконеупругого рассеяния с рождением лидирующего бариона [17]. Полуинклюзивные сечения были изменены в кинематической области  $2 \text{ ГэВ}^2 \leq Q^2 \leq 50 \text{ ГэВ}^2$ ,  $6 \cdot 10^{-5} \leq x \leq 6 \cdot 10^{-3}$  и барионного поперечного импульса  $p_T \leq 200 \text{ МэВ}$ . Реджевская модель рождения лидирующих барионов, учитывающая обмены пионом, помероном и вторичным реджеоном, дает хорошее описание полуинклюзивных сечений рождения лидирующих протонов и нейтронов в области  $0,1 \leq x_{IP} \leq 0,3$ . События с лидирующими нейтронами были использованы для оценки структурной функции пиона в области малых  $x$ .

Были также выполнены измерения энергии лидирующих протонов, зарегистрированных в новых горизонтальных детекторах спектрометра FPS (Horizontal Roman Pots), чувствительных в диффракционной кинематической области ( $x_{IP} \leq 0,05$ ). Также выполнена независимая калибровка горизонтальных детекторов на событиях упругого фоторождения ρ-мезонов [18]. Конечной целью анализа является измерение полуинклюзивной диффракционной структурной функции  $F_2^{D(3)}$  и изучение сечений дифракционного фоторождения векторных мезонов ( $\rho, \omega, \phi, J/\psi$ ).

ЛФЧ совместно со специалистами Университета им. Вейна (США, Детройт) выполнен технический проект и создан полномасштабный прототип электромагнитного Barrel-калориметра EMC детектора STAR.

Специалисты ЛФЧ активно участвуют в создании малошумящего нейтринного детектора **BOREXINO**, размещенного в подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия). В сферу ответственности группы ОИЯИ входит прежде всего система сбора данных, калибровка детектора, проверка, очистка и монтаж ФЭУ. На ранее подготовленном испытательном стенде проверено 109 ФЭУ. Стенд был значительно модернизирован во время испытаний. Все параметры ФЭУ, определяемые на стенде, были занесены в специаль-

но подготовленную базу данных. Эти параметры будут использованы в дальнейшем для моделирования детектора. На основе измерений параметров ФЭУ была разработана модель отклика ФЭУ, успешно интегрированная в основную программу моделирова-

ния детектора BOREXINO. Был также разработан и проверен метод быстрой настройки высокого напряжения для ФЭУ.

## УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В соответствии с обязательствами ОИЯИ по разработке **системы подавления поперечных колебаний пучка ЛНС** в 1999 г. закончен монтаж прототипа широкополосного усилителя и полномасштабной модели кикера. Проведены частотные и энергетические испытания системы на специализированном стенде ЛФЧ. На основании приобретенного при этом опыта была переработана и исправлена техническая документация на прототип устройства. Кроме того, конструкция была дополнена элементами, необходимыми для высокоточного размещения реперных мишеней системы юстировки. Продолжались экспериментальные исследования, направленные на получение пленок NbN/Nb/NbN с более высоким первым критическим магнитным полем. Продолжался теоретический анализ влияния гладкости поверхности рабочего слоя сверхпроводящих резонаторов на характер неквадратичных потерь.

Основное направление сотрудничества с DESY составляют разработки для линейного коллайдера **TESLA** и исследования в области лазеров на свободных электронах (ЛСЭ) [19]. Разработаны концептуальные проекты рентгеновского лазера на свободных электронах, интегрированного в проект линейного коллайдера, и второго места встречи линейного коллайдера для проведения экспериментов на встречных  $\gamma\gamma$ - и  $\gamma e$ -пучках высокой светимости. Проведена оптимизация параметров рентгеновского ЛСЭ на ускорителе TESLA Test Facility (TTF). Разработаны и проверены на стенде ЛФЧ схемы ЛСЭ рентгеновского диапазона, обеспечивающие полную когерентность выходного излучения (регенеративный ЛСЭ-усилитель для первой фазы проекта и двухкаскадная схема для второй очереди проекта).

Проведен большой объем работ по криообеспечению TTF и TESLA. Выполнена калибровка первой партии термометров для проекта TESLA в диапазоне 1,5–300 К с точностью 0,01 К в области гелиевых температур. Усовершенствован алгоритм обработки результатов калибровки термометрических датчиков, что обеспечивает существенно большую точность

по сравнению с ранее известной методикой. Исследовано поведение термометров в магнитном поле до 11 Т в диапазоне 1,5 ÷ 4,5 К. Модернизирована метрологическая система для калибровки ВЧ-датчиков паросодержания двухфазных потоков криоагентов, что расширяет ее рабочий диапазон до 1,5 К и позволяет калибровать ВЧ-датчики. Создан макет ВЧ-датчика паросодержания с относительно большим внутренним диаметром (около 70 мм) и улучшенной неоднородностью электрического поля в его чувствительном элементе. Систематизированы результаты исследования характеристик горизонтальных двухфазных потоков гелия, используемых в качестве криоагента в сверхпроводящих криогенных системах.

Исследования по **лазерам на свободных электронах** для электрон-позитронных коллайдеров со схемой двухпучкового ускорения (**CLIC**) проводились по следующим основным направлениям:

- разработка ЛСЭ-генераторов и усилителей миллиметрового диапазона для запитки высокоградиентных ускоряющих структур линейных электрон-позитронных коллайдеров;
- теоретическое и экспериментальное исследование динамики электронных сгустков в ЛСЭ, исследование возможности создания группирователя драйверного пучка двухпучкового ускорителя;
- изучение возможности группировки драйверного пучка и транспортировки сгруппированного пучка в синхронной электромагнитной волне с использованием схемы лампы бегущей волны (ЛБВ).

Теоретически и экспериментально были исследованы ЛСЭ-генераторы, использующие две новые схемы брэгговских резонаторов: с однородной гофрировкой волновода и со скачком фазы гофрировки, равным  $\pi$  [20]. Численным моделированием было показано, что в ЛСЭ, использующем брэгговский резонатор с изменяемым скачком фазы гофрировки, возможно осуществление прецизионной подстройки частоты выходного излучения. Разработан и изготовлен новый вариант устройства ввода ВЧ-сигнала в ЛСЭ-

усилитель с эффективностью 60 %, который позволяет проводить электронный пучок практически без потерь. Работы проводились на базе ускорителя ЛИУ-3000.

Численным моделированием исследована динамика сгруппированного пучка в ЛСЭ-генераторах с двумя разновидностями брэгговских резонаторов. Совместно с группой ЛЯП разработаны черенковские радиаторы на основе кварцевого аэрогеля, обладающие высоким квантовым выходом и большим ресурсом. При использовании таких радиаторов сохраняется возможность контроля тока электронного пучка и мощности излучения на выходе ЛСЭ. Проведены предварительные эксперименты по исследованию группировки пучка в нескольких разновидностях ЛСЭ-генератора.

Экспериментально показано, что существующая замедляющая структура не обеспечивает выхода ЛБВ-усилителя на режим насыщения. Рассчитана, спроектирована и изготовлена новая замедляющая структура. Осуществлены холодные измерения ее характеристик и проводится подготовка к экспериментам на пучке.

В Лаборатории физики частиц разработана и исследована масштабная модель **ускорителя электронов для радиационных технологий**. Модель имеет следующие параметры: энергия электронов — 200 кэВ, средняя мощность пучка — 20 кВт, амплитуда тока пучка — 1 А, длительность импульса — 10 мкс, частота повторения импульсов — 18 кГц. Ускоритель выполнен как вакуумный диод, находящийся под синусоидальным высокочастотным потенциалом. Напряжение катода формируется высокочастотным  $\lambda/4$  коаксиальным резонатором со спиральным внутренним проводником. Резонансная частота коаксиального резонатора равна 18 кГц. Использование вакуумной изоляции позволяет существенно увеличить добротность резонатора (до 140) и эффективность преобразования электрической мощности в мощность электронного пучка (до 97–98 %).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Aleev A.N. et al. — *Instrum. Exp. Tech.*, 1999, v.4, p.1.
2. Aleev A.N. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1999, No.1[93]-99, p.14.
3. Алеев А.Н. и др. — *Препринт ОИЯИ Р1-99-136*, Дубна, 1999.
4. Aleev A.N. et al. — *JINR Preprint E1-99-178*, Dubna, 1999.
5. Aleev A.N. et al. — *JINR Preprint E1-99-77*, Dubna, 1999.
6. Fantì V. et al. — *CERN-EP/99-114*, 1999; hep-ex/9909022.

В текущем году проводились экспериментальные исследования и опытная эксплуатация модели ускорителя с напряжением 200 кэВ. Модель имеет высокий запас электрической прочности. Темновые токи анод-катодной системы (при отсутствии мозаичного катода) регистрируются при напряжениях, превышающих 300 кВ, при этом рабочее напряжение мозаичного катода составляет 200 кэВ.

Опыт, полученный при работе с моделью ускорителя с напряжением 200 кэВ, дает основания для разработки полномасштабного ускорителя с энергией около 1 МэВ и выходной мощностью 30–300 кВт.

Специалистами ЛФЧ в сотрудничестве с различными чешскими институтами и компаниями, а также с привлечением специалистов фирмы AccSyS Technology Inc. (США) разработан проект **ускорительного комплекса адронной терапии**. Разработанный ускорительный комплекс с использованием протонного синхротрона должен максимально удовлетворить критериям «активного» сканирования опухоли прецизионным пучком. Синхротрон должен будет работать в режиме медленного вывода протонов с длительностью выводимого пучка не менее 500 мс во всем диапазоне от 60 до 220 МэВ. Такой энергетический диапазон позволит проводить лечение как меланомы глаза, так и глубоколежащих раковых опухолей. Шаг изменения выходной энергии ускоренного пучка должен быть не более 0,4 МэВ с точностью перестройки не хуже  $\pm 40$  кэВ. Интенсивность циркулируемого пучка должна составить  $6,25 \cdot 10^{10}$  протонов при частоте повторения 1 Гц, что обеспечивает дозу облучения до 5 Гр в объеме 1 л за время 1 мин. Размер пучка не должен превышать 5 мм.

Предложение по созданию специализированной онкологической клиники в Чехии будет представлено на рассмотрение парламента и правительства ЧР с целью получения государственного финансирования и включения работ по созданию специализированной онкологической клиники в бюджет Чешской Республики на 2001 г.

7. *Fanti V. et al. — Phys. Lett., 1999, v.B458, p.553.*
8. *Fanti V. et al. — Print-99-036, 1999.*
9. *Fanti V. et al. — Eur. Phys. J., 1999, v.C6, p.265.*
10. *Fanti V. et al. — Phys. Lett., 1999, v.B446, p.117.*
11. *Palestini S. et al. — Nucl. Instrum. Meth., 1999, v.A421, p.75.*
12. *Golutvin I.A. et al. — JINR Rapid Communications, 1999, No.1[93]-99, p.48.*
13. *Ackerstaff K. et al. — Preprint DESY 99-048, Hamburg, 1999; hep-ex/9906035.*
14. *Ackerstaff K. et al. — Phys. Rev. Lett., 1999, v.82, p.3025.*
15. *Airapetian A. et al. — Preprint DESY 99-071, Hamburg, 1999; hep-ex/9907020.*
16. *Adloff C. et al. — Preprint DESY 99-091, Hamburg, 1999.*
17. *Kapichine M. (for the H1 Collaboration) — Talk Presented at the 7th International Workshop on Deep Inelastic Scattering, DIS-99, Zeuthen, Germany, April 1999; Proc. in «Nucl. Phys. B» (Proc. Suppl.), 1999, v.79.*
18. *Van Esch P. et al. — Preprint DESY 99-158, Hamburg, 1999.*
19. *Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — Nucl. Instrum. Meth., 1999, v.A429, p.197.*  
*Faatz B. et al. — Nucl. Instrum. Meth., 1999, v.A429, p.424.*  
*Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Ulyanov Yu.N., Yurkov M.V. — Fusion Engineering and Design, 1999, v.44, p.341.*
20. *Filippov Yu.P. — Cryogenics, 1999, v.39, p.59, 69.*

# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

## ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Сотрудниками лаборатории, участвующими в эксперименте **NOMAD** (WA96) в ЦЕРН, установлен верхний предел на вероятность  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ -осцилляций  $P < 4,2 \cdot 10^{-4}$  (90 % C.L.), что соответствует пределу на амплитуду осцилляций  $\sin^2 2\theta < 8,4 \cdot 10^{-4}$  при больших  $\Delta m^2$  [1]. Ранее опубликованный предел коллаборации E531 улучшен в шесть раз (рис.1). Получен новый верхний предел на вероятность осцилляций  $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$ . Он соответствует  $\sin^2 2\theta < 5,2 \cdot 10^{-2}$  (90 % C.L.) для больших  $\Delta m^2$  [2]. Этот результат

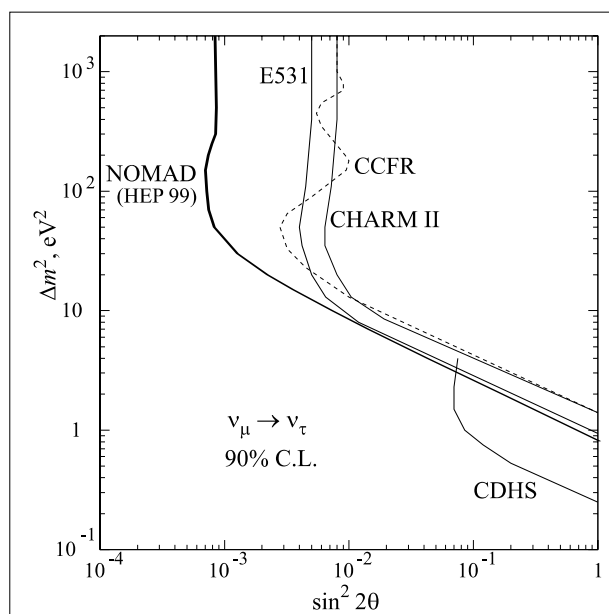


Рис.1. Параметры  $\Delta m^2 - \sin^2 2\theta$  для осцилляций  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ . Область, исключенная экспериментом NOMAD на 90 % уровне достоверности, показана вместе с пределами, полученными в других экспериментах

улучшает ранее опубликованный предел более чем в два раза (рис.2).

Подготовлен меморандум по изучению поляризации  $\Lambda$ -гиперона в  $\nu_\mu$ -взаимодействиях заряженного тока [3]. Уже отобрано примерно в 15 раз больше  $\Lambda$ -гиперонов, чем в предыдущих нейтринных экспериментах на пузырьковых камерах.

В эксперименте NOMAD принимают также участие сотрудники Института ядерных исследований РАН (Москва).

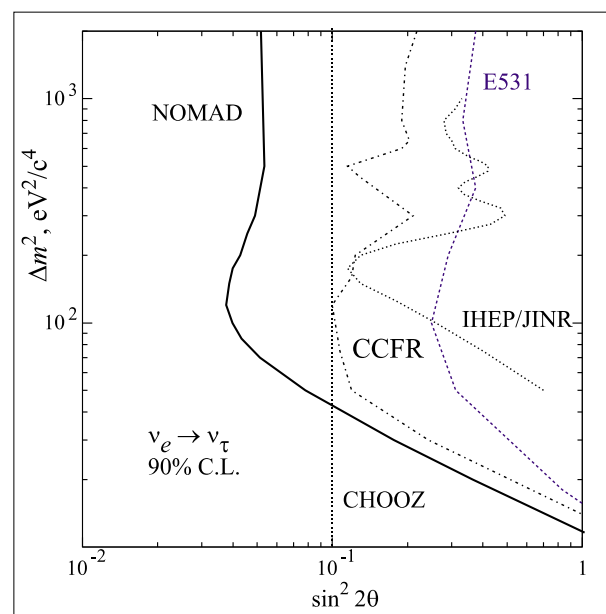


Рис.2. Параметры  $\Delta m^2 - \sin^2 2\theta$  для осцилляций  $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$ . Область, исключенная экспериментом NOMAD на 90 % уровне достоверности, показана вместе с пределами, полученными в других экспериментах



В 1999 г. набор данных на LEP проводился при энергии сталкивающихся частиц 202 ГэВ. С помощью детектора DELPHI, позволяющего получать трехмерную информацию о событиях и идентифицировать лептоны и адроны практически во все направления, набрана статистика, соответствующая интегральной светимости  $230 \text{ пб}^{-1}$ .

Полученные данные, в частности, позволили установить верхний предел для массы бозона Хиггса стандартной модели равным примерно 106 ГэВ (95 % С.Л.).

По сравнению с 1998 г. пределы для масс новых частиц (суперчастиц и т.д.) были увеличены примерно на 3–6 ГэВ. В настоящее время полученные данные используются для установления с высокой точ-

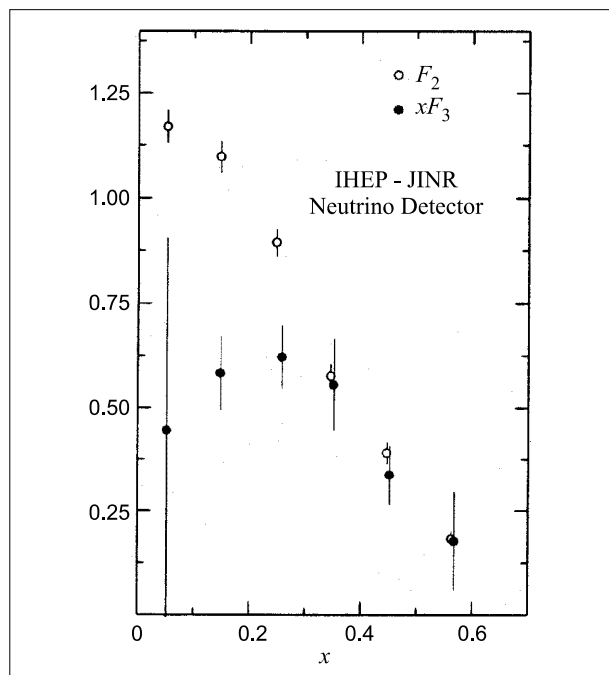


Рис.3. Структурные функции  $x F_3$  и  $F_2$ , измеренные на нейтринном детекторе ИФВЭ–ОИЯИ

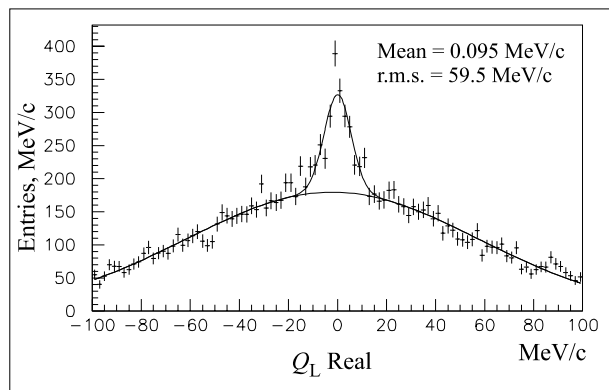


Рис.4. Распределение  $\pi^+\pi^-$ -пар по продольной компоненте относительного импульса в с.д.м.

ностью массы  $W$ -бозона, проверки электрослабой теории и КХД, изучения двухфотонных событий и других явлений.

Полученные на DELPHI результаты, начиная с исследований на  $Z$ -резонансе и заканчивая LEP-200, опубликованы более чем в 250 статьях. Новые результаты регулярно докладываются на международных конференциях.

Дубненская группа отвечает в основном за обеспечение работы адронного калориметра DELPHI и окружающих его мюонных камер. Сотрудники из Дубны принимают участие в физическом анализе данных с целью прецизионной проверки электрослабой теории, исследования свойств  $Z$ - и  $W$ -бозонов,  $\tau$ -лептонов, проверки КХД и т.д.

В 1999 г. для определения странных нуклонных формфакторов из упругого рассеяния нейтрино на протонах и поиска осцилляций  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  проведен первый тестовый сеанс с новым нейтринным пучком (средняя энергия 1,5 ГэВ) ускорителя У-70 (Протвино) в новой конфигурации нейтринного детектора ИФВЭ–ОИЯИ. Была продолжена работа по анализу данных, накопленных в предыдущих экспозициях на нейтринном детекторе. Измерены структурные функции  $x F_3$  и  $F_2$  в области малых  $Q^2$  (рис.3) [4]. Проведенный КХД-анализ  $x F_3$  позволил получить для параметра  $\Lambda_{\overline{MS}}$  значение  $411 \pm 200 \text{ МэВ}$ . Соответствующая величина константы связи сильного взаимодействия  $\alpha_S(M_Z) = 0,123^{+0,010}_{-0,013}$  согласуется с измерениями, выполненными на LEP/SLC, и с последними результатами коллаборации CCFR.

Решающее значение для проведения этих исследований имеет тесное сотрудничество с Институтом физики высоких энергий (Протвино).

В рамках эксперимента DIRAC, проводимого на ускорителе PS в ЦЕРН с целью определения времени жизни  $\pi^+\pi^-$ -атомов, выполнены первые два цикла измерений выхода димезоатомов на мишенях из никеля и платины. Наблюдения кулоновского усиления выхода пионных пар в области относительных импуль-

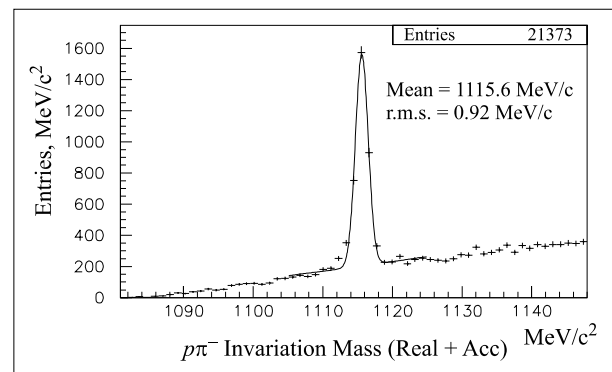


Рис.5. Распределение  $\pi^- p^-$ -пар по эффективной массе

сов менее 5 МэВ/с (рис.4) и регистрация пика от распада  $\Lambda$  в спектре детектируемых  $\pi^- p$ -пар (рис.5) демонстрируют хорошие возможности данной установки. Оценка разрешения по импульсу составляет  $\sigma_p/p \approx 6,5 \cdot 10^{-3}$ , а для относительного импульса —  $\sigma_q/q \approx 2,7$  МэВ/с.

В новой постановке опыта по исследованию распада  $K^+ \rightarrow \pi^0 \nu e^+$  на установке «Гиперон» выполнены измерения наклона векторного формфактора  $\lambda_+$  на основе 14000 событий (примерно 25 % всей накопленной статистики) [5]. Полученное значение (рис.6)  $\lambda_+ = 0,0277 \pm 0,0040$  находится в хорошем согласии с мировым средним, при этом точность измерения сравнима с точностью, достигнутой в лучших экспериментах.

Эксперимент проводится в ИФВЭ (Протвино) совместно с его сотрудниками.

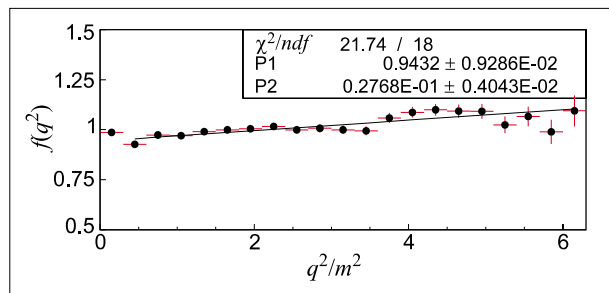


Рис.6. Зависимость векторного формфактора распада  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$  от  $q^2$ -импульса, переданного лептонной паре

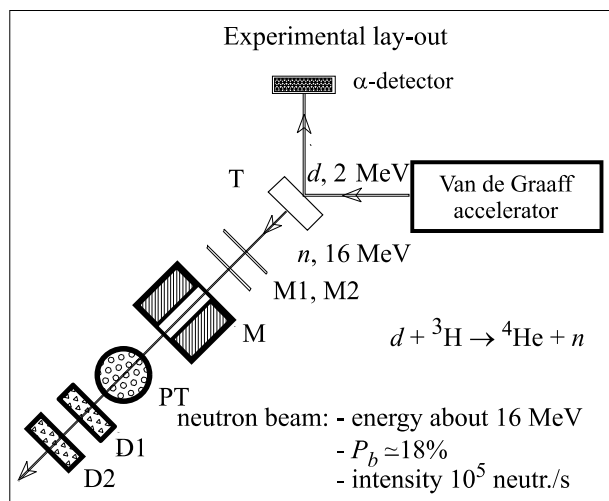


Рис.7.  $\alpha$ -детектор — кремниевый детектор для мониторинга нейтронного пучка; T — титано-тригетиевая мишень; M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> — тонкие пластиковые сцинтилляционные детекторы; M — магнит для поворота нейтронного спина; PT — поляризованная мишень; D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> — жидкие сцинтилляционные детекторы

В Ядерном центре Карлова университета (Прага) проведены измерения разностей спин-зависимых полных сечений  $\Delta\sigma_L$  и  $\Delta\sigma_T$  в  $np$ -столкновениях. Для этих экспериментов была разработана поляризованная мишень с «замороженным» спином, состоящая из стационарного криостата с рефрижератором растворения, подвижной магнитной системы и электроники для динамической поляризации и детектирования сигнала ЯМР. Поляризованный пучок нейтронов формируется в результате реакции  ${}^3\text{H}(dn){}^3\text{He}$  с дейтронами (1,82 МэВ) от электростатического ускорителя Ван де Граафа (рис.7). Полученные результаты опровергают гипотезу о минимальном значении параметра смешивания  ${}^3\text{S}_1 - {}^3\text{D}_1$ -волн ( $\epsilon_1$ ) в области 15 МэВ, которую поддерживали ранее некоторые эксперименты (Бонн, Эрланген). Результаты находятся в хорошем согласии как с данными других экспериментов, так и с модельными предсказаниями [15].

Главные направления деятельности группы Tile-калориметра (Tilecal) установки ATLAS в 1999 г.:

- а) исследование характеристик комбинированного и адронного Tile-калориметров;
- б) производство модулей Tilecal;
- в) создание оптико-механических станков для фотоумножителей;
- г) разработка систем медленного контроля.

В частности, исследован отклик калориметра на пионы и электроны, падающие под углом  $12^\circ$  [6, 7] (рис.8). При этом отклик на отдельные заряженные пионы изучался путем полного моделирования [7].

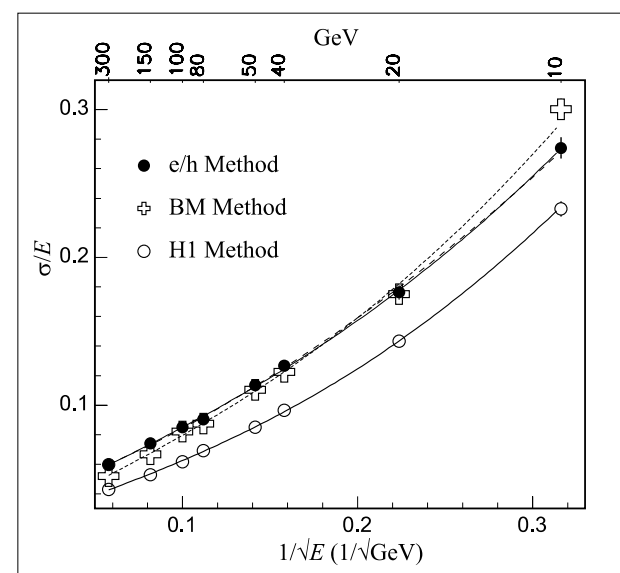


Рис.8. Энергетические разрешения (для пионов и электронов с энергией 10, 20, 40, 50, 80, 100, 150 и 300 ГэВ), полученные «e/h»-методом (●), «benchmark»-методом (⊕) и «cells weighting»-методом (○)

Характеристики калориметра определены для случаев, когда калибровочные параметры зависят от энергии и быстроты, а также когда такие зависимости отсутствуют. Наилучшие показатели получены в первом случае. Исследованы боковые и продольные профили адронных ливней, регистрируемых прототипом железосцинтилляционного адронного Tilecal ATLAS [8]. Получена детальная экспериментальная информация об откликах модуля-0 железосцинтилляционного адронного *Barrel-калориметра* на прохождение пионов и электронов, об разрешении по энергии электронов, отношении  $e/h$  как функции начальной энергии  $E$ , прицельной точки  $Z$  и угла  $\Theta$  [9].

Главным достижением в 1999 г. можно считать успешное начало массового производства в ОИЯИ модулей и submodule адронного *Barrel-калориметра* ATLAS [10]. В Дубне произведено 110 submodule. Девять модулей уже отправлены в ЦЕРН. Ожидается, что скорость поставки будет достигать одного модуля каждые две недели. Сборка модулей контролируется разработанным в ОИЯИ лазерным комплексом, оборудованным специальным математическим обеспечением с точностью 50 мк.

Началось сооружение семи оптико-механических станков для детального изучения 10300 фотомножителей, причем на каждом из станков можно будет одновременно проводить измерения с 24 фотомножителями.

Разработана система контроля Tilecal, учитывающая функциональные возможности установки и распределения потоков данных. Запущен пробный вариант окончательной версии HV-подсистемы.

Главной задачей дубненской мюонной группы проекта ATLAS в 1999 г. было оборудование в ОИЯИ специального помещения для полного цикла производства и испытания мюонных камер (MDT-камер) установки ATLAS. Для решения этой задачи были созданы высокотехнологичные приспособления. Например, такие как: а) две «чистые комнаты» с устройством поддержки заданных климатических условий; б) полная инфраструктура для массового производства (с кранами, компрессорами, вакуумными насосами, газовыми трубами, компьютерным обеспечением и т.д.); в) полуавтоматическая линия для массового производства детекторов на дрейфовых трубках (DDT); г) полный набор приспособлений для тестирования этих DDT с учетом рентгеновского контроля положения проволочек внутри детектора; д) полный комплект приспособлений для прецизионной сборки мюонных камер, который включает в себя стол из гранита большого размера (3,5×2,5×0,5 м), устройства для высокоточного позиционирования DDT, управляемое компьютером устройство для компенсации провисания проволочек, автомат для склеивания и т.д.

Коллаборацией CDF выполнен поиск так называемых изменяющих аромат кварков нейтральных токов в распадах  $B$ -мезонов на статистике  $88 \text{ pb}^{-1}$ , набранной в  $p\bar{p}$ -столкновениях при  $\sqrt{s}=1,8 \text{ ТэВ}$  [11]. Получены следующие пределы:  $\text{Br}(B^+ \rightarrow \mu^+ \mu^- K^+) < 5,2 \cdot 10^{-6}$  и  $\text{Br}(B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^- K^{*0}) < 4,0 \cdot 10^{-6}$  (90 % C.L.). С помощью полуплептонного распада  $\bar{B}^0 \rightarrow l \bar{\nu} D^{*0} + X$  измерен также параметр осцилляций  $\Delta m_d$  при  $B^0 \bar{B}^0$ -смешивании:  $\Delta m_d = 0,516 (\text{стат.}) \pm 0,099_{-0,035}^{+0,029}$  (сист.)  $\text{ps}^{-1}$  [12].

Для детектора CDF разработан триггер силиконовой вершины (SVT) с целью реконструирования параметров треков  $P_{\perp}$  и  $\phi$  с достаточно большой скоростью и точностью [13]. Триггер нацелен на выделение событий со вторичными вершинами от распадов  $b$ -кварков. Сотрудники ЛЯП участвуют в разработке и внедрении этого триггера [14]. В условиях работы модернизированного тэватрона (Run II) время работы SVT для большинства событий от распадов  $B \rightarrow \pi^+ \pi^-$  было определено в интервале от 8,6 до 10,8 мкс. Для модернизации установки CDF был предложен также новый кремниевый детектор.

В качестве главных результатов совместной работы ОИЯИ и FNAL по реконструкции детектора D0 (рис.9) (его передней и задней мюонных систем) с целью применения данного детектора на модернизированном тэватроне в 1999 г. следует отметить следующие.

1. Разработан и испытан новый тип проволочных детекторов, называемых мини-дрейфовыми трубками (МДТ). Эти многопроволочные трубки (типа Ияроиччи) оснащены металлическим катодом и работают в пропорциональном режиме. Они особенно удобны для установок весьма большого размера, в частности, таких как мюонные системы.

2. Массовое производство и испытание этих МДТ было разработано полностью на основе российских технологий. В опытном производстве ОИЯИ закончено изготовление всех этих детекторов (6500) и 2/3 от их числа уже отправлены в FNAL.

3. В тесной коллаборации с институтами и предприятиями Республики Белоруссия разработаны, изготовлены и испытаны специальные микросхемы для мюонной системы детектора D0. Эти микросхемы представляют собой восьмиканальные усилители (DOM Ampl-8,3) и восьмиканальные дискриминаторы (DOM Disc-8,3). Полное число каналов электроники составляет 52736, она уже отправлена в FNAL.

В сотрудничестве D0 вовлечены промышленности пяти стран (Армения, Белоруссия, Канада, Россия и США). В массовом производстве детекторов со стороны России участвовали следующие предприятия:

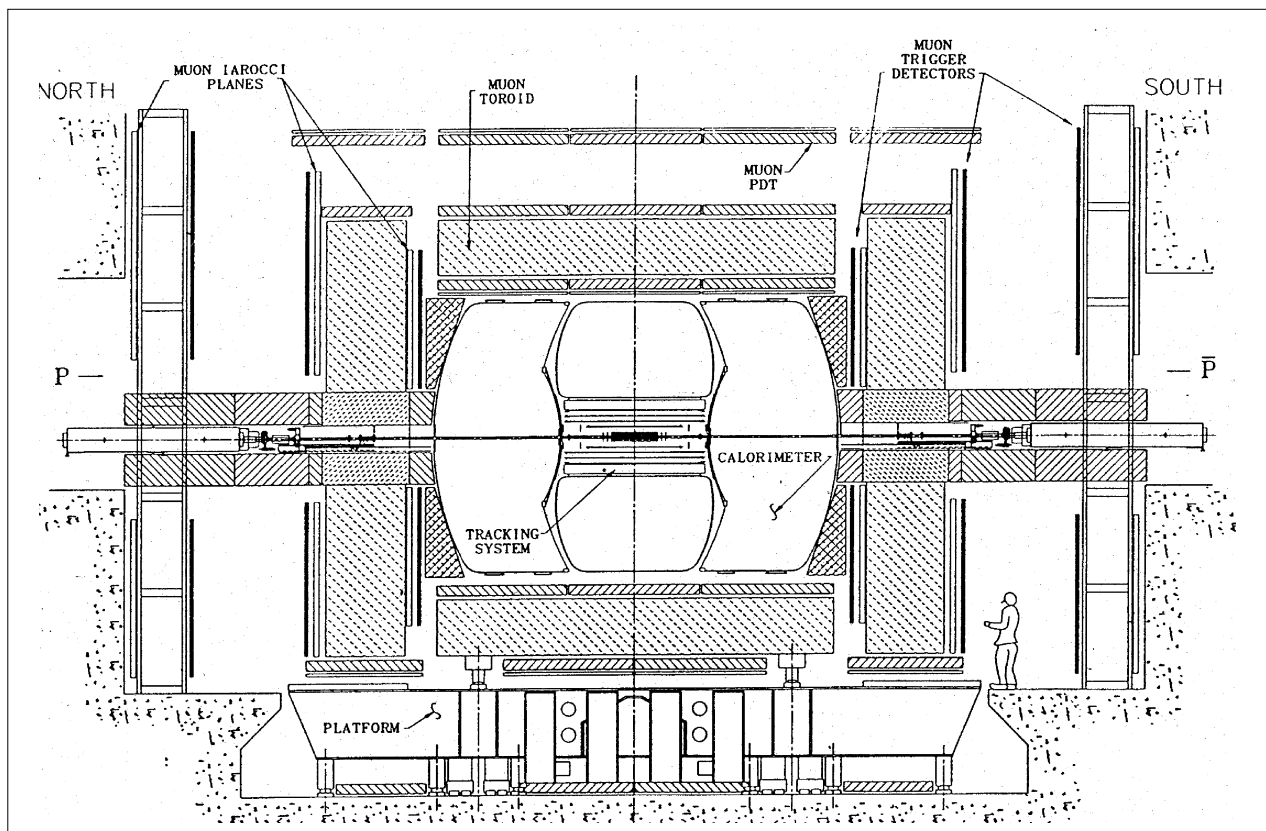


Рис.9. Схема модернизированного детектора D0

«Серп и Молот» (Москва), «Агрисовгаз» (Малый Ярославец), «Савма» (Савелово), «Химпластик» (Дзержинск) и Опытное производство ОИЯИ.

В настоящее время сотрудники ОИЯИ в FNAL собирают мюонную систему детектора D0 и подготавливают его к запуску. Планируется их участие в обработке и анализе результатов.

В проекте **COMPASS** ОИЯИ полностью отвечает за так называемый детектор первой мюонной стенки (Muon Wall 1 или MW1). Концептуальная и техническая разработка MW1 была согласована со всей коллаборацией COMPASS. Решено, что в качестве детекторов будут использоваться пропорциональные трубки типа Ияроцци (которые уже используются для детектора D0). Линия производства таких трубок создана в ОИЯИ. Детектор-трубка состоит из алюминиевого профиля с 8 ячейками по 10 мм длиной и чувствительной проволокой в центре. Она помещена в специальный пластиковый конверт. В целом детектор MW1 установки COMPASS состоит из 4 км таких трубок (1040 фрагментов).

Собранные в ОИЯИ MW1 проходят испытания как в Институте, так и в ЦЕРН на тестовых пучках.

Проведены также испытания усилителей и дискриминаторов для системы считывания сигналов с MW1.

Кроме этого, в качестве трекеров большой площади в спектрометре для измерения малых углов установки COMPASS планируется использовать многопроволочные пропорциональные камеры (MWPCs). В начале 1999 г. были испытаны возможные прототипы конфигураций MWPCs (с новой быстрой газовой смесью на основе  $CF_4$ , новой электроникой и т.д.). Окончательные испытания, которые были проведены в ЦЕРН с полномасштабной камерой, подтвердили возможность использования MWPCs с новыми газовыми смесями и новой электроникой, они также показали, что эффективность регистрации в достаточно большом интервале постоянна, а рабочий потенциал напряжения вполне приемлем.

Во второй половине 1999 г. прошли проверку практически все имеющиеся в распоряжении коллаборации камеры, работавшие ранее на омега-спектрометре. Для каждой камеры определены области постоянной эффективности, проверена утечка электрического тока, измерена газовая проницаемость камер и т.д.

## ФИЗИКА НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

Прецизионное измерение вероятности  $\beta$ -распада пиона позволит проверить справедливость гипотезы об универсальности заряженного тока, оценить степень унитарности матрицы смешивания кварков, а также провести поиск проявлений «новой физики». Целью эксперимента является увеличение точности измерения вероятности  $\beta$ -распада пиона с 4 до 0,5 %.

В 1999 г. успешно проведен набор статистики на пучке пионов. Общая длительность сеансов составила уже более 4 месяцев. Аппаратура работает устойчиво. Сотрудники ЛЯП приняли участие в подготовке аппаратуры к работе и проведении сеансов набора экспериментальных данных. Разработана новая электроника, обеспечивающая более надежный и эффективный вывод информации с пропорциональных камер.

Продолжалось изучение конденсированных сред  $\mu SR$ -методом. Определены значения константы сверхтонкого взаимодействия магнитных моментов мюона и электронной оболочки в акцепторном центре (мюонном атоме  $\mu Al$ ) и вид аналитической функции, описывающей температурную зависимость скорости релаксации магнитного момента акцепторного центра Al в кремний.

Эксперименты с кремнием, проведенные в 1999 г., были направлены на изучение влияния примесей на скорость релаксации магнитного момента акцепторного центра. Выполнены измерения для четырех образцов с примесью бора ( $7,4 \cdot 10^{13} - 4,1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ), двух образцов с примесью галлия ( $1,1 \cdot 10^{15}, 1,1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) и для двух образцов с примесью мышьяка ( $8,0 \cdot 10^{15}, 2,0 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ) в диапазоне температур 4–300 К. Во всех исследованных образцах обнаружены релаксация и сдвиг частоты прецессии спина мюона во внешнем магнитном поле. В зависимости от концентрации примеси для различных образцов скорость релаксации спина мюона при одной и той же температуре может изменяться на порядок.

Значения  $A_{hf}/2\pi$  — константы сверхтонкого взаимодействия для разных образцов — близки к 30 МГц. Исключение составляют два образца с высо-

кой концентрацией примеси бора. В этих образцах температурная зависимость сдвига частоты прецессии спина мюона исследована пока недостаточно точно для однозначного определения  $A_{hf}$ . Температурные зависимости скорости релаксации магнитного момента акцепторного центра (мюонного атома) хорошо описываются степенной функцией вида  $\nu(T) = C \cdot T^q$  [16].

Главной целью анализа данных по аннигиляции антипротонов низкой энергии с протонами в пять пионов  $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^0$  (эксперимент **OBELIX**) является изучение распада скалярных мезонов (состояние  $0^+0^{++}$ )  $f^0(1300)$  и  $f^0(1500)$  в  $4\pi$ , который в основном проходит по каналам  $f^0 \rightarrow \rho\rho$  и  $f^0 \rightarrow \sigma\sigma$ . В данном случае фазовое пространство двухпионных состояний ограничено низкоэнергетической частью  $S$ - и  $P$ -волны. Оказалось, что инвариантная масса  $\pi^+\pi^-$  и угловые распределения весьма чувствительны к величине массы и ширине  $\sigma$ -мезона, причем особенности в этих распределениях хорошо воспроизводятся только при небольших значениях массы  $\sigma$  ( $M_\sigma \approx 500 \text{ МэВ}/c^2$ ).

В интервале энергий от 2,0 до 1,0 ГэВ измерено дважды дифференциальное сечение подпорогового рождения  $K^+$ -мезонов в  $pC$ -соударениях на спектрометре **АНКЕ**. Нижняя граница интервала находится на 580 МэВ ниже порога рождения каона в свободном нуклон-нуклонном соударении. Получены данные о каонных спектрах под углами, близкими к  $0^\circ$  [17] (рис.10). Измеренная энергетическая зависимость дифференциальных сечений более чувствительна к механизму глубоко подпорогового рождения каонов, чем энергетическая зависимость полных сечений, измеренная ранее в Гатчине.

Коллаборация **DUBTO** завершила 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

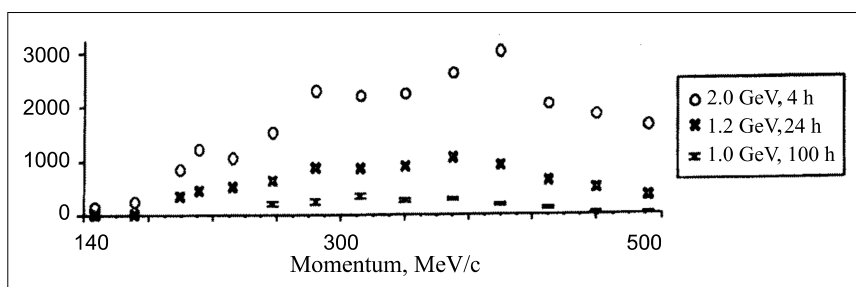


Рис.10. Предварительные данные коллаборации ANKE о спектрах каонов в процессе  $p+d \rightarrow ^+X$ . Числа в прямоугольнике показывают энергию пучка и время набора статистики

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, рождающиеся в реакциях, происходящих внутри газовых мишеней.

Проведена 150-часовая экспозиция, и получены видеоизображения (свыше 1000) событий неупругих ядерных реакций  $\pi^+ - {}^4\text{He}$ ; проводится обработка данных. Созданы первые программы реконструкции на базе пакета программ, использованных в предыдущих экспериментах со стримерными камерами, а также программы моделирования, основанные на пакете программ GEANT ЦЕРН.

Целью эксперимента **DISTO** является измерение дифференциальных сечений и спиновых переменных  $P_\Lambda$ ,  $P_{\Sigma^0}$ ,  $A_\gamma$  и  $D_{\gamma\gamma}$  в реакциях  $pp \rightarrow pK^+\Lambda$ ,  $pp \rightarrow pK^+\Sigma^0$  и  $pp \rightarrow pK^+\gamma^*$  при энергиях от пороговой до максимальной на ускорителе SATURNE (около 2,9 ГэВ). Измерение спиновых переменных на ускорителе SATURNE дает возможность исследовать связь между фундаментальным подходом квантовой хромодинамики и теориями, основанными на обмене бозонами [18]. Группа сотрудников из Дубны предприняла исследование реакции  $pp \rightarrow p\pi^+\Lambda K^0$ , что в случае когда обе нейтральные частицы распадаются по заряженной моде требует регистрации событий с 6 заряженными частицами и 2 вторичными вершинами. Эта проблема заметно сложнее, чем регистрация основной реакции  $pp \rightarrow pK^+\Lambda$ . Событий с  $K_S^0$ -распадами найти пока не удалось, скорее всего, из-за геометрии аппаратуры DISTO. Регистрация событий с  $\Lambda$ -распадом в  $pp \rightarrow p\pi^+\Lambda K^0$  позволяет оценить число событий в этой реакции, которые могут быть получены путем регистрации событий, где все странные частицы распадаются по заряженной моде.

В 1999 г. был проведен эксперимент по измерению астрофизических  $S$ -факторов в  $dd$ -взаимодействиях в диапазоне энергий столкновения дейтронов  $1,8 \div 2,3$  кэВ с использованием лайнерной плазмы сильноточного ускорителя ИСЭ СО РАН (Томск). Экспериментальное исследование ядерных реакций в области ультранизких энергий столкновения ( $\sim$  кэВ) с использованием классических ускорителей практически неосуществимо, из-за того что сечения изучаемых процессов в указанной области энергий и интенсивности пучков заряженных частиц крайне малы. Впервые измерены значения астрофизического  $S$ -фактора при энергиях столкновения дейтронов 1,8, 2,06 и 2,27 кэВ:  $S_{dd} = (53 \pm 16)$ ;  $(64 \pm 30)$ ;  $(114 \pm 68)$  кэВ-б соответственно. Полученные значения астрофизического  $S$ -фактора свидетельствуют о

том, что в пределах указанных ошибок измерения не наблюдается расхождения с ожидаемыми экстраполяционными значениями данной величины из области энергий столкновения  $7 \div 45$  кэВ в исследуемую область энергии (рис.11). Соответствующие полные  $dd$ -реакции таковы:  $\sigma_{dd}^n = (0,43 \pm 0,26)$ ;  $(0,98 \pm 0,46)$ ;  $(2,1 \pm 0,6) \cdot 10^{-32}$  см<sup>2</sup>.

Эксперимент выполняется в коллаборации с Институтом сильноточной электроники СО РАН (Томск), Институтом электрофизики РАН (Екатеринбург) и Научно-исследовательским институтом ядерной физики при Томском политехническом университете.

Продолжены работы по программе  $\mu$ -катализа ядерных реакций синтеза с целью измерения основных характеристик процессов в смеси изотопов водорода, включая тритий, при высокой плотности смеси. Проведены два сеанса на фазотроне ЛЯП ОИЯИ с водородной мишенью высокого давления по исследованию зависимости скорости цикла (выхода нейтронов) от температуры (300–800 К), давления (до 1500 ат) и концентрации изотопов в двойной (H/D) и тройной (H/D/T) их смесях. Ведется обработка полученной информации. Это позволит определить скорости образования мезомолекул  $d\mu$  на молекулах DD и DT и множественности нейтронов на один мюон от температуры (300–800 К), давления (800–1500 ат) и концентрации трития.

На ISOL-комплексе **ЯСНАПП-2** ЛЯП ОИЯИ модернизирован совмещенный узел масс-сепаратора размещением дополнительной мишени W (100 мк, 4 г), что позволило увеличить выход радиоактивных редкоземельных изотопов примерно в 5 раз. Для спектрометра «Мини-апельсин» внедрен в эксплуатацию режим  $e - \gamma$ -совпадений. Предложена методика прецизионного определения энергий  $\gamma$ -квантов, основанная

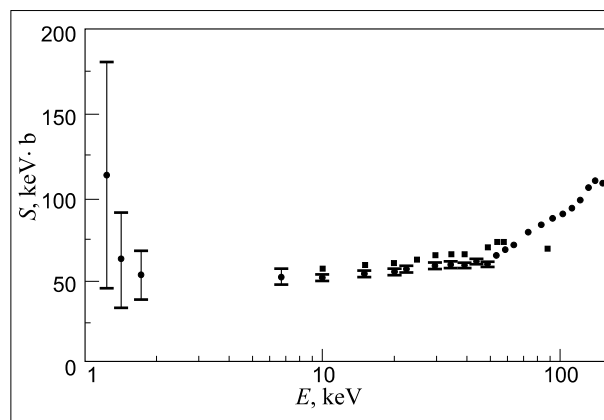


Рис.11. Зависимость астрофизического  $S$ -фактора в  $dd$ -взаимодействиях от энергии столкновения дейтронов. ● и ■ — результаты предыдущих измерений. ◆ — полученные в ЛЯП

на использовании метода задержанных совпадений и волоконной оптики.

Для исключения комптоновского распределения в  $\gamma$ -спектрах, измеренных с помощью ППД, внедрен метод квазидифференцирования [20]. Выполнен систематический поиск монополюсных возбуждений в ядрах переходной области ( $^{152}\text{Gd}$ ) и в начале области сильнодеформированных ядер (изотопы Dy с  $A = 156, 158, 160$ ). Наблюдено большое количество  $E0$  и  $E0 + E2$ -переходов [21]. В ядрах вблизи скачка деформации ( $N = 88$ )  $^{152}\text{Eu}$  и  $^{156}\text{Ho}$  идентифицированы и исследованы несколько новых изомерных состояний [22].

Завершены исследования  $\alpha$ -распада  $^{221}\text{Fr}$  ( $T_{1/2} = 4,9$  мин) [22]. При количественном анализе  $\alpha - \gamma$ -совпадений определены заселенности уровней  $^{217}\text{At}$  при  $\alpha$ -распаде  $^{221}\text{Fr}$  и мультипольности ряда  $\gamma$ -переходов. Свойства уровней  $^{217}\text{At}$  согласуются с интерпретацией их как возбуждений, связанных с состояниями оболочечной модели  $\pi h_{9/2}^3$  и  $\pi h_{9/2}^2 f_{7/2}$ .

Завершены исследования  $\beta$ -распада  $^{209}\text{Tl}$  ( $T_{1/2} = 22$  мин) и ведутся исследования распада  $^{213}\text{Bi}$  ( $\beta^-$ , 46 мин)  $^{213}\text{Po}$ . Определены вероятности  $\beta$ -распада  $^{213}\text{Bi}$  на уровне  $^{213}\text{Po}$ . Исследования  $\gamma\gamma$ -совпадений подтверждают схему распада.

С помощью электростатического спектрометра ESA-50 изучены оже-спектры кадмия KLL и K LX, образующиеся в распаде  $^{111}\text{In}$  [23]. С высокой точностью определены энергии и относительные интенсивности всех девяти хорошо разрешенных KLL-линий. Найденные значения интенсивностей находятся в очень хорошем согласии с результатами расчетов в релятивистской модели промежуточной связи. В то же время полученные значения энергий отличаются от результатов широко используемых полуэмпирических расчетов, в особенности их абсолютные величины. На основании проведенных исследований сделан вывод о необходимости проведения более точных теоретических расчетов сложного механизма взаимодействия двух вакансий внутренних оболочек.

Целью проекта **AnCor** (Angular Correlations with Neutrinos) является поиск проявлений так называемых скалярных слабых взаимодействий в процессах  $\beta$ -распада и  $\mu$ -захвата.

Для поиска скалярного слабого взаимодействия в чисто фермиевском  $\beta$ -распаде ядра  $^{18}\text{Ne}$  в 1999 г. был проведен двухнедельный эксперимент на МР-тандем-ускорителе (IPN, Орсе, Франция). Измерение угловой корреляции между импульсами нейтрино и позитрона осуществлялось путем прецизионной

$\gamma$ -спектроскопии за счет доплеровского сдвига  $\gamma$ -квантов, сопровождающих  $\beta$ -распад. В настоящее время ведется обработка данных.

Аналогичная идея использовалась в эксперименте по исследованию  $\mu$ -захвата на мюонном пучке PSI (Швейцария). Кислород под давлением в 1 б в качестве газовой мишени облучался низкоэнергетичными неполяризованными мюонами. С помощью нескольких независимых HPGe-детекторов с высокой точностью была измерена  $\gamma$ -линия с энергией 277 кэВ, сопровождающая обычный захват мюона ядром  $^{16}\text{O}$ . Доплеровское уширение этой линии очень чувствительно к возможной примеси скалярного слабого взаимодействия (как истинного, так и индуцированного). Из анализа формы этой линии для корреляционного коэффициента получено значение  $\alpha = +0,096 \pm 0,020$  (68 % C.L.), что отвечает наличию скалярного формфактора на уровне 5–10 % (в зависимости от ядерной модели, использованной для вычисления ядерных матричных элементов).

За несколько лет успешной работы спектрометра **NEMO-2** были получены данные о  $2\beta 2\nu$ -распадах ряда изотопов и определены верхние границы вероятностей  $2\beta 0\nu$ -распадов. Основываясь на этом положительном опыте, был разработан новый спектрометр **NEMO-3**, который должен будет заменить предыдущий и на котором планируется провести поиск безнейтринного двойного бета-распада ядра  $^{100}\text{Mo}$  на уровне точности  $T_{1/2} \cong 10^{25}$  лет, что соответствует ограничению на массу майорановского нейтрино на уровне 0,1 эВ.

Вначале 10 кг этого обогащенного изотопа предполагалось использовать в качестве источника. Благодаря недавним исследовательским разработкам коллаборантов из Москвы и Америки процесс обогащения в настоящее время стал возможен для ядер  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$  и  $^{130}\text{Te}$ . Все эти изотопы будут использоваться в качестве источников одновременно.

В 1999 г. основная часть механических работ с **NEMO-3** была успешно завершена в ОИЯИ. Все 20 секторов спектрометра оборудованы счетчиками Гейгера и пластическими сцинтилляторами. Почти 2000 таких сцинтилляторов (общей массой около 7 тонн) были полностью произведены в ЛЯП ОИЯИ с 1996 по 1999 год. Три из 20 секторов спектрометра уже размещены в подземной лаборатории в Модане (в тоннеле Фреджуса, Франция), остальные будут доставлены туда весной 2000 г.

В конце 2000 г., после тестирования и окончательной наладки, планируется начать пятилетний эксперимент с **NEMO-3**.

## РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Целью проекта «Фаза» является исследование ядерной мультифрагментации на пучках релятивистских легких ионов. В случае протонного пучка имеет место тепловая мультифрагментация горячего спектатора мишени, так как динамические эффекты, связанные со сжатием системы (и последующим расширением), вращением и деформацией, пренебрежимо малы. С другой стороны, при использовании очень тяжелых ионов процесс в значительной степени является динамическим. Эволюция механизма реакции от чисто теплового к усложненному динамическими эффектами исследовалась путем сравнения характеристик мультифрагментации на пучках протонов,  ${}^4\text{He}$  и  ${}^{12}\text{C}$ . На рис.12 показаны средние множественности фрагментов промежуточной массы (IMF,  $2 < Z < 20$ ), полученные на пучках протонов, He и C как функции энергии. Наблюдается эффект насыщения для энергий выше 5 ГэВ вне зависимости от типа пучка. Этот факт не может быть объяснен в традиционном подходе, когда первый этап реакции описывается как внутриядерный каскад, сопровождаемый предравновесной эмиссией, а затем включается статистическая модель мультифрагментации. Насыщение удается описать путем эмпирического учета дополнительно-

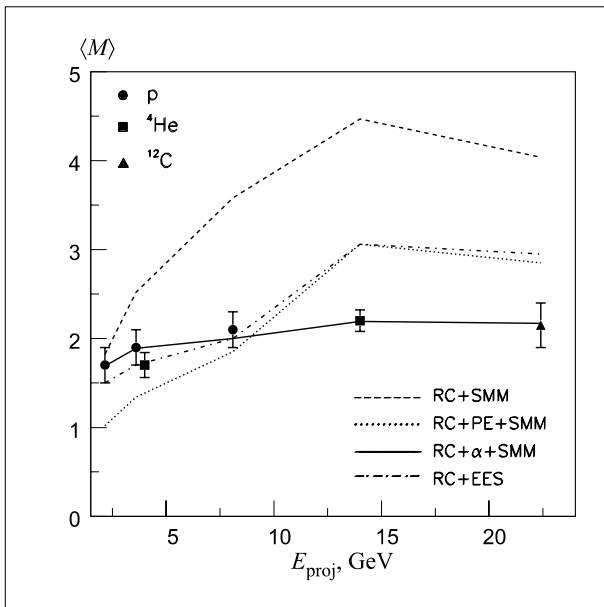


Рис.12. Средние множественности фрагментов ( $2 < Z < 20$ ) в функции энергии пучка. Сплошная линия получена в комбинированной модели, учитывающей дополнительный сброс энергии и массы во время расширения системы. Другими линиями представлены расчеты в традиционных подходах, которые сильно расходятся с данными эксперимента

го сброса энергии и массы спектатора мишени в процессе расширения системы за счет теплового давления (рис.13). В результате получено, что средняя энергия возбуждения ядра слабо меняется с ростом начальной энергии, оставаясь равной 400–500 МэВ. В случае He и C (из-за большей начальной температуры) давление оказывается выше и система в момент многотельного развала (когда ядро расширяется примерно в 3 раза) имеет заметную коллективную скорость. В результате спектры кинетических энергий фрагментов становятся более жесткими (рис.12).

Показано, что более тяжелые фрагменты формируются преимущественно в центральной части «развального» объема, что не соответствует ожиданиям статистической модели мультифрагментации (копенгагенская версия) [24].

В коллаборацию «Фаза» входят сотрудники ОИЯИ, РИЦ «Курчатовский институт» (Москва), ИЯИ (Троицк), ИЯФ им. Г.Неводничаньского (Краков), университетов Дармштадта (ФРГ) и Айовы (США).

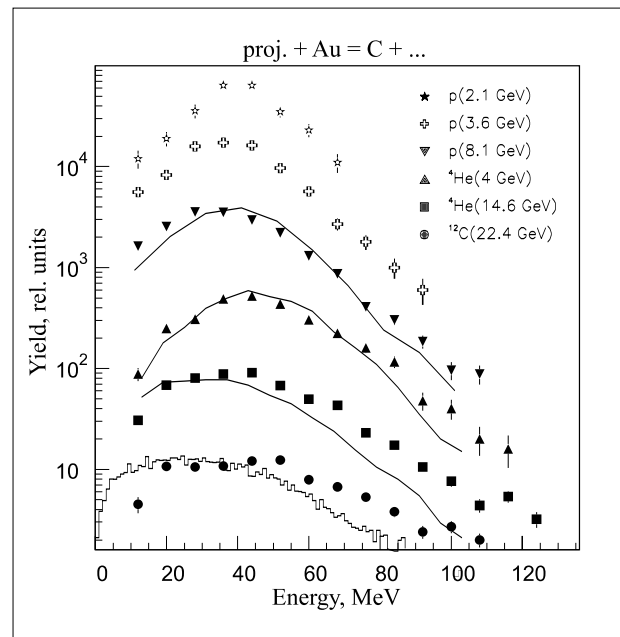


Рис.13. Энергетические спектры углерода, образующегося при взаимодействии протонов,  ${}^4\text{He}$  и  ${}^{12}\text{C}$  с золотом при различных энергиях. Линиями показаны результаты комбинированной модели, хорошо описывающей множественности фрагментов. Расчеты сделаны в предположении, что в системе нет коллективного потока. Хорошо описывая спектры в случае протонного пучка, модель не согласуется с данными, полученными при использовании He (14,6 ГэВ) и C (22,4 ГэВ), где вклад коллективного потока уже заметен



## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нейтрализация пространственного заряда электронного пучка в методе электронного охлаждения позволяет заметно улучшить качество электронного пучка и уменьшить время охлаждения ионов. С помощью специально разработанной методики определения массового состава ионов в нейтрализованном электронном пучке было обнаружено, что при уменьшении тока накала электронной пушки заметно уменьшается содержание ионов водорода в пучке. Вместе с тем происходит повышение порога пучково-дрейфовой неустойчивости, что приводит к стабилизации электронного пучка. На основе полученных данных был сделан вывод о необходимости накопления тяжелых ионов в нейтрализованном электронном пучке [25].

В сотрудничестве с институтом INOE-2000 (Румыния) разработана и сконструирована вакуумная камера накопителя LEPTA (рис.14). Были проведены первые вакуумные испытания, и получен вакуум  $10^{-8}$  торр. Изготовлена прямолинейная секция магнитной системы накопителя — четыре прямолинейных соленоида длиной 1 м каждый. В соленоидах было проведено измерение магнитного поля и разработаны катушки коррекции магнитного поля, что позволило улучшить качество магнитного поля до необходимого значения  $\Delta B/B < 10^{-3}$  [26]. Разработан

источник позитронов на основе радиоактивного источника  $^{22}\text{Na}$  и позитронная ловушка для предварительного накопления частиц перед инъекцией в накопитель.

На базе многокабинного клиничко-физического комплекса ЛЯП ОИЯИ (Дубна) сотрудниками Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, Онкологического научного центра и Медицинского радиологического научного центра РАМН (Россия), Института атомной энергии и Института ядерной физики (Польша), Отдела радиационной дозиметрии Института ядерной физики и Института радиационной онкологии (Чехия) проводятся медико-биологические и клинические исследования по лечению онкологических больных, совершенствованию оборудования и аппаратуры и разработка новых методов лучевой терапии и сопутствующей диагностики онкологических больных на медицинских адронных пучках фазотрона ОИЯИ.

В 1999 г. были получены следующие основные результаты.

1. После продолжительного перерыва были возобновлены клинические исследования по протонной терапии онкологических больных на пучках фазотрона. Совместно с врачами-радиологами из МРНЦ РАМН (Обнинск) было облучено трое пациентов со

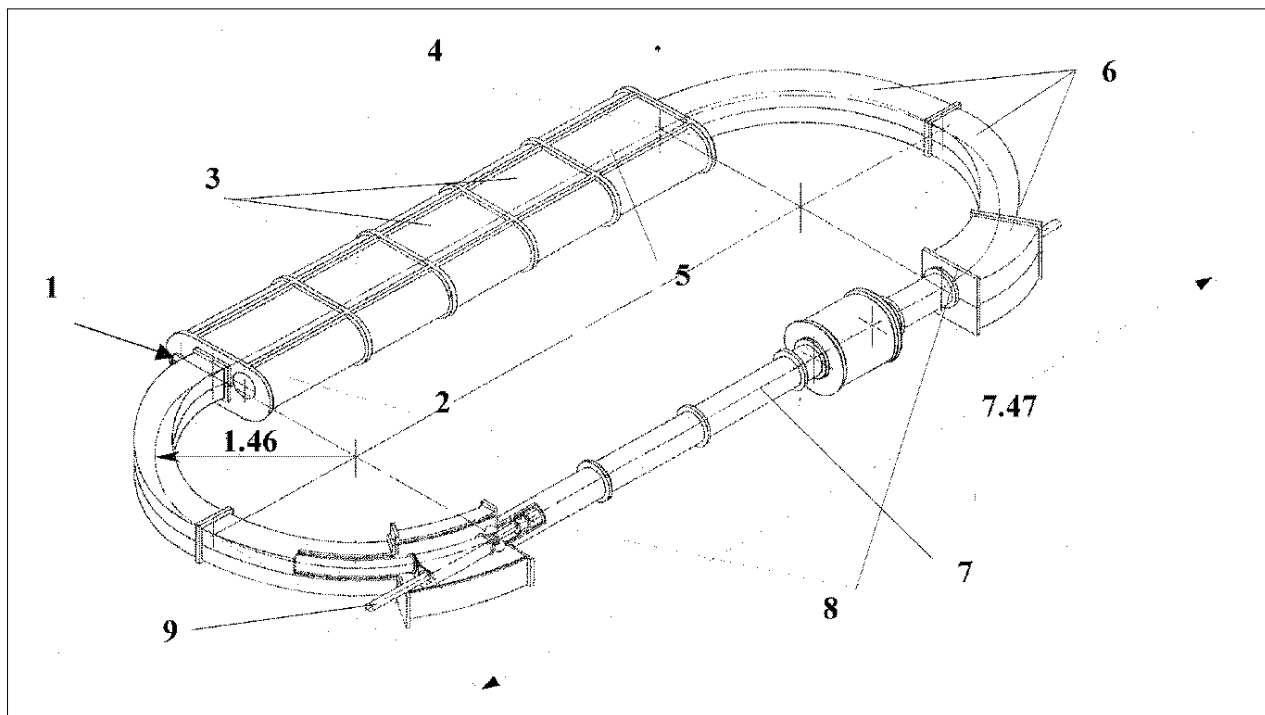


Рис.14. Накопитель LEPTA (размеры в метрах): 1 — инъекция позитронов, 2 — электронная пушка системы электронного охлаждения, 3 — септум, 4 — коллектор электронов, 5 — вводной кикер, 6 — тороидальные соленоиды, 7 — секция электронного охлаждения, 8 — пикап станции, 9 — вывод вакуумной камеры для откачки и выхода позитрония

злокачественными опухолями в области головы. Лучевое лечение проводилось по новой методике, что потребовало целого ряда подготовительных работ, обеспечивших высокую степень конформности и гарантии качества облучения, а именно:

- сформирован пучок протонов с энергией 150 МэВ, однородный в поперечном сечении, что позволяет получать гомогенное распределение дозы внутри объема мишени;
- разработан и изготовлен многолепестковый коллиматор, позволяющий формировать протонный пучок с заданным поперечным профилем, соответствующим профилю мишени;
- разработана и опробована методика расчета и изготовления болосов (замедлителей сложной формы), позволяющих совмещать максимум дозного распределения пучка с опухолевым объемом;

— реализована компьютерная программа планирования облучения, что значительно повышает качество проводимой радиотерапии;

— разработаны, изготовлены и опробованы системы дополнительной лазерной фиксации пациента в терапевтическом кресле, гарантирующие высокую степень воспроизводимости положения пациента (в пределах 1 мм) от сеанса к сеансу.

В плане организации широких клинических испытаний по адронной терапии онкологических больных на пучках фазотрона ЛЯП важным шагом вперед стало открытие в Дубне на базе МСЧ-9 специализированного радиологического отделения на 30 коек, что позволит облучать на медицинских пучках ОИЯИ до 150 пациентов ежегодно. Получено официальное разрешение Минздрава России на проведение в медико-техническом комплексе ЛЯП ОИЯИ клинических исследований по адронной терапии онкологических больных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Astier P. et al., *NOMAD Coll.* — *Phys. Lett. B*, 1999, v.453, p.168.
2. Astier P. et al., *NOMAD Coll.* — Preprint CERN, CERN-EP/99-151, to be published in «*Phys. Lett. B*».
3. Bunyatov S., Merekov Yu., Naumov D., Popov B. — *Polarization of  $\Lambda$  hyperons produced inclusively in neutrino charged current interactions in the NOMAD experiment*, NOMAD note #99-017.
4. Sidorov A.V. et al. — *Eur. Phys. J. C*, 1999, v.10, p.405.
5. Blik A. et al. — *JINR Communication P1-99-293*, Dubna, 1999; Flyagin V. — *Experiments on K decay at the Serpukhov PS, 1999. Workshop on physics and detectors for DAFNE-99, INFN, Frascati, Italy (to be published)*.
6. Ajaltouni Z. et al. — *Results from an expanded combined test of the electromagnetic liquid argon calorimeter with a hadronic scintillating-tile calorimeter. NIM A (in press)*.
7. Airapetian A. et al. — *ATLAS Detector and Physics Performance Technical Design Report, v.1*, CERN-LHCC-99-14; *ATLAS-TDR-14*, 1999, p.458, CERN; Bosman M., Kultchitsky Y.A., Nessi M. — *Charged pion energy reconstruction in the ATLAS barrel calorimeter. ATL-COM-TILECAL-99-011*, CERN, Switzerland, 1999, p.17.
8. Amaral P. et al. — *Hadronic Shower Development in Iron-Scintillator Tile Calorimetry. NIM A (in press)*.
9. Kultchitsky Y.A., Vinogradov V.B. — *JINR Communication, E1-99-12*, Dubna, 1999.
10. Alikov A.M. et al. — *JINR Communication, E1-99-79*, Dubna, 1999.
11. Affolder T. et al., *FERMILAB-PUB-99-138-E.* — Submitted to «*Phys. Rev. Lett.*».
12. Affolder T. et al., *FERMILAB-PUB-99-210-E.* — Submitted to «*Phys. Rev. D*».
13. Ashmanskas W. et al., *FERMILAB-CONF-99-236-E.* — Submitted to «*Nuovo Cim.*».
14. Ashmanskas W. et al., *FERMILAB-CONF-99-158-E.* — *Proc. of 6th International Workshop on New Computing Technics in Physics Research (AIHENP-99) Heraklion Crete, Greece, April 1999.*
15. Plis Yu.A. — *In the Proc. of the 13th Int.Symp. on High Energy Spin Physics, World Scientific, 1999, p.430.*
16. Mamedov T.N. et al. — *J. Phys.: Condens. Matter*, 1999, v.11, p.1; Mamedov T.N. et al. —  $\mu^-$ SR investigations in silicon; be published in «*Physica B*».
17. Barsov S. et al. — *The ANKE Spectrometer at COSY-Juelich and Studies of the Subthreshold  $K^+$ -production.* — In: *Proc. XV Particles and Nuclei Int.Conf., PANIC-99, Uppsala, Sweden.*
18. DISTO Coll., Balestra F. et al. — *Spin Transfer in Exclusive Lambda Production from pp Collisions at 3.67 GeV/c.* — Accepted for publication in «*Phys. Rev. Lett.*»; DISTO Coll., Balestra F. et al. — *Nucl. Instr. and Meth.*, 1999, v.A426, p.385.
19. Bystritsky V.M. et al. — *JINR Preprint D15-99-163*, Dubna, 1999; submitted to «*Nuclear Physics*».

20. Морозов В.А. и др. — Препринт ОИЯИ Р6-99-3, Дубна, 1999; направлено в «ПТЭ».  
Морозов В.А. Морозова Н.В. — Препринт ОИЯИ Р6-99-4, Дубна, 1999; направлено в «ПТЭ».
21. Adam I. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1999, No.2, [94]-99, p.37;  
Stegailov V.I. et al. — *Czech. J. Phys.*, 1999, 49/S2, p.247.
22. Gromov K.Ja. et al. — *Izvestija RAN (phys.)*, 1999, v.63, p.860.
23. Kovalik A., Yakushev E.A., Filosofov V.D. et al. — *J. Electron Spectrosc. and Relat. Phenom.*, 1999, v.105, p.219.
24. Karnaukov V.A. et al. — *Acta Phys. Polonica B*, 1999, v.30, p.429;  
Wagner P., Richert J., Karnaukhov V.A., Oeschler H. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.460, p.31;  
Oeschler H. et al. — In: *Proc. of the Int. Workshop XXVII on Properties of Nucl. and Nucl. Exc.*, Hirschegg, 1999, p.116;  
Карнаухов В.А. — Препринт ОИЯИ Р1-99-13, Дубна, 1999.
25. Meshkov I. — *Space Charge Effects in the Intense Electron Beam Related to the Electron Cooling System. Symposium SCHEF-99. Dubna, 1999, p.163*;  
Meshkov I., Sidorin A., Smirnov A., Syresin E., Trubnikov G. — *Electron cooling of magnetized positrons. In: Proc.Intern. Workshop ECOOL-99, Uppsala University, Sweden, 1999.*
26. Meshkov I., Sidorin A., Smirnov A., Syresin E. — *NIM A*, 1999, v. 427, p.58.

# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г.Н.ФЛЕРОВА

Научная активность Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова в области физики тяжелых ионов традиционно развивается по трем главным направлениям. Она включает эксперименты по синтезу тяжелых и экзотических ядер с использованием пучков стабильных и радиоактивных изотопов и изучению механизмов ядерных реакций, развитие ускорительной техники, изучение взаимодействий тяжелых ионов с веществом и прикладные исследования.

В 2000–2002 гг. исследования в области ядерной физики будут проводиться по 11 проектам, объединенным в две темы, и в рамках одного общеинститутского проекта:

- синтез тяжелых ядер, изучение свойств новых ядер и механизма ядерных реакций, вызываемых тяжелыми ионами (8 проектов);
- усовершенствование циклотронов ЛЯР для получения высокоинтенсивных пучков ускоренных ионов стабильных изотопов (3 проекта);
- создание комплекса циклотроны У-400+У-400М+микротрон М-25 для получения пучков радиоактивных ионов (проект DRIBs).

Планируемые исследования будут проводиться при широком международном сотрудничестве как на ускорителях ЛЯР, так и на ускорителях других научных центров.

## Тяжелые элементы

Фундаментальным следствием макро-микроскопической теории явилось предсказание «острова стабильности» сверхтяжелых элементов вблизи  $Z = 114$  и  $N \approx 184$ . Эта интригующая гипотеза, предложенная около 30 лет назад и интенсивно развивавшаяся все это время, получила экспериментальное подтверждение в Лаборатории ядерных реакций.

Использование ионов  $^{48}\text{Ca}$  в качестве бомбардирующих частиц представляет особый интерес для синтеза тяжелых элементов. Значительный нейтрон-

ный избыток этих ядер позволяет получить компаунд-ядра с числом нейтронов, наиболее приближенным к предсказанным магическим числам. Благодаря дважды магической структуре  $^{48}\text{Ca}$  ( $Z = 20$ ,  $N = 28$ ) при энергиях вблизи кулоновского барьера могут образовываться относительно холодные компаунд-ядра. В реакциях слияния  $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$  могут быть синтезированы изотопы 114-го элемента с максимальным избытком нейтронов.

Получение интенсивного пучка ионов  $^{48}\text{Ca}$  — исключительно редкого и дорогого изотопа — явилось краеугольным камнем в попытках синтеза сверхтяжелых элементов. Для решения этой задачи потребовалось провести коренную модернизацию ускорителя У-400. Благодаря усовершенствованиям удалось получить пучки  $^{48}\text{Ca}$  с интенсивностью  $8 \div 10$  мкА при расходе рабочего вещества около 0,3 мг/ч. Средняя интенсивность пучка ионов на мишени составляла  $4 \cdot 10^{12}$  1/с.

Эксперименты по синтезу наиболее тяжелых изотопов 114-го элемента выполнялись на дубненском газонаполненном сепараторе. Мишень состояла из обогащенного изотопа  $^{244}\text{Pu}$  (98,6 %). Энергия бомбардирующих частиц в середине мишени была выбрана равной 236 МэВ, при этом энергия возбуждения составного ядра должна была находиться в пределах от 34 до 38,5 МэВ. В этих условиях были выполнены два эксперимента. Полная доза пучка на мишени составила  $9,8 \cdot 10^{18}$  ионов.

В первом эксперименте [1] была зарегистрирована цепочка последовательных распадов, приведенная на рис. 1,а. Рассматривая условия проведения эксперимента и характеристики распадов, можно заключить, что цепочка распада относится к изотопу  $^{289}\text{114}$ , образовавшемуся в канале с испарением трех нейтронов с сечением около 0,5 пб.

Во втором эксперименте [2], проведенном в июне-октябре 1999 г., полная доза ионов на мишени

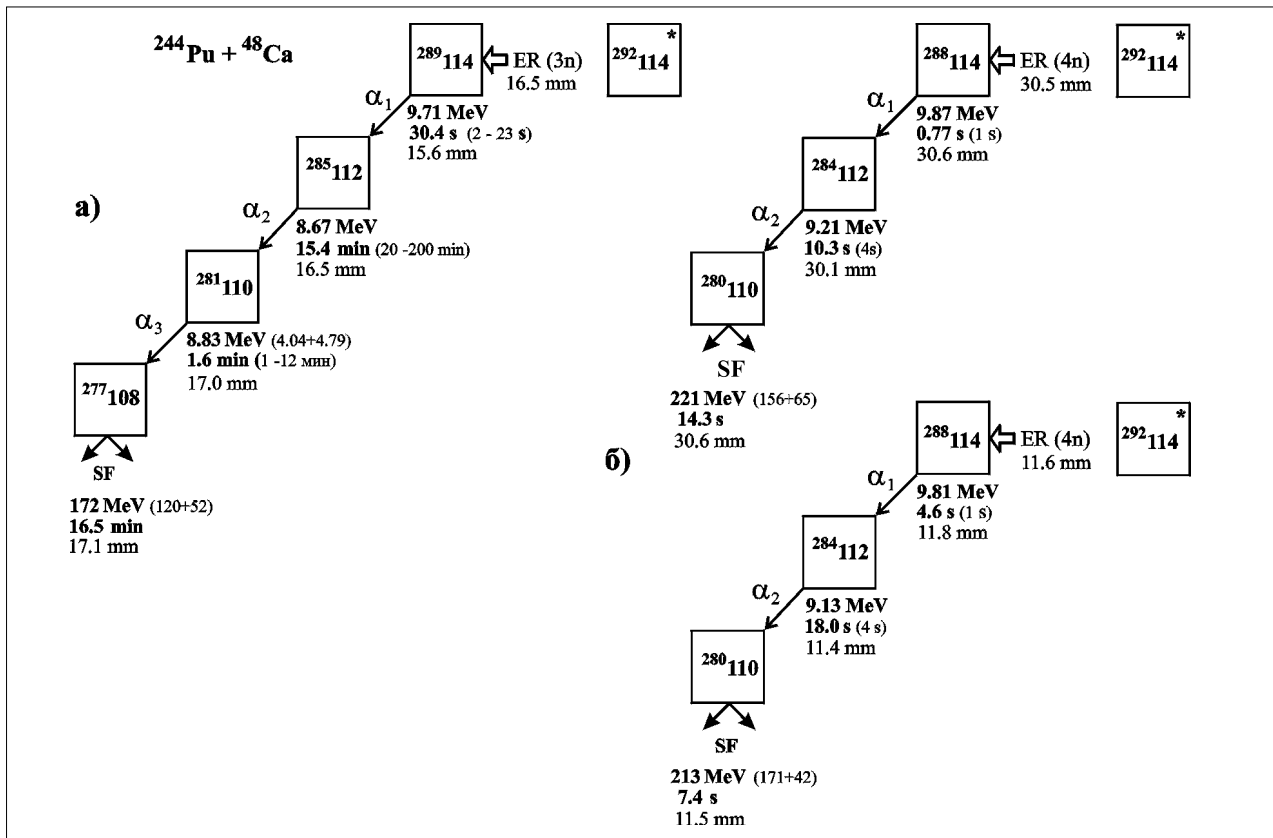


Рис. 1. Цепочка последовательных распадов, наблюдавшаяся в реакции  $^{244}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ . Для осколков деления указаны энергии в фокальном и боковом детекторах. Для всех сигналов указаны координаты зарегистрированных событий

составила  $1,1 \cdot 10^{19}$ . В этом случае наблюдались две цепочки  $\alpha$ -распадов, завершившихся спонтанным делением (рис.1,б).

Энергия ионов пучка соответствовала энергии возбуждения составных ядер  $^{292}_{114}$  равной  $E_x = 38 \pm 2$  МэВ. При этой энергии наибольшую вероятность имел канал с испарением четырех нейтронов, приводивший к образованию изотопа  $^{288}_{114}$ .

Изотоп элемента 114 с  $N = 173$  —  $^{287}_{114}$  — может быть синтезирован в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$  при испарении трех нейтронов. Этот изотоп должен испытывать  $\alpha$ -распад, приводящий к образованию дочернего ядра  $^{283}_{112}$ , которое ранее было синтезировано в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ . Условия проведения эксперимента [3] в марте-апреле на сепараторе ВАСИЛИСА были практически идентичны условиям проведения экспериментов по синтезу изотопа  $^{283}_{112}$  в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ . Энергия бомбардирующих ионов  $^{48}\text{Ca}$  составляла 235 МэВ, полная доза ионов на мишени —  $7,5 \cdot 10^{18}$ . Были наблюдаены две цепочки  $\alpha$ -распада, завершившиеся спонтанным делением с периодом по-

лураспада  $T_\alpha = 5,5^{+10}_{-2}$  с (рис.2). Сечение образования нового изотопа  $^{287}_{114}$  составило около 2 пб.

Обобщая результаты экспериментов с пучком  $^{48}\text{Ca}$  после набора интегральной дозы  $2,2 \cdot 10^{19}$  ионов, можно прийти к следующим заключениям.

Период полураспада изотопа  $^{287}_{114}$  оказался короче, чем у более тяжелых изотопов  $^{289}_{114}$  и  $^{288}_{114}$ . В соответствии с теорией такая тенденция ожидается для сверхтяжелых ядер при уменьшении числа нейтронов или, другими словами, по мере удаления от замкнутой оболочки  $N = 184$ .

Спонтанное деление (ТКЕ  $\sim 200$  МэВ) связано с распадом тяжелых долгоживущих ядер ( $T_{\text{SF}} \sim 10 \div 1000$  с). В экспериментах с мишенями  $^{242,244}\text{Pu}$  ( $Z_{\text{СН}} = 114$ ) они образуются как дочерние продукты распада.

Для цепочек последовательных  $\alpha$ -распадов, завершающихся спонтанным делением, энергии  $Q_\alpha$  и периоды полураспада  $T_\alpha$  следуют фундаментальному закону Гейгера–Неттола (рис.3) и указывают на распад ядер с большими атомными номерами ( $Z = 110 \div 114$ ). В соответствии с условиями экспериментов родительские ядра должны были образовываться в реакциях с испарением трех или четырех

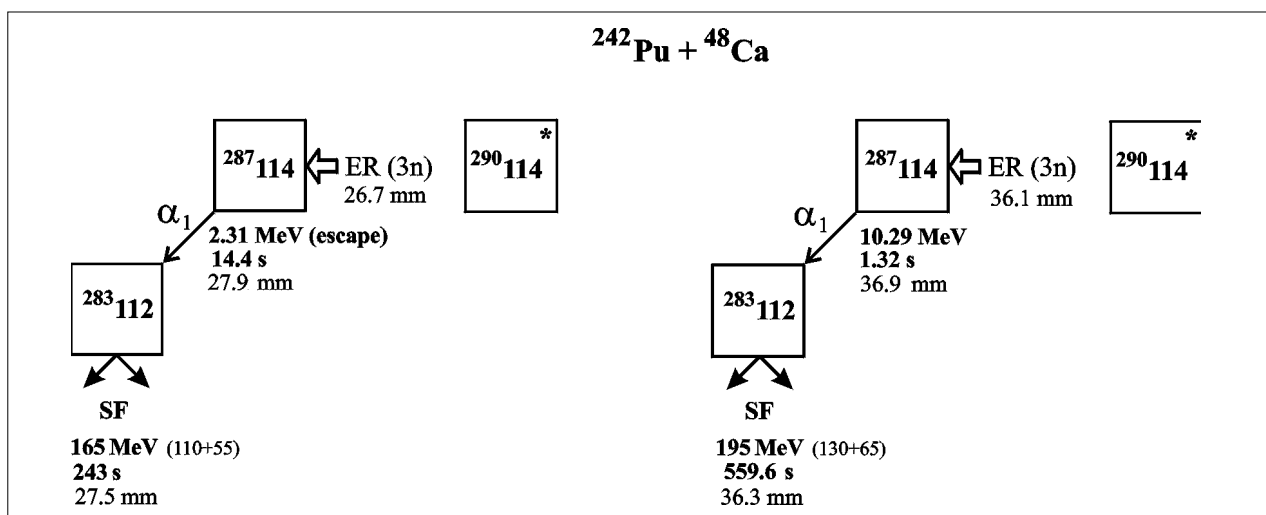


Рис.2. Цепочка распадов, наблюдавшаяся в реакции  $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$

нейтронов. Сечения этих реакций составляют несколько пикобарн.

В течение 2000–2002 гг. исследования будут направлены на синтез ядер с  $Z \sim 110–116$  в реакциях  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{236,238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242,244}\text{Pu}$ ,  $^{241,243}\text{Am}$ ,  $^{246,248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ . Следует отметить, что четно-нечетные и нечетно-нечетные изотопы, которые могут быть получены в реакциях с мишенями  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{243}\text{Am}$  или  $^{249}\text{Bk}$ , могут оказаться еще более долгоживущими. В этих экспериментах будут использоваться установки ВАСИЛИСА и газонаполненный сепаратор (ГНС).

В 2000 г. планируется продолжить модернизацию детектирующей системы сепараторов [4] и реконструировать сепаратор ВАСИЛИСА с целью значительного повышения массового разрешения.

Эксперименты будут выполняться в сотрудничестве с Лабораторией Лоуренса (Ливермор, США), Институтом тяжелых ионов (GSI, Германия), Университетом им. Я.Коменского (Братислава, Словакия), Университетом Мессины (Италия), RIKEN (Япония).

### Химия трансактинидов

Исследования свойств новых элементов традиционно входят в программу исследований ЛЯР. Серия совместных экспериментов была выполнена в сотрудничестве с научными центрами Швейцарии, Германии и Польши. Были получены новые результаты о свойствах резерфордия (Rf), дубния (Db) и сиборгия (Sg) [5].

Значительные времена жизни изотопов с  $Z = 108 \div 114$ , синтезированных в реакциях с  $^{48}\text{Ca}$ , позволяют проводить эксперименты по изучению хими-

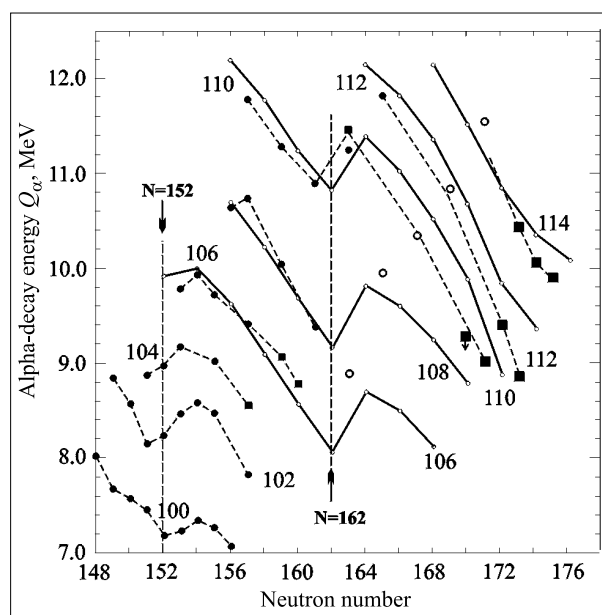


Рис.3. Энергии  $\alpha$ -распадов —  $Q_\alpha$  — как функции числа нейтронов для изотопов с  $Z = 100 \div 114$ . Сплошные линии соответствуют расчетным значениям. Заполненные символы — экспериментальные значения:  $\square$  — результаты, полученные в реакциях с  $^{48}\text{Ca}$ ,  $\circ$  — результаты В.Нинова и др. ( $^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb}$ ). Прерывистые линии проведены через экспериментальные точки для наглядности

ческих свойств этих элементов. Проблема может быть сформулирована следующим образом: являются ли эти элементы гомологами тяжелых металлов Os + Pb. Химические свойства тяжелых элементов определяются релятивистскими эффектами, и их изучение относится к фундаментальным проблемам современной химии.

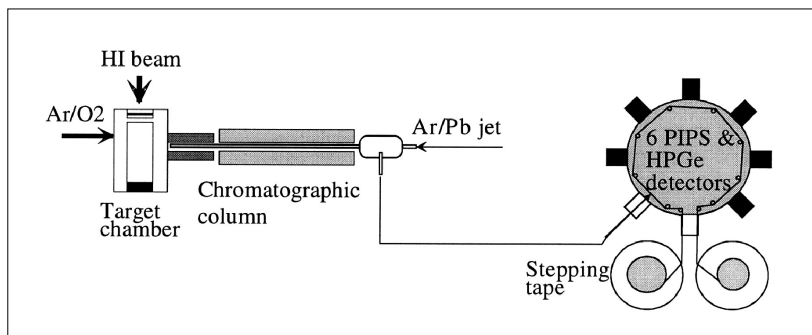


Рис.4. Схема модернизированной установки КИТ

Предполагается, что элемент 108 (хассий) будет являться гомологом Ru и Os. Благодаря уникальному групповому химическому свойству Ru, Os и Hs образовывать весьма летучие стабильные тетроксиды типа  $Os(Ru)O_4$ , хассий может быть успешно отделен от актинидов и трансактинидов с  $Z < 108$ . В модельных опытах с короткоживущими  $\alpha$ -активными изотопами  $^{171-174}Os$ , получавшимися в реакции  $^{158}Dy + ^{20}Ne$  [6], при помощи смеси газов-носителей ( $Ar/O_2$ ) термализованные атомы отдачи переносились в горячую ячейку кварцевой термохроматографической колонки (рис.4).

При добавлении в газ аэрозолей свинца удавалось переносить  $OsO_4$  в помещение для измерения активности на расстояние 10 метров за несколько секунд. Аэрозоли высаживались на ленту, которая каждые 20 секунд перемещалась на один шаг. Полный выход изотопов  $^{171-174}Os$ , включая вынос из реакционной камеры, транспорт и осаждение, составил 50–60%.

В 2000 г. запланированы эксперименты по химическому выделению и идентификации тяжелого изотопа элемента  $Z = 112$ , образующегося в реакции  $^{238}U(^{48}Ca, 3-4n)$ , детектированию его  $\alpha$ -распада и спонтанного деления в совпадении с нейтронами.

### Деление ядер

Интерес к изучению деления сверхтяжелых ядер в реакциях с тяжелыми ионами связан в первую очередь с возможностью получения информации, необходимой для синтеза новых элементов и оценки сечения образования компаунд-ядер при энергии возбуждения около  $15 \div 30$  МэВ.

В этой связи в ЛЯР в 1999 г. были выполнены эксперименты по делению тяжелых ядер в реакциях  $^{208}Pb + ^{48}Ca \rightarrow ^{256}No$ ,  $^{238}U + ^{48}Ca \rightarrow ^{286}112$ ,  $^{244}Pu + ^{48}Ca \rightarrow ^{292}114$ ,  $^{208}Pb + ^{86}Kr \rightarrow ^{294}118$  [7,8].

Выбор этих реакций был связан с экспериментами по синтезу изотопов  $^{283}112$ ,  $^{287}114$ ,  $^{289}114$  в Дубне и изотопа  $^{293}118$  в Беркли (США).

Эксперименты выполнялись на выведенном пучке ионов  $^{48}Ca$  и  $^{86}Kr$  циклотрона У-400 с помощью времяпролетного спектрометра КОРСЕТ, 24 модулей нейтронного спектрометра ДЕМОИИ и 4-кристалльного сцинтилляционного детектора множественности  $\gamma$ -квантов.

На рис.5 представлены двумерные матрицы ТКЕ-М для исследованных реакций с ионами  $^{48}Ca$  при  $E_{lab} = 233$  МэВ и  $^{86}Kr$  при  $E_{lab} = 453$  МэВ, которые соответствовали энергиям возбуждения  $E^* \approx 33$  МэВ для компаунд-ядер  $^{256}No$ ,  $^{286}112$  и

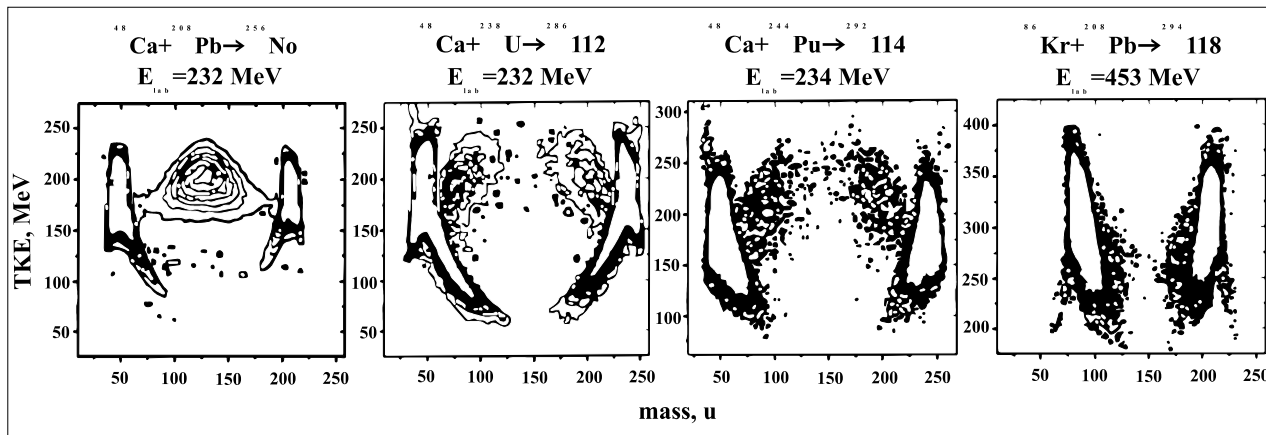


Рис.5. Двумерные матрицы ТКЕ-М для продуктов указанных реакций

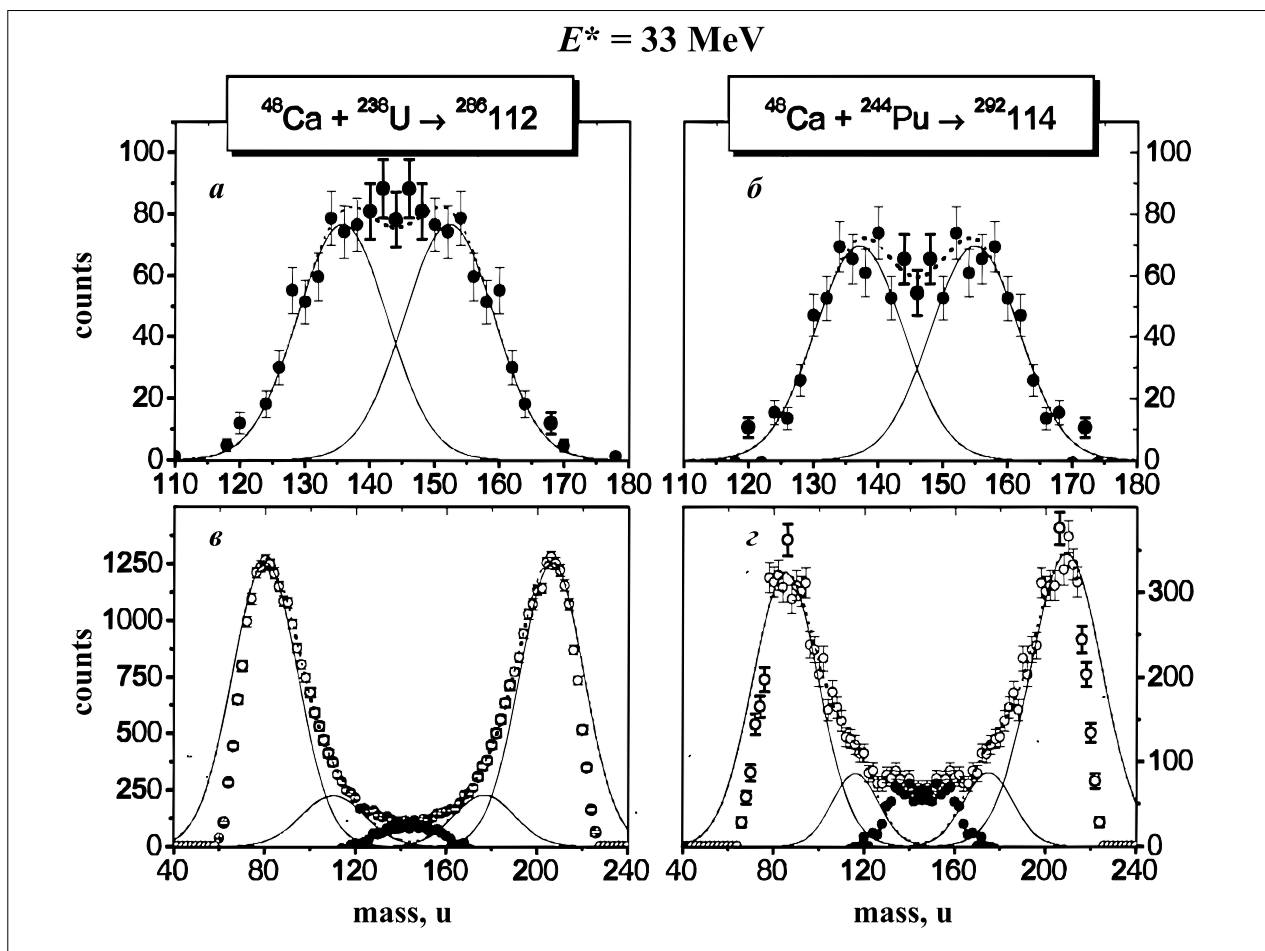


Рис.6. а, б) Извлеченные компоненты деления компаунд-ядра, представленные двумя гауссианами. в, г) Массовые распределения продуктов реакций. ○ — экспериментальные данные, ● — извлеченные компоненты при делении компаунд-ядра

$^{292}\text{114}$ , а для ядра  $^{294}\text{118}$  —  $E^* \approx 15 \text{ МэВ}$ . Из рисунка хорошо видно, что матрица ТКЕ-М между пиками упругого рассеяния коренным образом изменяется при переходе от  $^{256}\text{No}$  к сверхтяжелым ядрам. Для  $^{256}\text{No}$  она имеет треугольную форму, которая характерна для деления составного ядра, и только на краях видны события, которые могут быть приписаны квазиделению. При переходе к ядру  $^{286}\text{112}$  процесс квазиделения становится доминирующим.

Для ядра  $^{292}\text{114}$  картина опять изменяется. Можно видеть, что отношение выхода фрагментов квазиделения по отношению к выходу осколков в области симметричного деления существенно отличается от их отношения для  $^{286}\text{112}$ . Эта тенденция более отчетливо видна на нижней части рис.6, на которой показаны выходы масс —  $Y(M)$  для двух реакций —  $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$  и  $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$ .

В табл.1 представлены результаты изучения реакций с  $^{48}\text{Ca}$  и для реакции  $^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb}$ .

Таблица 1. Сечения и ТКЕ

Реакция	$E_{\text{lab}}$ , МэВ	$E^*$ , МэВ	$\sigma_{\text{fis}}$	$\sigma_{\text{fis}}/\sigma_{\text{cap}}$ , %	ТКЕ, МэВ
$^{48}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$	230	33	350 мб	96	193
$^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$	232	33	6 мб	3	215
$^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$	233,5	33	4 мб	9	220
$^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb}$	486	28	$\sim 6 \text{ мкб}$	$\leq 10^{-3}$	260
$^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb}$	453	15	$\leq 500 \text{ нб}$	—	260



В случае реакции  $^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb}$  в области симметричного массового распределения ( $A/2 \pm 30$ ) процесс квазиделения преобладает. В этом заключается коренное отличие реакции  $^{86}\text{Kr} + ^{208}\text{Pb}$  от реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ , и особенно от  $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$ , в которых в той же области масс преобладает вклад деления компаунд-ядра.

При помощи времяпролетного спектрометра КОРСЕТ и модулей нейтронного спектрометра ДЕМООН будет продолжено изучение слияния-деления Pb, U,  $^{244}\text{Pu}$ ,  $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ ,  $^{58}\text{Fe}$ ,  $^{64}\text{Ni}$ ,  $^{86}\text{Kr}$ . Планируется также продолжить изучение влияния оболочечных эффектов на динамику спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$ .

Эксперименты будут выполняться в сотрудничестве с Университетом Вандербилта (Нэшвилл, США), INFN (Катания, Италия), ISN (Гренобль, Франция), Брюссельским университетом (Бельгия), Техасским университетом (США), IP (Братислава, Словакия) и ИЯФ (Алма-Ата, Казахстан).

### Образование и распад горячих ядер

На сепараторе ВАСИЛИСА при взаимодействиях  $^{40}\text{Ar}$  и  $^{40,48}\text{Ca}$  с  $^{144,154}\text{Sm}$  будут изучаться реакции распада компаунд-ядер с испарением протонов,  $\alpha$ -частиц и до 20 нейтронов при энергиях возбуждения до 300 МэВ. Эти эксперименты позволят получить данные для реакций полного слияния, приводящих к тяжелым компаунд-ядрам с  $Z \geq 86$ , а также получить новые данные о барьерах деления и делимости ядер с

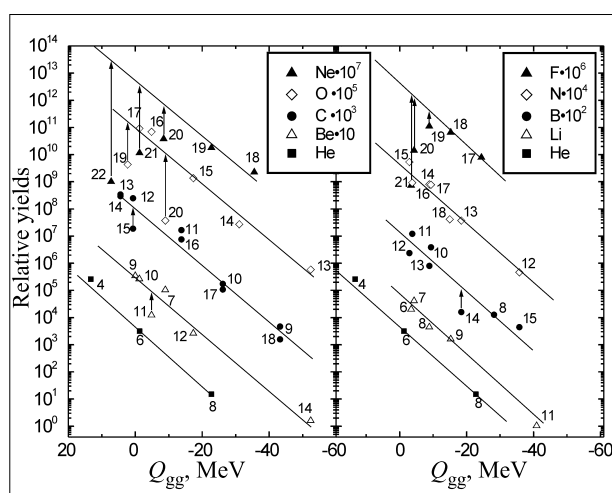


Рис. 7. Выходы изотопов с  $2 \leq Z \leq 10$  в зависимости от величин  $Q_{gg}$ . Стрелки около точек, соответствующих изотопам O, F и Ne, указывают понижение выходов. Цифры около точек обозначают множители для экспериментальных выходов

$Z \geq 90$ . В глубоко подбарьерной области планируется изучение реакции  $^{12}\text{C} + ^{204,208}\text{Pb}$ .

Эти эксперименты будут проводиться совместно с GSI (Дармштадт, Германия), Университетом им. Я.Коменского (Братислава, Словакия), INFN (Катания, Италия), Университетом Мессины (Италия), RIKEN (Япония).

### Сепаратор КОМБАС

В 1999 г. была выполнена серия экспериментов по изучению нуклон-нуклонных взаимодействий при промежуточных энергиях и определению интенсивности вторичных радиоактивных пучков ядер [9].

Выходы изотопов в реакциях срыва нуклонов с большими отрицательными значениями  $Q_{gg}$  хорошо описываются простой экспоненциальной аппроксимацией в рамках  $Q_{gg}$ -систематики (рис. 7). Через экспериментальные точки, относящиеся к нейтроноизбыточным изотопам  $^6\text{He}$  и  $^8\text{He}$ , проведена экспонента, для изотопов с  $2 \leq Z \leq 10$  аппроксимация получена сдвигом экспоненты для изотопов гелия. Не были обнаружены изменения механизма периферических реакций при промежуточных энергиях в сравнении с реакциями при низких энергиях.

В реакциях  $^{18}\text{O}$  (35 А · МэВ) с  $^9\text{Be}$  (легкая мишень) и  $^{181}\text{Ta}$  (тяжелая мишень) измерялись инклюзивные выходы экзотических изотопов  $^9\text{Li}$ ,  $^{11}\text{Li}$ ,  $^{11}\text{Be}$ ,  $^{12}\text{Be}$  и  $^{14}\text{Be}$ , которые могут использоваться как вторичные радиоактивные пучки ядер, имеющих структуру гало (табл.2).

Таблица 2. Выходы изотопов Li и Be, содержащих гало в реакции 35 А МэВ  $^{18}\text{O}$  на  $^9\text{Be}$  мишени (200 мг/см<sup>2</sup>). Интенсивность первичного пучка составляла 10 мкА

Вторичные пучки, частиц в секунду				
$^9\text{Li}$	$^{11}\text{Li}$	$^{11}\text{Be}$	$^{12}\text{Be}$	$^{14}\text{Be}$
$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^2$

В течение 2000–2002 гг. будут выполнены исследования выходов и свойств тяжелых изотопов кислорода в реакциях  $^{36}\text{S}$ ,  $^{40}\text{Ar}(20 \div 60 \text{ А МэВ}) + ^9\text{Be}$ , Ta. Для этих целей будет использован трековый детектор на базе многослойной пропорциональной камеры. Эксперименты будут выполняться в сотрудничестве с GSI (Дармштадт, Германия) и Университетом им. Я.Коменского (Братислава, Словакия).

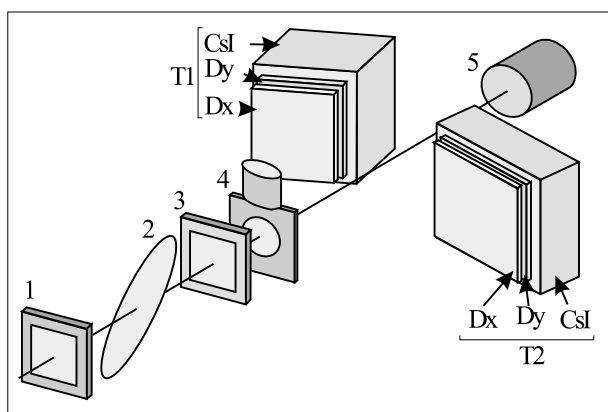


Рис.8. Детектирующая система. Каждый телескоп  $T1$  и  $T2$  состоит из 40-стрипового Si-детектора — Dx и Dy и толстого CsI-кристалла. По ходу пучка установлены: мишень (4), две многопроволочные пропорциональные камеры (1 и 3) и пластиковые сцинтилляционные детекторы 2 и 5

### Реакции с пучками радиоактивных ионов

Для реализации физической программы исследований реакций с радиоактивными пучками был разработан и создан сепаратор АКУЛИНА. Используя выведенные из циклотрона У-400М пучки ионов  ${}^7\text{Li}$  и  ${}^{11}\text{B}$  с энергией  $32 \div 34$  А МэВ, удалось получить вторичные пучки ионов  ${}^6\text{He}$  и  ${}^8\text{He}$  с энергией  $20 \div 30$  А МэВ и сфокусировать их на физической мишени в пятно  $0,8 \text{ см}^2$ .

Интенсивности вторичных пучков составляли, соответственно,  $3 \cdot 10^5$  и  $1 \cdot 10^4$  1/с при интенсивности первичного пучка на бериллиевой мишени около  $2 \cdot 10^{13}$  1/с. Вторичный пучок имел разброс по энергии на уровне 5 % (FWHM). Многопроволочные ионизационные камеры, установленные в пучке, обеспечивали позиционное разрешение 1,5 мм и угловое разрешение  $0,15^\circ$  в режиме детектирования каждой налетающей частицы вторичного пучка. Детектирующая система установки схематически показана на рис.8.

Наши усилия были направлены на изучение реакций передач между налетающими частицами  ${}^6\text{He}$  и  ${}^8\text{He}$  и ядрами-мишенями — водородом и гелием [10]. В случае ядра-мишени  ${}^4\text{He}$  могла происходить передача двух или четырех нейтронов для  ${}^6\text{He}$  и  ${}^8\text{He}$ , т.е. обменный процесс, который можно было бы наблюдать в системе центра масс как упругое рассеяние в обратном направлении. Передача двух нейтронов между ядрами  ${}^6\text{He}$  и  ${}^1\text{H}$  могла бы быть хорошим тестом для теоретических предсказаний, сделанных на базе трехтельной модели  ${}^6\text{He}$  [11].

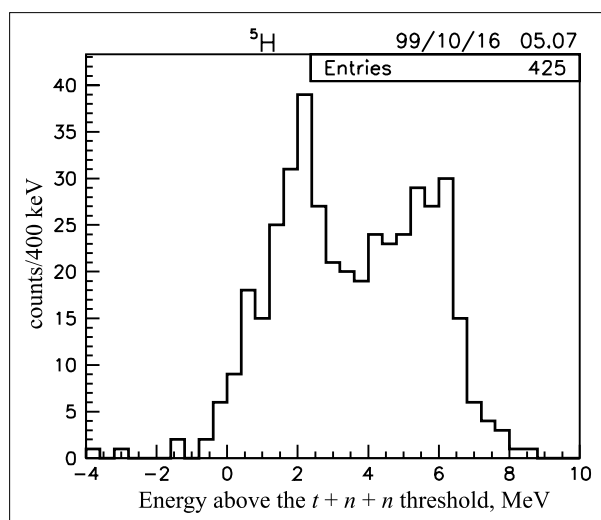


Рис.9. Энергетический спектр пространственно-коррелированных двухпротонных пар, детектируемых в реакции  ${}^6\text{He} + p \rightarrow {}^3\text{H} + 2p + n + n$  при энергии  ${}^6\text{He}$ , составляющей 36 А МэВ. Вдоль оси абсцисс отложена энергия над порогом распада  $t + n + n$

Успешно завершилась серия экспериментов, направленная на обнаружение резонанса  ${}^5\text{H}$  (основного состояния). Резонанс  ${}^5\text{H}$  возбуждался в реакции  ${}^6\text{He} + p \rightarrow {}^5\text{H} + 2p$ . Условия двухчастичной кинематики в этой реакции реализуются благодаря виртуальному взаимодействию двух протонов. Резонансное состояние, которое находится примерно на 2 МэВ выше порога распада  $t + n + n$ , было обнаружено в спектре полной энергии коррелированных протонов, испускаемых в выходном канале реакции. Ширина этого пика определяется в основном аппаратным разрешением. Реальная ширина резонанса  ${}^5\text{H}$  оценивается как 1/10 часть от ширины пика, показанного на рис.9. Распределение остальных событий вне резонанса хорошо объясняется в терминах фазового объема, описывающего реальную детекторную сборку и обрезающего спектр с правой стороны (рис.9).

Завершены эксперименты по изучению резонансных состояний в  ${}^7\text{He}$ , заселяемых при передаче одного нейтрона на  ${}^6\text{He}$  от дейтериевой мишени. В настоящее время данные анализируются с целью получения информации о структуре резонанса  $p3/2$  в основном состоянии  ${}^7\text{He}$  и, возможно, о другом резонансе  $p1/2$ .

Планируется произвести модернизацию установки АКУЛИНА. Предусматривается вывод пучка за пределы ускорительного зала, установка криогенной мишени из жидкого трития и детекторов нейтронов.

Эксперименты на установке АКУЛИНА выполнялись в сотрудничестве с группами из GANIL (Кан, Франция), ЕрФИ (Ереван, Армения), RIKEN (Саита-

ма, Япония), ГНЦ «Курчатовский институт» (Москва, Россия), GSI (Дармштадт, Германия) и Университета им. Я.Коменского (Братислава, Словакия).

#### 4 -детектор ФОБОС

В экспериментах, выполненных совместно с Университетом Юваскулы (Финляндия) с использованием детектирующих модулей установки ФОБОС, изучался распад ядерных систем, образующихся в реакции  $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$  [12]. Впервые наблюдалась тонкая структура в массовом распределении осколков деления составного ядра  $^{278}110$  с энергией возбуждения 60 МэВ. Наблюдались отдельные пики в районе масс  $A \sim 70, 100$  и  $130$ , характерных для магических ядер (кластеров) Ni, Zn, Sn, Sr.

#### Установка «Мульти»

В 1999 г. закончилось создание многомодульного спектрометра «Мульти» для изучения характеристик

ядерных реакций со стабильными и радиоактивными пучками. Спектрометр состоит из многослойных сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов, позиционно-чувствительных пропорциональных камер и ВГО-сцинтилляционных годоскопов [13]. Спектрометр обладает высоким временным, позиционным и энергетическим разрешением и способен регистрировать характеристики одновременно нескольких частиц. Благодаря этим свойствам могут выполняться сложные корреляционные эксперименты по изучению реакций с экзотическими протонобогатыми ядрами  $^8\text{B}$ ,  $^{10}\text{Ne}$ ,  $^{20}\text{Na}$  и др.

На пучках циклотрона У-400М с использованием установки «Мульти» измерены сечения взаимодействия  $^8\text{B}$  с кремниевой и водородной мишенями.

В совместных с GANIL экспериментах на спектрометре «Мульти» с использованием пучков  $^{36}\text{S}$  и  $^{48}\text{Ca}$  были измерены массы и деформации более чем 20 ядер, расположенных между нейтронными оболочками  $N = 20$  и  $N = 28$  [14].

### РАЗВИТИЕ ЦИКЛОТРОННОГО КОМПЛЕКСА ЛЯР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПУЧКОВ СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

Наибольшее внимание было уделено оптимизации циклотрона У-400 и ЭЦР-источника ионов для проведения экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов. На циклотроне У-400М было выполнено формирование магнитного поля в центральной области ускорителя. Благодаря этому была значительно повышена интенсивность пучков и улучшена стабильность работы.

#### Ускорительный комплекс У-400М + У-400 + МТ-25 (проект DRIBs)

Основные усилия будут сконцентрированы на реализации в 2000–2002 гг. проекта DRIBs — создание ускорительного комплекса для получения радиоактивных пучков.

Работы планируется разделить на две стадии с тем, чтобы после завершения первого этапа можно было приступить к экспериментам с радиоактивными пучками и параллельно продолжить работы по дальнейшему развитию всего комплекса.

#### I стадия (2000–2001 годы)

1. Получение радиоактивных пучков легких изотопов с помощью ускорителя У-400М, их сепарация и

транспорт пучков низкой энергии в зал У-400, инжекция, ускорение, вывод и транспортировка радиоактивных пучков к физическим установкам. Запуск ускорительного комплекса будет начат с радиоактивными пучками ионов  $^6\text{He}$  (13 МэВ/А) и  $^8\text{He}$  (8 МэВ/А).

2. Получение низкоэнергичных пучков осколков деления  $^{238}\text{U}$  в зале микротрона МТ-25.

3. Техническое проектирование зданий и установок, необходимых для получения низкоэнергичных пучков осколков деления и их ускорения на циклотроне У-400.

Сравнительные параметры пучков ионов He и  $^{11}\text{Be}$  приведены в табл.3.

#### II стадия (2001–2002 годы)

1. Получение пучков низкой энергии на ускорителе У-400М.

2. Получение пучков ускоренных осколков деления на ускорителе У-400 и их транспортировка к физическим установкам.

Исследовательские программы при реализации проекта DRIBs будут осуществляться при участии

Таблица 3. Параметры пучков  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{He}$  и  ${}^{11}\text{Be}$

		АКУЛИНА	DRIBs
${}^6\text{He}$ 808 мс	Пучок радиоактивных ионов	$1,5 \cdot 10^6$ частиц/с 25 МэВ/нуклон	$9 \cdot 10^9$ частиц/с $13 \div 8$ МэВ/нуклон
	Первичный пучок	${}^7\text{Li}$ ; $3 \cdot 10^{13}$ частиц/с 32 МэВ/нуклон	${}^7\text{Li}$ ; $6 \cdot 10^{13}$ частиц/с 32 МэВ/нуклон
	Мишень	Ве	Ве
${}^8\text{He}$ 119 мс	Пучок радиоактивных ионов	$2 \cdot 10^4$ частиц/с 28 МэВ/нуклон	$3 \cdot 10^7$ частиц/с $6 \div 8$ МэВ/нуклон
	Первичный пучок	${}^{11}\text{B}$ ; $3 \cdot 10^{13}$ частиц/с 34 МэВ/нуклон	${}^{11}\text{B}$ ; $6 \cdot 10^{13}$ частиц/с 34 МэВ/нуклон
	Мишень	Ве	Ве
${}^{11}\text{Be}$ 13,8 с	Пучок радиоактивных ионов	$9 \cdot 10^4$ частиц/с 36 МэВ/нуклон	$2 \cdot 10^8$ частиц/с $4 \div 16$ МэВ/нуклон
	Первичный пучок	${}^{13}\text{C}$ ; $1 \cdot 10^{13}$ частиц/с 42 МэВ/нуклон	${}^{13}\text{C}$ ; $6 \cdot 10^{13}$ частиц/с 42 МэВ/нуклон
	Мишень	Ве	Ве

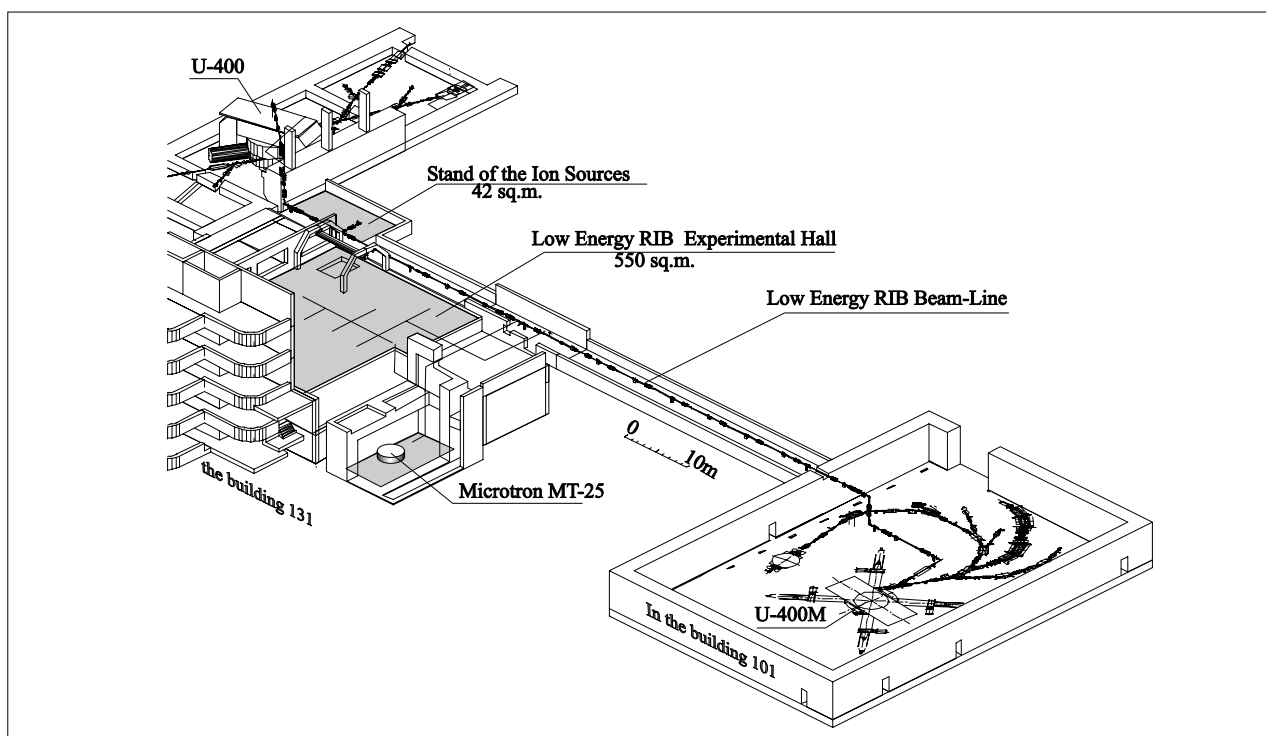


Рис.10. Схема каналов транспорта пучков низкой энергии ускорительного комплекса DRIBs. Сплошная линия — пучки радиоактивных ионов, получаемые на ускорителе У-400М, прерывистая линия — пучки осколков деления, получаемые на микротроне МТ-25

многих институтов, работающих с радиоактивными пучками как в области физики, так и в области технологии.

В рамках проекта DRIBs между существующими зданиями ЛЯР 101 и 131 планируется создать лабораторию по изучению ядерных свойств и спек-

троскопии нейтроно- и протонобогащенных легких ядер и ядер средней массы, которые могут получаться в прямых реакциях или в реакциях фрагментации.

Каналы транспорта пучков представлены схематически на рис.10.

## РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ, РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ И РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Исследования воздействия тяжелых ионов на металлы и сплавы

Изучено явление распыления поверхности монокристаллического вольфрама, поликристаллического никеля и хромоникелевой стали при облучении ионами Kr, Xe и Bi.

Совместно с Ок-Риджской лабораторией и Институтом трансурановых элементов (Карлсруэ, Германия) проведены исследования микроструктуры шпинели  $MgAl_2O_4$ , облученной высокоэнергетическими ионами Kr, I и Xe с энергиями от 70 до 600 МэВ. Впервые показано, что при отборе кандидатных материалов-матриц для инертного ядерного топлива в реакторах деления необходимо обязательно учитывать эффекты высокой плотности ионизации.

Методами атомно-силовой микроскопии проведено исследование влияния облучения высокоэнергетическими ионами Kr (305 МэВ) и Xe (610 МэВ) на изменения структуры поверхности монокристаллов  $\alpha-Al_2O_3$  в зависимости от кристаллографической ориентации (*a*, *c* и *m*). Установлено, что изменение топографии поверхности  $\alpha-Al_2O_3$  носит качественно разный характер в зависимости от ориентации и величины удельных потерь энергии тяжелых ионов. Рассмотрены возможные механизмы изменения наблюдаемого эффекта, связанные с флуктуациями энергетических потерь в приповерхностном слое облученных монокристаллов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Oganessian Yu.Ts. et al. — *Phys. Rev. Lett.*, 1999, v.83, p.3154.
2. Oganessian Yu.Ts. et al. — *JINR Preprint E7-99-347, Dubna*, 1999.
3. Oganessian Yu.Ts. et al. — *Nature*, 1999, v.400, p.242.
4. Malyshev O.N. et al. — *Nucl. Instr. and Meth. A*, 2000, v.440, p.86.
5. Dressler R. et al. — *Phys. Rev. C*, 1999, v.59, p.3433.
6. Yakushev A.B. et al. — *On-line experiments with short-lived osmium isotopes as a test of the chemical identification of the element 108 — hassium. In: Proc. 1st Internat. Conf. Chemistry and Physics of the Transactinide Elements. Sept. 1999, Seeheim, Germany. Extended Abstracts, P-M-17.*

### Исследования воздействия тяжелых ионов на полимерные материалы

Развиты новые методы получения трековых мембран с профилированными каналами пор, обеспечивающими высокую селективность и высокую производительность при фильтрации дисперсных сред различной природы. Разработана методика получения асимметричных трековых мембран с колодцами. Мембраны данной структуры имеют большие перспективы в качестве проницаемых субстратов для иммобилизации и исследования метаболизма клеток и других биологических объектов.

### Радиоаналитические и радиоизотопные исследования

Разработаны методики радиохимического выделения  $^{149}Tb$  и получения радиоизотопов  $^{99m}Tc$  ( $^{99}Mo$ )  $^{225}Ac$  и других в ( $\gamma, n$ )-реакции на микротроне МТ-25. Выполнены радиоаналитические исследования ультрачистых изотопов  $^{235}Np$ ,  $^{236}Np$ ,  $^{236}Pu$ . Начаты эксперименты по изучению поведения  $^{237}Pu$  в растворах.

В рамках программы «Исследование трансмутации ядерных отходов» выполнены эксперименты по определению профилей пучков релятивистских частиц и быстрых нейтронов, генерируемых в массивных мишенях Pb и U.

7. Itkis M.G. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1999, v.654, 1870.
8. Itkis M.G. et al. — *JINR Preprint E15-99-248, Dubna*, 1999.
9. Artukh A.G. et al. — *Nucl. Phys. A*, accepted for publication.
10. Ter-Akopian G.M. et al. — *Phys. Lett. B*, 1998, v.426, p.251.
11. Oganessian Yu.Ts. et al. — *Phys. Rev. Lett. B*, 1999, v.82, p.4996.
12. Pyatkov Yu.V. et al. — *JINR Preprint E7-99-253, Dubna* 1999.
13. Asaturjan R.A. et al. — *Instr. Exp. Techn.*, 1999, v.42, p.342.
14. Reed A.T. et al. — *Phys. Rev. C*, 1999, v.60, p.024311.

# ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа ЛНФ в 1999 г. определялась пятью темами Проблемно-тематического плана (ПТП) научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ. Она была нацелена на получение новых результатов по физике конденсированных сред (тема «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов», 07-4-1031-99/03, руководители В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров); по нейтронной ядерной физике (тема «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер», 06-4-0974-92/99, руководители В.И.Фурман, В.Н.Швецов). Для обеспечения физических исследований осуществлялось развитие и создание базовых установок лаборатории ИБР-2 (тема «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2»,

07-4-0851-87/2002, руководитель В.Д.Ананьев) и ИРЕН (тема «Разработка проекта ИРЕН», 06-4-0993-94/99, руководители В.И.Фурман, И.Н.Мешков), а также развитие комплекса спектрометров ИБР-2 (тема «Развитие комплекса спектрометров ИБР-2 и измерительно-вычислительной инфраструктуры», 07-4-1012-96/2000, руководители А.В.Белушкин, В.И.Приходько).

Актуальные вопросы исследований, проводимых в кооперации с ведущими ядерными центрами, были рассмотрены на международных семинарах по взаимодействию нейтронов с ядрами, на международном семинаре по нейтронным исследованиям под высокими давлениями.

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

**Экспериментальные исследования.** В 1999 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 1999 г. были включены 10 установок: ФДВР, ДН-2, ДН-12, «Скат», ЮМО, СПН, «Рефлекс-П», КДСОГ, НЕРА и ДИН.

Введен в эксплуатацию криостат на базе рефрижератора замкнутого цикла для проведения экспери-

ментов при одновременном воздействии низких температур до 12 К и высоких давлений до 7 ГПа. Осуществлено заполнение двухкоординатного позиционно-чувствительного детектора рабочей газовой смесью (3 атм  $^3\text{He}$  + 2,0 атм пропана). Детектор установлен на дифрактометр ДН-2 и протестирован на нейтронном пучке. Проведены проектные работы по модернизации спектрометра ДИН-2ПИ для расширения верхней границы рабочего диапазона начальных энергий. Начат монтаж систем обеспечения термостата TS-3000, установлен павильон для размещения систем управления термостатом, который позволит исследовать на спектрометре ДИН-2ПИ материалы при температурах до 3000 К.

**Дифракция.** Исследованы структурные изменения в иодиде аммония  $\text{ND}_4\text{I}$  при высоких давлениях до 3 ГПа и низких температурах до 12 К. Получены

зависимости параметров решетки и позиционного параметра дейтерия от давления и температуры.

Проведены эксперименты по определению магнитной структуры серии составов  $(\text{La}_{1-y}\text{Pr}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ , в которых ранее был найден гигантский изотопический эффект, проявляющийся в смене транспортного состояния при низкой температуре (металл-диэлектрик) при замене изотопов кислорода ( $^{16}\text{O}$  на  $^{18}\text{O}$ ) [1]. В 1999 г. для этой серии получены систематические структурные данные в зависимости от температуры и среднего радиуса  $A$ -катиона. Одной из основных целей работы было определение структуры двух образцов с  $y=0,75$  (LPCM-75) с разным содержанием изотопов кислорода  $^{16}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$ . В прецизионном эксперименте, проведенном на спектрометре ФДВР, удалось показать, что образцы являются идентичными в интервале температур от комнатной до температуры перехода образца с  $^{16}\text{O}$  в металлическую ферромагнитную фазу

$T_{\text{FM},\text{O-16}}$  не только на уровне параметров элементарной ячейки, но и структурных параметров. Таким образом, в этой работе впервые получены убедительные доказательства того, что существенно разные транспортные и магнитные свойства изотопически обогащенных образцов LPCM-75 при  $T < T_{\text{FM},\text{O-16}}$  обусловлены только различием в динамике атомов кислорода и, следовательно, необычно сильным электрон-фононным взаимодействием.

Исследованы структурные изменения в гексабориде самария  $\text{SmB}_6$  при давлениях до 7 ГПа. При давлениях 4–5 ГПа наблюдалось анизотропное уширение и расщепление дифракционных пиков, указывающих на существование структурного фазового перехода в фазу более низкой симметрии в  $\text{SmB}_6$ .

Методом дифракции нейтронов исследовано воздействие одноосной упругой деформации на магнитную структуру монокристалла тербия. Обнаружено уменьшение волнового вектора геликоидальной маг-

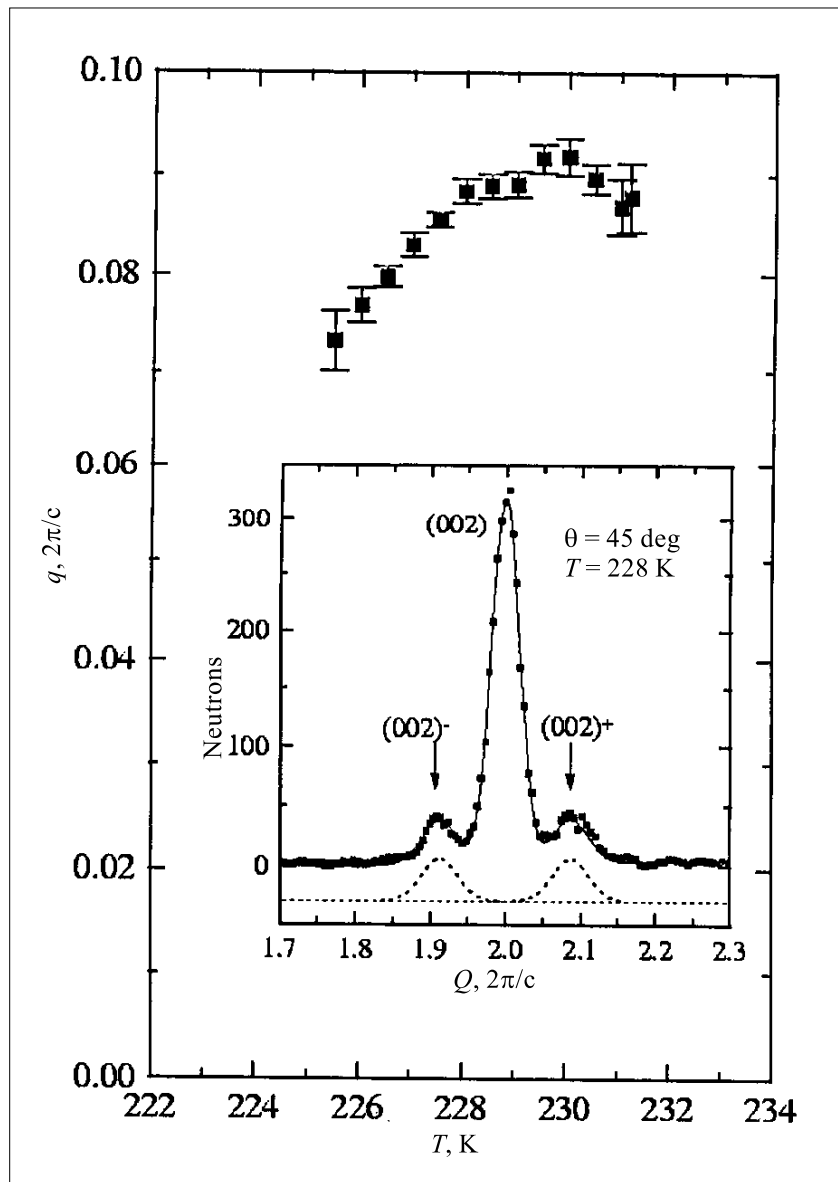


Рис.1. Температурная зависимость величины волнового вектора спиральной магнитной структуры в Tb. Спиральное упорядочение существует только в узком интервале температур от 225 до 231 К. На вставке показан характерный участок дифракционного спектра с ядерным пиком (002) и магнитными сателлитами

нитной структуры под воздействием одноосного напряжения порядка 1 кб (рис.1).

**Малоугловое рассеяние.** Пурпурные мембраны бактерии (ПМ) *Halobium Salinaris* были исследованы на спектрометре ЮМО. Наблюденная быстрая конформационная фотоиндуцированная структурная перестройка происходит в первые 10 минут и остается необратимой в течение часа предположительно из-за сильного индуцированного освещением образца взаимодействия гидрохлорида гуанидина с ПМ.

**Поляризованные нейтроны и нейтронная оптика.** Распределение магнитного поля в тонких пленках высокотемпературного сверхпроводника  $YBa_2Cu_3O_7$ , находящегося в смешанном состоянии, было исследовано методом отражения поляризованных нейтронов. Эксперименты показали особенности поведения линий потока в пленке во внешнем магнитном поле, параллельном поверхности, в случае когда толщина пленки такой же величины или меньше глубины проникновения магнитного поля. Геометрия пленки оказывает влияние не только на упорядочение линий потока внутри пленки, но и на распределение магнитного поля вокруг ядра линий магнитного поля. Возможная причина заключается в том, что на поверхности раздела нормальная компонента экранирующего тока вокруг ядра должна исчезнуть.

Атомная и магнитная структуры Fe/Cr-суперрешетки были исследованы методом рефлектометрии

поляризованных нейтронов и комплементарными методами, такими как рентгеновская дифракция, электронная микроскопия и мессбауэровская спектроскопия.

**Неупругое рассеяние нейтронов.** Исследования водных растворов на спектрометре ДИН-2ПИ выявили влияние растворенных частиц на микродинамику молекул воды, входящих в гидратные сферы этих частиц. Исследованы эффекты гидрофобной гидратации, их влияние на диффузионную подвижность молекул гидратной воды и их вращательно-колебательную динамику. Был выполнен сравнительный анализ двух типов гидратации и обнаружено существующее между ними принципиальное различие, состоящее в том, что в отличие от ионов ( $Li^+$  и  $Cs^+$ ) большие аполярные частицы не разрушают сетку водородных связей в окружающей их воде. Исследованы низкочастотные моды колебаний атомов в нормальной и суперионной фазах фторида свинца ( $PbF_2$ ) при  $T = 293$  и  $823$  К. Полученные данные свидетельствуют в пользу жидкоподобного состояния анионной подрешетки в суперионной фазе  $PbF_2$ , природа коллективных возбуждений которого отлична от классических жидкостей.

## НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 1999 г. экспериментальная программа по нейтронной ядерной физике включала традиционные направления исследований: изучение фундаментальных свойств нейтрона; исследование процессов пространственного нарушения четности в различных ядерных реакциях, индуцированных нейтронами; изучение высоковозбужденных состояний ядер в резонансах; астрофизические аспекты нейтронной физики; эксперименты с ультрахолодными нейтронами.

Продолжались прикладные исследования методом нейтронного активационного анализа.

Основная часть исследований выполнена на семи выведенных нейтронных пучках бустера ИБР-30, втором и одиннадцатом каналах и на установке «Регата» для нейтронного активационного анализа реактора ИБР-2. В то же время часть работ была проведена в коллаборации с ведущими ядерными центрами России и других стран.

**Экспериментальные исследования.** Исследования интерференционных эффектов сохранения и несохранения четности [2] существенно расширили

возможности теоретического анализа экспериментальных данных по ядерному делению изотопов  $^{239}Pu$ . Была изготовлена новая многослойная камера деления, содержащая 0,5 г  $^{239}Pu$ .

Продолжился набор данных в экспериментах по изучению угловых корреляций осколков деления из выстроенной мишени  $^{235}U$  при делении, индуцированном резонансными нейтронами, на пучке № 5 бустера ИБР-30. Был выполнен совместный анализ энергетической зависимости коэффициента анизотропии и известных данных по суммарному и спин-разделенному сечениям деления [3].

На втором канале ИБР-30 продолжались исследования мод деления и корреляции с квантовыми состояниями компаунд-ядер. Был разработан и реализован новый прецизионный метод измерения кинетической энергии фрагментов деления в двойной ионизационной камере с сетками Фриша.

В широком диапазоне энергий были измерены спектры гамма-квантов при захвате резонансных нейтронов ядрами  $^{117}Sn$ ,  $^{235}U$ ,  $^{239}Pu$  на  $\gamma$ -спектрометрах



«Парус» и «Ромашка». Был измерен абсолютный выход высокоэнергетических  $\gamma$ -квантов для  $^{117}\text{Sn}$  и подсчитана величина  $\alpha$  ( $\alpha = \sigma_{\gamma} / \sigma_f$ ) для всех измеренных изотопов.

Новый механизм выхода ультрахолодных нейтронов из ловушек был обнаружен в совместных экспериментах в Институте Лауэ–Ланжевена (Гренобль, Франция) [4].

**Теоретические исследования.** Разработана новая теория ядерного деления, индуцированного резонансными нейтронами. Предлагается новая интерпретация каналов деления Бора, рассматриваются описания  $P$ -четных и  $P$ -нечетных угловых корреляций осколков деления. Часть предсказанных результатов нашла подтверждение в экспериментах, выполненных в ЛНФ.

**Методологические исследования.** Закончены конструкторские работы в экспериментальном павильоне спектрометра «Угра». Вакуумная камера, механизм движения образца и защитные блоки двух детекторов установлены на пролетной базе длиной 250 метров шестого канала ИБР-30. Закончена сборка электромоторов, электроники и программного обеспечения.

## НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

### Импульсный реактор ИБР-2

В 1999 г. продолжалась программа измерений на пучках реактора. Всего в 1999 г. было выработано на физический эксперимент 1984 часа (8 циклов) на мощности 1,5 МВт, в том числе 3 цикла с холодным замедлителем.

**Криогенный замедлитель.** Главным достижением 1999 г. явилось завершение работ по созданию криогенного замедлителя (КЗ).

В период с 18 октября по 17 декабря 1999 г. на ИБР-2 осуществлен физический пуск криогенного замедлителя на основе твердого метана. КЗ ИБР-2 — третий в мире замедлитель из твердого метана, однако первые два (в Японии и США) работают в значительно менее напряженных полях излучения.

Согласно программе пуска были опробованы все проектные режимы работы КЗ. Как технические, так и нейтронно-физические его параметры оказались соответствующими ожиданиям. В частности, показано, что небольшая добавка этилена значительно снижает скорость образования радиолитического водорода, который создает главную проблему при использовании твердого метана в качестве замедлителя. Выигрыш по нейтронам в сравнении с обычным во-

Для изучения ядерного псевдомагнетизма и проведения экспериментов по наблюдению парамагнитных нейтронных резонансов на первом канале реактора ИБР-2 был создан экспериментальный комплекс «Колхида», состоящий из спектрометра поляризованных нейтронов и поляризованной ядерной мишени.

**Прикладные исследования.** Прикладные исследования в области нейтронного активационного анализа базируются на установке «Регата» на реакторе ИБР-2. За отчетный период работы в этой области в основном были сконцентрированы на исследованиях загрязнения окружающей среды в некоторых промышленных районах России (Южный Урал, Тула, Московская область) [5] и на некоторых территориях стран-участниц ОИЯИ (Польша, Румыния). Было исследовано загрязнение воздуха тяжелыми металлами и другими элементами.

В коллаборации с Институтом космических исследований РАН протестирован прототип нейтронного детектора для регистрации быстрых нейтронов. Детектор будет размещен на борту американского космического аппарата Mars Surveyor 2001, запуск которого намечен на март 2001 г.

данным замедлителем для  $\lambda \geq 4 \text{ \AA}$  составил 10–20 при температуре метана 30 К (см. рис.2).

**Проект модернизации.** В 1999 г. была существенно переработана концепция модернизации реактора, которая получила название «Концепция модернизации ИБР-2 на период до 2010 г.». В соответствии с ней в этом году проводились работы по рабочему проектированию подвижного отражателя ПО-3, по подготовке производства к изготовлению новой топливной загрузки. Начато изготовление комплектующих деталей для ТВЭЛ, завершен технический и рабочий проект ТВЭЛ. Начат технический проект модернизации ИБР-2. Подготовлено техническое задание на модернизацию систем управления и защиты (СУЗ) и разработаны технические требования на электронную аппаратуру СУЗ.

### 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 резонанс-

ных 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 была 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 1999 г. был протестирован первый модулятор М-350 для линейного ускорителя, сделанный на базе станции «Оливин» с клистроном SLAC 5045. Были разработаны и изготовлены ВЧ-фидеры и частично ускорительные трубы и фокусирующие системы. Су-

щественно продвинулись работы по созданию в ЛНФ полномасштабного стенда ускоряющей системы.

Закончен технический проект подкритической зоны и топливных элементов для размножающей мишени, изготовлены части топливных элементов, включая металлические плутониевые стержни.

В марте 1999 г. дирекция ОИЯИ утвердила скорректированный план-график работ по проекту ИРЕН. Новая дата пуска в эксплуатацию смещена на 2002 г. Была также найдена возможность для выделения специального гранта. 250 тыс. долларов должны быть проплачены к концу 1999 г. Это даст возможность заключить новые договоры на изготовление оборудования и оплатить старые.

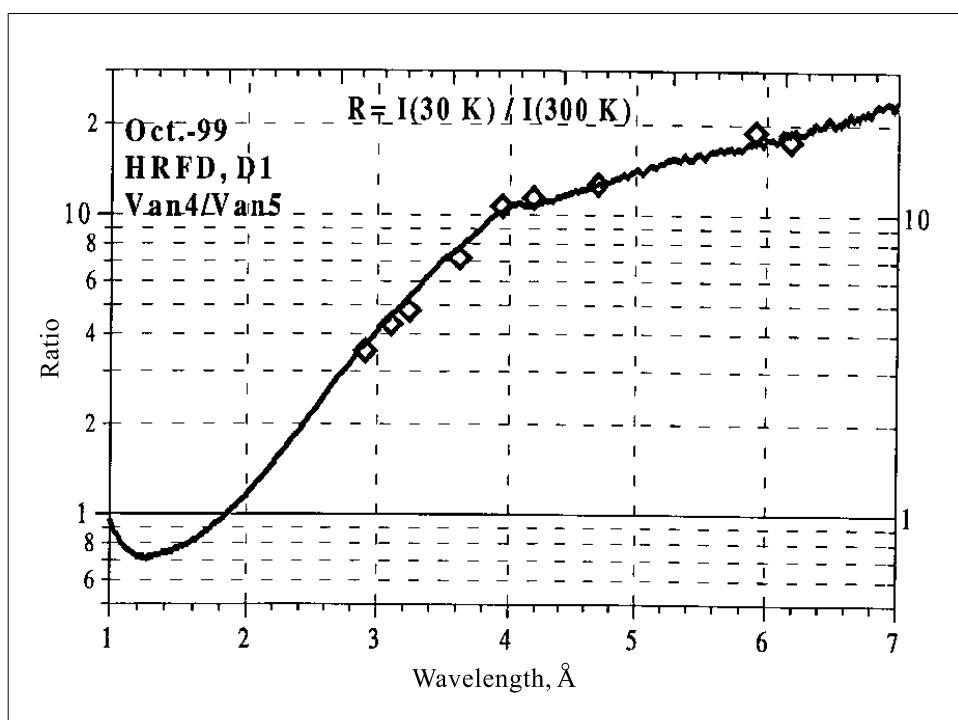


Рис.2. Зависимость относительного изменения количества нейтронов от длины волны для холодного и водяного замедлителей. Данные по некогерентному рассеянию на ванадии на фурье-дифрактометре высокого разрешения ФДВР

## РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2 И КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В 1999 г. выполнены работы по дальнейшему развитию информационно-вычислительной инфраструктуры комплекса ИБР-2:

- приобретен и установлен высокоскоростной сетевой коммутатор во втором экспериментальном зале реактора ИБР-2;
- расширено число высокоскоростных линий в центральном коммутаторе сети CISCO-5000;
- завершён переход на скрученные пары в экспериментальных залах ИБР-2 для подключения к сети оборудования спектрометров;

— значительно улучшена инфраструктура рабочих мест инженеров и программистов.

На спектрометре ЮМО введена в эксплуатацию первая очередь оборудования и программного обеспечения VME-системы сбора данных, введены в эксплуатацию унифицированные VME-системы на спектрометрах ДН-2 (включая ПЧД) и ДН-12. В кооперации с НМИ (Берлин) выполнена разработка системы сбора данных для прототипа ПЧД на основе микростриповых газовых камер с нейтронным Gd-конвертором. Также совместно с НМИ разработаны новые

программы, значительно расширяющие возможности пакета PV-WAVE для визуального экспресс-анализа данных, полученных в экспериментах по нейтронному рассеянию.

В рамках проекта модернизации спектрометра поляризованных нейтронов (СПН) завершена разработка рабочих чертежей на новую головную часть установки и начато ее изготовление в опытном производстве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Balagurov A.M. et al. — *Phys. Rev. B*, 1999, v.60(1), p.383.
2. Alfimenkov V.P. et al. — *Nucl. Phys. A.*, 1999, v.645, No.1, p.31.
3. Конач Ю.Н и др. — *ЯФ*, 1999, т.62, №5, с.900.
4. Несвижевский В.В. и др. — *ЯФ*, 1999, т.62, №5, с.832.
5. Frontasyeva M.V. et al. — *JINR Preprint E14-98-392, Dubna, 1998.*

# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В 1999 г. научная деятельность лаборатории была направлена на выполнение исследований по двум темам первого и двум темам второго приоритета «Проблемно-тематического плана научных исследований и международного сотрудничества ОИЯИ». Сотрудники лаборатории участвовали в исследованиях еще

по 18 темам других лабораторий Института. Основные результаты проводимых в 1999 г. исследований опубликованы более чем в 100 статьях в научных журналах, докладах на конференциях, препринтах и сообщениях ОИЯИ.

## СЕТЕВАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

### Локальная сеть ОИЯИ

В 1999 г. во всех лабораториях ОИЯИ было запущено оборудование для высокоскоростной опорной сети на базе ATM-технологии. Таким образом, завер-

шен проект создания опорной сети ATM и начата ее эксплуатация. Схема сетевой и компьютерной инфраструктуры ОИЯИ приведена на рис.1. Систематическая работа по управлению сетью проводилась центром управления сети (<http://nos.jinr.ru/>).

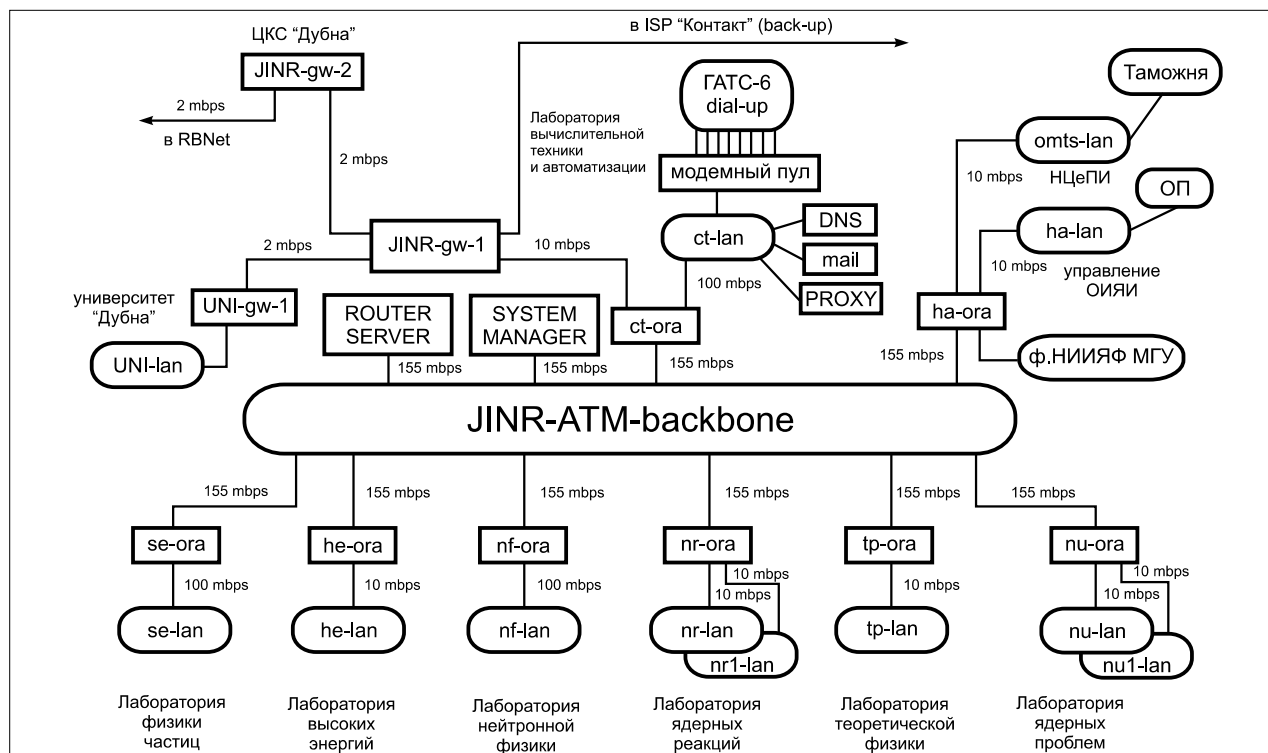


Рис.1. Схема сетевой и компьютерной инфраструктуры ОИЯИ

## Телекоммуникационные системы

С 1997 г. ОИЯИ является узлом сети RBNNet и использует в качестве внешних коммуникаций возможности RBNNet и компании ДЕМОС. Основная задача 1999 г. – увеличение пропускной способности внешних каналов в рамках программы развития национальных сетей компьютерных телекоммуникаций — успешно выполнена. Завершен переход на телекоммуникационные каналы сети RBNNet. Сегодня ОИЯИ полностью использует канал с пропускной способностью 2 Мбит/с до станции М9-IX в Москве. ОИЯИ имеет канал емкостью 1,5 Мбит/с для российских сетей и гарантированную полосу емкостью 512 кбит/с в сети TELEGLOBE как основного партнера RBNNet. Такой режим работы обеспечивает соглашение о сотрудничестве с Российским научно-исследовательским институтом развития общественных сетей (РОСНИИРОС). В случае надежной и эффективной работы этого канала возможно дальнейшее увеличение пропускной способности. Для сотрудничества с ядерно-физическими центрами CERN, DESY и т.д. планируется использовать спутниковый канал связи RADIO/MSU-DESY в рамках сети RUHEP. Канал компании КОНТАКТ–ДЕМОС используется в качестве BACKUP для надежной работы сети ОИЯИ. Используется канал в 256 кбит/с при 5%-ной загрузке (рис.2).

## Вычислительный сервис

В табл.1 перечислены главные сервера, обеспечивающие функционирование сетевой и компьютерной инфраструктуры ОИЯИ.

В табл.2 приведена относительная загрузка базовых серверов ОИЯИ CONVEX, SPP-2000 и модемного пула подразделениями Института за 11 месяцев 1999 г.

## Разработка программного обеспечения

### Компьютинг для CMS

В течение последних трех лет ОИЯИ является единственным членом сотрудничества RDMS CMS, где организована полная поддержка компьютеринга на CMS. Программное обеспечение кластера SUN-CMS в ОИЯИ аналогично кластеру SUN-CMS в ЦЕРН. Специалисты ОИЯИ из нескольких лабораторий (ЛФЧ, ЛВЭ и ЛВТА), участвующие в эксперименте CMS, имеют все возможности для проведения исследований по CMS в ОИЯИ на кластере SUN-CMS (около 50 пользователей), где обеспечены возможности для моделирования установки, физических процессов, контрольной обработки данных и т.п. Вычислительный сервер SPP-2000 также интенсивно ис-

В 1999 г. создано специальное математическое обеспечение, которое позволяет проводить статистический анализ функционирования внешних каналов связи ОИЯИ. Оно позволяет анализировать данные за заданный период времени по подсетям, подразделениям и определять наиболее активных пользователей в подразделениях. Кроме этого, оно позволяет определять серверы, имеющие наибольший трафик.

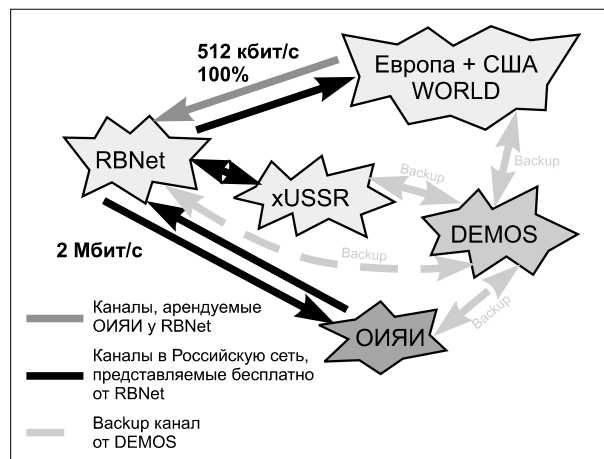


Рис.2. Схема текущего состояния телекоммуникационных каналов ОИЯИ

пользуется для задач CMS. На нем установлено соответствующее программное обеспечение, в частности, основная программа моделирования CMSIM. В 1999 г. около 6500 часов времени работы процессоров SPP-2000 использовано для решения задач CMS. Для поддержки деятельности RDMS CMS в ОИЯИ, ИФВЭ и Национальном центре физики частиц высоких энергий (Минск) в области проектирования установлено централизованное хранение проектных документов (в частности, чертежей и рисунков). Продолжено сопровождение официального WWW-сервера RDMS CMS (<http://sunct2.jinr.ru/>).

### Основными задачами в развитии компьютеринга для экспериментов на LHC являются:

- разработка и создание вычислительной среды и математического обеспечения для Российского регионального вычислительного центра для экспериментов на LHC в соответствии с требованиями проекта MONARC (Models of Networked Analysis at Regional Centres for LHC Experiments);
- создание инструментальных средств и программного обеспечения для использования библиотеки LHC++ в проектировании и создании программ

Таблица 1

Роутер	JINR – gw –1	CISCO AGS+
Обеспечение функционирования опорной ATM-сети ОИЯИ (ATM-backbone)	ATM ROUTER Server ATM System Manager	SUN SPARC-5
DNS, NEWS, MAIL-RELAY, модемный пул	JICOM JIMEX	SUN SPARC-20 SUN 1+
PROXY	PROXY	
MAIL-SERVER		SUN Ultra 10
FILE SERVER + MSS	DTMAIN	HP D370+ ATL2640
Сервер визуализации и управления сетью HP Open View	DTSERV	HP J282
Центральный сервер баз данных	DBSERV	DEC ALPHA-2100
Административные базы данных	ADM	
Вычислительные серверы	SPP BCV	HP SPP-2000 CONVEX-3840
WWW-серверы	CV JICOM	CONVEX-220 SUN SPARC-20
Электронная библиотека (НТБ ОИЯИ, изд.отд., фотоархив)	LIB, PD01	
Серверы общего назначения	CV MAIN1, MAIN2	CONVEX-220 VAX-8800
FTP-серверы	FAXE CV DBSERV	CONVEX-220 DEC ALPHA-2100
Серверы приложений	ULTRA LINUX4U NICE NT	SUN Ultra 1

Таблица 2

	ЛТФ	ЛЯР	ЛНФ	ЛВЭ	ЛВТА	ЛЯП	ЛФЧ	Упр.	Проч.	Всего
CONVEX C-3840	51 %	4 %	2 %	2 9 %	14 %	-	-	-	-	6389 ч
CONVEX C-220	4,6 %	4,2 %	1,6 %	42,9 %	30,4 %	2,9 %	12,8 %	0,5 %	-	4462 ч
SPP-2000	51 %	1 %	9 %	6 %	8 %	2 %	20 %	-	3 %	34621 ч
Модемный пул	0,5 %	10,0 %	15,1 %	16,1 %	19,6 %	23,7 %	5,7 %	7,7 %	0,6 %	

для групп физиков, участвующих в экспериментах LHC;

— постановка и сопровождение библиотеки LHC++ на PC-фермах на платформе LINUX, техническая и программистская поддержка при использовании библиотеки LHC++ для разработки обеспечения экспериментов LHC.

Для информационной и компьютерной поддержки участия ОИЯИ в экспериментах на установках CERN, DESY, BNL в 1999 г. продолжено освоение технологии создания объектно-ориентированных приложений и баз данных (GEANT4, Objectivity/DB, ROOT). Получены лицензии на использование ком-

мерческих компонентов для библиотеки LHC++ для различных операционных систем (включая и OODBMS Objectivity/DB). Программное обеспечение LHC++ установлено на SUN-кластере RDMS, рабочих станциях Windows NT.

#### *Исследования по распараллеливанию вычислений*

В 1999 г. сотрудниками ЛВТА проведено экспериментальное исследование MPI-технологии распараллеливания вычислений на многопроцессорной ЭВМ SPP-2000.

При активном участии сотрудников лаборатории успешно перенесена на SPP многоцелевая программа GAMESS для моделирования молекулярной структуры вещества. Впервые в ОИЯИ решена проблема распараллеливания вычислений в очень больших программах. Сейчас эта программа способна использовать сразу все процессоры SPP, находящиеся в ее распоряжении. Другим примером является распараллеливание вычислений в программе MICODE. Особенность этой работы в том, что она сделана без привлечения каких-либо специализированных пакетов программ, с использованием только штатных средств ОС Unix. Несмотря на это, получено ускорение счета, пропорциональное количеству используемых процессоров.

### **Сопровождение библиотеки программ ОИЯИ**

Подготовлены и включены в WWW новые документы по реализации в ОИЯИ электронного доступа к текстам библиотеки программ CPCLIB, каталогам CPCLIB, описаниям программ и другой полезной информации, которую предоставляет коллаборация CPCLIB (Белфаст, Северная Ирландия) и издательство «Elsevier» (Амстердам) подписчикам журнала CPC (Computer Physics Communications).

Продолжается сопровождение NAG-библиотеки: подготовлены и включены в WWW документы с информацией о правилах работы с NAG-библиотекой в ОИЯИ. Традиционно ведутся работы по сопровождению библиотеки CERNLIB на компьютерных платформах ОИЯИ.

Продолжается пополнение JINRLIB — библиотеки программ ОИЯИ. Переведены на двойную точность и протестированы на платформах VAX, SPP, CONVEX, PC около 25 новых программ.

### **Базы данных и WWW-сервис**

Обширный круг задач решался в области информационного обеспечения. Среди них:

- развитие и сопровождение созданного в ОИЯИ базового информационного центра для организаций, работающих в области прикладной ядерной физики и изучения фундаментальных свойств материи (проект VARNYS);
- построение информационно-поисковых систем на основе применения стандарта CORBA, системы WWW, языков типа JAVA и C++;
- внедрение в ОИЯИ объектно-ориентированных систем управления базами данных типа ORACLE8 и Objectivity/DB.

К типам внешних баз данных (библиографических, полнотекстовых, фактографических), представ-

лявших непосредственный интерес в процессе научно-производственной деятельности ОИЯИ, можно отнести базы данных и документации, подготавливаемые коллаборациями экспериментов ATLAS, CMS и др.; PPDS (база по физике элементарных частиц, среди участников формирования ОИЯИ и от России — ИФВЭ и ИТЭФ); HEP-SPIRES (базы данных электронных публикаций по физике высоких энергий); объединенную базу препринтов CERN и HEP-коллекции Лос-Аламоса; RPP (материалы Review of Particle Physics); INSPEC (библиографическая база по физике, электронике, компьютерной технологии) и т.д.

Важной работой следует считать развитие системы WWW/FTP-серверов подразделений ОИЯИ и поддержка базового WWW/FTP-сервера ОИЯИ. В его рамках развивался, например, справочный раздел «Physics Information Servers and Data». Из работ, касающихся базовых серверов ОИЯИ (<http://www.jinr.ru>) и ЛВТА (<http://jicom.jinr.ru/LCTA/>), можно отметить актуализацию разделов по основным научным результатам и планам деятельности ОИЯИ; сведениям о конференциях, школах и совещаниях ОИЯИ; разделу NEWS; обновлению общей информации об ОИЯИ и Дубне.

В 1999 г. в рамках гранта РФФИ по электронным библиотекам начато создание автоматизированной информационной системы для НТБ, издательского отдела и фотоархива ОИЯИ с доступом для локальных и внешних пользователей. Основные работы включили в себя: внедрение новой системы Liber Media для поддержки НТБ и ее пользователей, обработку новых поступлений, поддержку Web-страницы НТБ ОИЯИ; формирование электронных коллекций с Web-интерфейсом для доступа к ним (для библиографических баз данных НТБ, полнотекстовых публикаций издательского отдела, фотоархива).

Наконец, в соответствии с планом и учетом заявок от управления ОИЯИ проводилось как самостоятельно, так и совместно с отделом НТО АСУ ОИЯИ развитие программных и аппаратных средств для работы с базами данных административно-хозяйственного профиля. Это коснулось следующих информационных систем: «Проблемно-тематический план ОИЯИ», «Мониторинг работы базовых установок ОИЯИ», «Сводные финансовые ведомости по подразделениям ОИЯИ» для бухгалтерии ОИЯИ, «Правовая информация» для библиотеки ОМК ОИЯИ, «Учет подотчетных лиц» в бухгалтерии ОИЯИ, «Учет кассовых операций в бухгалтерии ОИЯИ, РСУ, СИМЭКС, ДУ», «Отчетность ОИЯИ в пенсионный фонд», «Сводный регистр по зарплате сотрудников ОИЯИ и работающих по временному трудовому договору».

*Моделирование физических процессов методом Монте-Карло*

Разработаны новые более эффективные и простые в использовании модули комплекса программ для моделирования ядерно-физических процессов в среде под воздействием частиц высоких энергий и ядер [1]. Путем математических экспериментов исследованы свойства различных вариантов проектируемой электроядерной установки «Плутон» в зависимости от типа и конфигурации рефлектора, от типов делящегося вещества и мишени [2].

Для математических экспериментов с электроядерными установками получены интегральные высокоэнергетические нуклон-ядерные сечения. Найдена параметризация сечений  $\sigma_{\text{nonel}}$ ,  $\sigma_{\text{el}}$ ,  $\sigma_{\text{tot}}$  для неупругих, упругих и полных протон- и нейтрон-ядерных взаимодействий при средних и высоких энергиях. На основе найденной параметризации создана программа для интерполяционных расчетов интегральных сечений взаимодействия с произвольными ядрами-мишенями при энергиях протонов 1 МэВ – 1 ТэВ и при энергиях нейтронов 12,5 МэВ – 1 ТэВ [3].

Совместно с Королевским институтом в Стокгольме на основе созданной в ОВФ ЛВТА базы данных разработана уточненная версия «Электронного справочника сечений», позволяющая вычислять сече-

ния пион- и нуклон-ядерных взаимодействий для различных значений массовых и зарядовых чисел ядер в интервале энергий от 10 МэВ до 1000 ГэВ. Новая версия существенно убыстряет и уточняет расчеты электроядерных процессов. О согласии выдаваемых справочником данных с экспериментальными точками можно судить по рис.3 [4].

*Современные методы обработки данных (искусственные нейронные сети и клеточные автоматы)*

В цикле работ [5] рассмотрена проблема обработки данных с черенковских детекторов типа RICH. Основные стадии обработки рассматриваются на основе математической модели данных с RICH-детекторов. Описаны два новых метода улучшения точности измерений на первом этапе их кластеризации, нужной для получения центров фотонов: аппроксимационный и метод вейвлет-анализа. Основные усилия были направлены на непосредственную обработку «сырых» данных RICH, что является особенно актуальным для RICH-детекторов типа CERES или COMPASS. Подход основан на применении робастной техники на обоих этапах анализа данных, а именно распознавании колец черенковского излучения и идентификации частиц. Эта техника базируется на

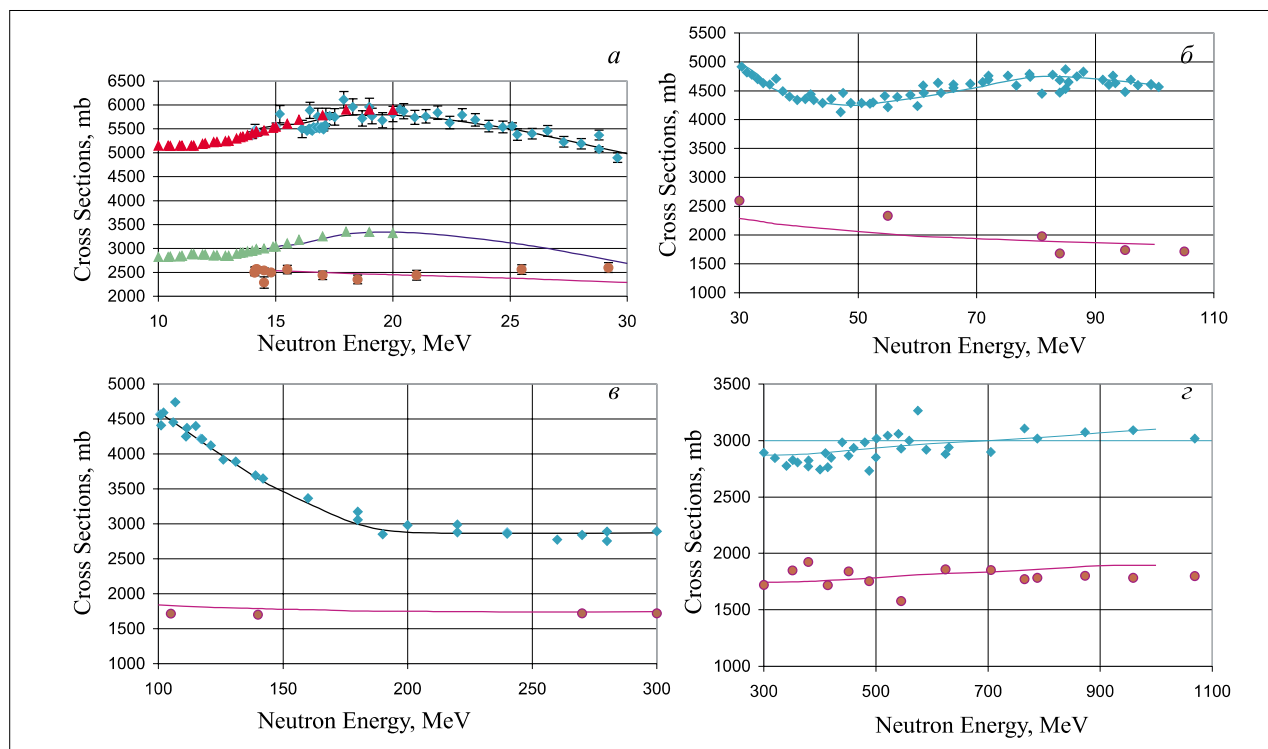


Рис.3. Сечения реакции  $n + {}^{207,2}\text{Pb}$ . Верхняя, средняя и нижняя кривые на рисунке *a*) соответствуют вычисленным сечениям  $\sigma_{\text{tot}}$ ,  $\sigma_{\text{el}}$ ,  $\sigma_{\text{nonel}}$  соответственно. На рисунках *б*), *в*), *з*) верхняя и нижняя кривые —  $\sigma_{\text{tot}}$  и  $\sigma_{\text{nonel}}$  соответственно. Точками отмечены экспериментальные данные



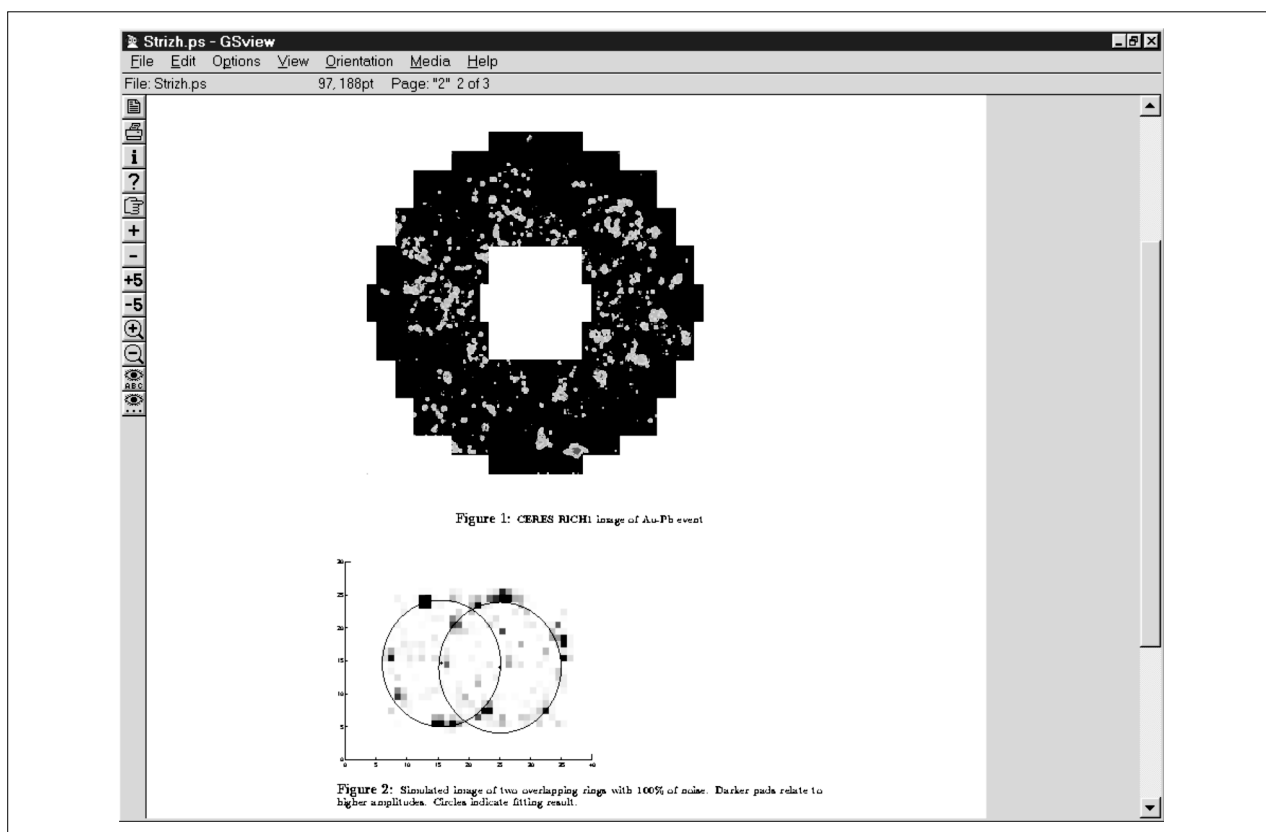


Рис.4. Реальное CERES RICH-событие в реакции Au-Pb, а также смоделированное изображение двух перекрывающихся колец со 100%-ным фоном. Более темные клетки соответствуют более высоким амплитудам. Результат подгонки показан в виде проведенных окружностей

взвешенном методе наименьших квадратов со специальными переувеличиваемыми весовыми функциями, зависящими не только от расстояния измеренных сигналов от подгоняемой окружности, но и амплитуд этих сигналов. Предлагаемые методы приводят к надежной реконструкции параметров по измеренным данным и используются затем для идентификации частиц (рис.4).

#### **Моделирование магнитных систем и транспортировки частиц**

Рассмотрена задача моделирования магнитной системы, содержащей сверхпроводящий экран (рис.5). Для описания распределения магнитных полей и поверхностных токов предложены методы нелинейных граничных и объемных интегральных уравнений. Проведены специальные исследования для дискретизации уравнений и решения нелинейной задачи [6].

Экспериментальные программы ускорения короткоживущих радиоактивных ядер широко реализуются в мире (CERN, GANIL, RIKEN, Гатчина, Дубна). Время жизни изотопов варьируется от микросекунд до часов. При транспортировке продуктов реакции взаимодействия первичного пучка с мише-

нью самым медленным процессом является процесс диффузии ядер из мишени. Для экспериментальной программы ЛЯР проведено математическое моделирование процессов диффузии из мишени и процессов прохождения ядер по трубопроводу с целью изучения и оптимизации характеристик мишени. Смоделированы зависимость от геометрических размеров мишени времени диффузионного выхода ядер из цилиндрической мишени и время диффузии ядер трубопроводом [7]. Построены простые аналитические формулы, описывающие эти зависимости.

#### **Методы и математическое обеспечение для расчетов сложных физических систем**

Построена бикубическая модель для аппроксимации и сглаживания поверхности с привязкой к опорным точкам. Предложенная модель позволила сократить размерность матрицы нормальной системы более чем в два раза. Разработанные по этой модели алгоритмы могут быть использованы как в приложениях, так и для разработки глобальных методов сглаживания и аппроксимации поверхностей [8].

Проведены численные исследования релятивистских уравнений КХД для граничной задачи с кулоновским и линейным потенциалами. Рассматривае-

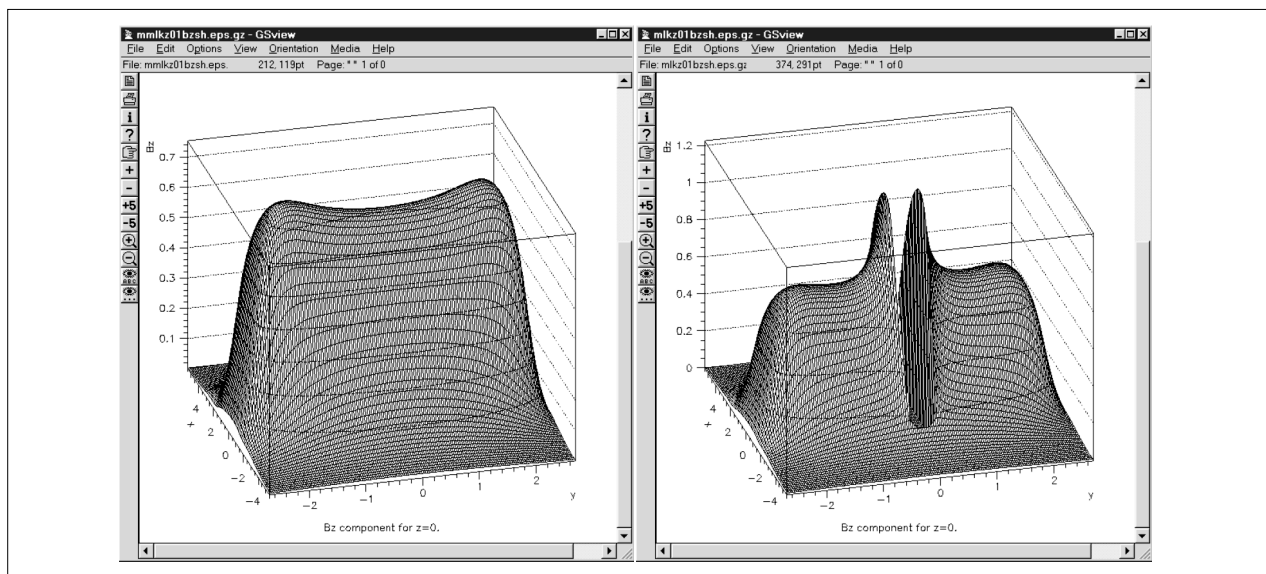


Рис.5 Численные результаты моделирования магнитной системы для установки ALICE без экрана и с экраном

мая модель описывается трехмерными релятивистскими уравнениями с различными обобщениями кулоновского и линейного потенциалов в импульсном пространстве. Разработаны алгоритмы и программы для численного исследования этих уравнений. Для исследований использован обобщенный непрерывный аналог метода Ньютона [9].

На основе эластодинамической модели описан процесс деления ядерного кластера на составляющие и исследованы вопросы стабильности [10].

Совместно с физиками ЛЯП выполнен цикл численных и аналитических исследований по моделированию динамики  $\pi^+\pi^-$ -атомов, важных для планируемых экспериментов по измерению времени жизни этой системы на установке DIRAC [11].

Численно исследован дискретный спектр кулоновской задачи двух центров для системы  $\bar{p}He^+$ . Для решения задачи применяется конечно-разностная схема четвертого порядка и непрерывный аналог метода Ньютона. Разработан алгоритм вычисления собственных значений и собственных функций с оптимизацией по параметру дробно-рационального преобразования, переводящего квазирадиальное уравнение на конечный интервал [12].

Сформулированы интегральные граничные условия для нестационарного уравнения Шредингера, описывающего взаимодействие атома с лазерным полем в дипольном приближении. Эти граничные условия могут применяться для численного интегрирования уравнения Шредингера без использования масочных функций или поглощающих потенциалов. Метод позволяет существенно уменьшить размер области, который необходим для численного интегрирования [13].

### Компьютерная алгебра

Разработан ряд новых программ, не имеющих аналогов в силу оригинальности встроенных в них алгоритмов. Реализован на языке системы «Мейпл» алгоритм для метода Дирака вычисления и разделения связей для динамических систем полиномиального типа [14]. Проведена алгоритмизация и реализация на языке системы «Математика» наиболее общих алгоритмов приведения в инволюцию систем нелинейных алгебраических уравнений и линейных уравнений в частных производных [15].

Создана программа на языке С для вычисления когомологий алгебр и супералгебр Ли векторных полей, которая значительно превосходит по своей эффективности лучшие зарубежные программы аналогичного назначения, написанные на языках систем REDUCE и «Математика» [16].

Созданы программные средства, которые дают возможность пользователю системы REDUCE применять в символьных вычислениях большое количество программ для проведения численных вычислений, написанных на языках С или FORTRAN. Разработан и реализован численно-символьный интерфейс интерпретатора языка Standard LISP-GSL и средств отладки и анализа временных характеристик динамически загружаемых объектных модулей [17].

### Математическая обработка данных экспериментов в области физики частиц

В сотрудничестве с физиками ЛФЧ выполнен цикл работ по созданию системы регистрации, накопления, обработки и анализа данных эксперимента

ЭКСЧАРМ, которому присуждена вторая премия ОИЯИ за 1999 г. в области научно-методических работ. Проведены исследования, разработки и реализован синтез программно-аппаратных платформ для моделирования и обработки экспериментов в физике частиц. Модернизирован, благодаря финансовой поддержке РФФИ (грант 98-07-90294), локальный компьютерный кластер РИСК (расширяемая интегрированная система компьютеров). Одним из основных свойств локального кластера является его реконфигурируемость и масштабируемость. Локальный кластер РИСК применяется как инструментальное и эффективное целевое средство для решения задач обработки физической информации. Вся математическая обработка экспериментальных данных, полученных на

установке ЭКСЧАРМ, ведется на этом кластере [18]. Сгенерированы и переданы участникам сотрудничества ЭКСЧАРМ для последующего физического анализа банки данных — результаты математической обработки исходной экспериментальной информации. Кластер РИСК используется также для моделирования (обратная задача) экспериментов по исследованию процессов с очарованными и странными частицами на серпуховском ускорителе У-70. Получено и доведено до практического использования типовое высокоэффективное перспективное решение в области компьютеринга широкого класса физических экспериментов.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Совместно с Институтом космических исследований РАН проведен мультифрактальный анализ изображений «Европы», одного из спутников Юпитера, полученных космическим аппаратом «Галилео» во время экспедиции 1997 г. Вычисленный для нескольких условных цветов спектр фрактальных размерностей указывает на мультифрактальный характер сети трещин на поверхности «Европы». Это является аргументом в пользу гипотезы о происхождении сети трещин на «Европе» под действием больших внутренних напряжений, поскольку эксперименты по разрушению образцов под действием больших нагрузок, проводимые в земных условиях, дают сходные спектры размерностей [19].

Совместно с Сольвеевским институтом (Брюссель, Бельгия) выполнен ряд работ.

— Развита новое приложение оптической когерентной томографии (ОКТ), позволяющее проводить анализ микроструктуры кожи. В настоящее время разрабатывается компактная система для изображения в реальном времени структуры кожи человека *in vivo*. Разработана база данных ОКТ, предназначенная для хранения и обработки информации

о пациентах, образованиях и пятнах на их коже, томограммах. Система была разработана в среде Microsoft Access 97 при использовании Visual C++, Visual Basic и приложений Quick Camera [20].

— Проводятся прикладные исследования сейсмических процессов. Как хорошо известно, эти процессы являются самоподобными по своему пространственно-временному поведению. В то же время модель Буриджа–Кнопова (БК) динамики землетрясений (одна из основных моделей теоретической сейсмологии) не обладает самоподобием. Был предложен метод развития этой модели за счет учета самоподобия путем введения нелинейных членов в потенциал межблокового взаимодействия в модели БК. Это позволяет адекватно учесть самоподобие упругих свойств земной коры. Анализ фазового пространства модели выявляет поведение, сходное с системой сильно связанных осцилляторов со случайной накачкой. Члены с нелинейной жесткостью вызывают синхронизацию коллективного движения системы и приводят к появлению сильных сейсмических событий [21].

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Совместно с ЦЕРН и БНЛ проводились следующие работы:

— развитие объектно-ориентированной программной среды (framework ROOT) для решения широкого класса научных задач с использованием рабочих станций и персональных ЭВМ;

— разработка, развитие и реализация информационной модели процессов сбора, реконструкции и физического анализа данных для больших экспериментов;

— внедрение современных объектно-ориентированных технологий для эксперимента STAR .

Была завершена разработка общей модели задачи реконструкции событий, полученных в результате экспериментов на ускорителях. На ее основе создана библиотека базовых классов для эксперимента STAR. Модель была представлена на «US HENP ROOT Users Workshop» и на митинге коллаборации STAR (<http://sol.star.bnl.gov/~fine/Publications/STAR-July99Meeting/>). Все разработанное программное обеспечение, включая пакет ROOT и пакет программного обеспечения эксперимента STAR, было передано и установлено в ОИЯИ.

В рамках сотрудничества с Исследовательским центром в г.Россендорфе (Германия) с использованием некоторых элементов JAVA-технологии реализована автоматизированная система администрирования компьютерного комплекса этого центра. Подписан протокол о сотрудничестве в области применения подобных технологий с Софийским университетом.

В соответствии с соглашением с Исследовательским центром в г.Россендорфе проводились совместные работы по проекту «Zentrale Nutzerdatenbank» (банк данных пользователей). Цель проекта — создание автоматизированной системы администрирования компьютерного комплекса с применением технологии WWW как средства доступа через Интернет к базе данных ORACLE.

В рамках этих работ разработана и опробована новая концепция программы регистрации пользователей и рабочих групп на NT-платформе. Данная концепция предполагает единый принцип (в идеале и единый программный код) для регистрации пользователей на любых POSIX-совместимых платформах, основанный на использовании централизованной базы данных пользователей и единого (используя HTTP-протокол) механизма доступа к ней.

Исследовалась возможность единообразного (стандартного) подхода для разработки автоматизи-

рованной процедуры регистрации пользователей в рамках спецификаций POSIX.

В сотрудничестве с Техническим университетом в г.Кошице (Словакия) проведены исследования в области приложения вейвлет-преобразования. Разработан перспективный метод для описания отфильтрованных с помощью вейвлет-сжатия сигналов [22]. Разработан алгоритм численного решения обратной задачи для двумерного уравнения Шредингера. Задача сводится к построению симметричной пятидиагональной матрицы  $M*N$  по заданному спектру и первым  $N$  компонентам для каждого базисного собственного вектора. В отличие от одномерного случая все  $N$  компонент не могут быть произвольными. Установлено, что они должны удовлетворять  $(N-1)^2(M-1)$  дополнительным условиям [23].

Продолжались исследования в рамках соглашения о совместных исследованиях между ОИЯИ и Кейптаунским университетом (ЮАР) в области вычислительной физики и прикладной математики и совместного проекта ОИЯИ и Кейптаунского университета по исследованию нелинейных структур в новых магнитных материалах и оптических линиях связи. Проведено численное исследование и теоретический анализ физических процессов, описываемых различными типами нелинейного уравнения Шредингера, имеющего многочисленные приложения в нелинейной оптике, теории твердого тела, конденсированных сред и сверхпроводимости, в частности, в моделях ферро- и антиферромагнитных материалов в микроволновом поле, моделях волоконно-оптических линий связи и т.д. Получены новые результаты, связанные с существованием солитонных решений указанного уравнения и исследованием их свойств (области существования, бифуркация, устойчивость, образование мультисолитонных комплексов и т.д.) [24].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барашенков В.С., Соловьев А.Г., Соснин А.Н. — Препринт ОИЯИ P2-99-125, Дубна, 1999.
2. Barashenkov V.S., Polyanski A., Puzynin I.V., Sissakian A.N — JINR Preprint E2-99-206, Dubna, 1999; presented at Prague Conference.
3. Barashenkov V.S., Gudowski W., Polanski A. — JINR Preprint E2-99-207, Dubna, 1999; subm. to «3rd International Conference on Accelerator Driven Transmutation Technologies».
4. Barashenkov V.S., Gudowski W., Polanski A. — Reports presented at Prague Conference, Praha, 1999.
5. Ososkov G. — Czech. J. Phys., 1999, v.49/S2, p.145; Ososkov G., Shitov A. — Comp. Phys. Comm., 1999, v.119, p.1; Ososkov G. — Nucl. Ins. Meth. 1999, v.A433, p.274; Kolganova E.A., Ososkov G.A. — Czech. J. Phys., 1999, v.48/S2, p.169; Linka A., Ososkov G. et al. — Czech. J. Phys., 1999, v.49/S2 p.93, 161.
6. Акишин П.Г. — Препринт ОИЯИ P5-99-312, Дубна, 1999; напр. в «ЖВМ и МФ».
7. Айрапетян М.Г. и др. — Препринт ОИЯИ P11-99-102, Дубна, 1999.

8. Дикусар Н.Д. — Сообщение ОИЯИ P10-99-223, Дубна, 1999.
9. Амирханов И.В. и др. — Препринт ОИЯИ P11-99-159, Дубна, 1999; напр. в «Математическое моделирование».
10. Bastrukov S.I. et al. — *Phys. Nucl. Part.* 1999, v.30, No.4, p.992.
11. Amirkhanov I.V. et al. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.452, p.152;  
Afanasyev L., Voskresenskaya O. — *Phys. Lett. B*, 1999, v.453, p.302;  
Afanasyev L. et al. — *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, 1999, v.25, p.B7.
12. Pavlov D.V., Puzynin I.V., Vinitsky S.I. — *JINR Preprint E4-99-141, Dubna, 1993; subm. to «Yadernaya Fizika».*
13. Ermolaev A.M., Puzynin I.V. et al. — *JINR Preprint E11-99-156, Dubna, 1999; subm. to «Phys. Rew. A».*
14. Gerdt V.P., Gogilidze S.A. — In: «Computer Algebra in Scientific Computing», V.G.Ganzha, E.W.Mayr, E.V.Vorozhtsov (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1999, p.139.
15. Gerdt V.P. et al. — In: «Computer Algebra in Scientific Computing», Ganzha V.G., Mayr E.W., Vorozhtsov E.V. (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1999, p.147.
16. Korniyak V.V. — In: «Computer Algebra in Scientific Computing», Ganzha V.G., Mayr E.W., Vorozhtsov E.V. (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1999, p.241.
17. Рапортиренко А.М. — Сообщение ОИЯИ P11-99-230, Дубна, 1999.
18. Алеев А.Н., Иванченко И.М. и др. — ПТЭ, 1999, № 4, с. 1.;  
Алеев А.Н., Иванченко И.М. и др. — Препринт ОИЯИ P1-99-136, Дубна, 1999;  
Aleev A.N., Ivanchenko I.M. et al. — *JINR Preprint E1-99-177, Dubna, 1999;*  
Aleev A.N., Ivanchenko I.M. et al. — *JINR Preprint E1-99-178, Dubna, 1999.*
19. Алтайский М.В. и др. — Препринт ОИЯИ P10-99-191, Дубна, 1999.
20. Akishina E.P. et al. — *JINR Preprint E10-99-150 Dubna, 1999; subm. to «Computational Tools and Industrial Applications of Complexity».*
21. Akishin P.G. et al. — *Chaos, Solitons & Fractals*, 2000, v.11 (1-3), p.207.
22. Torok Cs., Bernhard H.P. — *JINR Communication E5-99-221, Dubna, 1999.*
23. Сердюкова С.И., Павлуш М. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1999, №3 [95]-99, p.5.
24. Barashenkov I.V., Zemlyanaya E.V. — *Physica D*, 1999, v.132, No.3, p.363; *Phys. Rev. Lett.*, 1999, v.83, p.5568.

# ОРРИ

В 1999 г. деятельность ОРРИ была сосредоточена на следующих основных направлениях:

- нейтронная спектрометрия и радиационный мониторинг;
- физическая поддержка радиобиологических экспериментов;
- теоретическое моделирование взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, в том числе взаимодействие с биологическими структурами и расчеты защиты;

- исследования закономерностей и механизмов индукции точковых и структурных мутаций в клетках про- и эукариот при действии излучений с различной линейной передачей энергии (ЛПЭ);
- проблемы малых доз облучения при различных ЛПЭ и клеточное восстановление;
- исследования терапевтической эффективности комплекса  $^{211}\text{At}$  — метиленовый синий (МС) для лечения меланомы.

## РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках техзадания по созданию циклотронного комплекса CyLab (Словакия) была проведена комплексная проработка системы радиационной безопасности и мониторинга, включающая в себя все аспекты дозиметрического контроля, регулирования и радиационной защиты персонала на циклотроне, радиохимическом производстве, различных медицинских технологиях и в окружающей среде. Были смоделированы основные источники внешнего и внутреннего облучения, определены критерии радиационной защиты в соответствии с международными рекомендациями, рассмотрены задачи радиационного мониторинга, захоронения отходов, выбросов от работающего ускорителя, возможных аварийных ситуаций и т.д.

Значительное внимание уделялось развитию методов расчета биологических защит, расчету откликов радиационных детекторов и разработке различных дозиметрических приложений с использованием методов Монте-Карло. В частности, были

проведены расчеты глубинных распределений поглощенной дозы электронов  $^{166}\text{Ho}$  в кожной ткани. Данная работа выполнялась в рамках сотрудничества с ИЯФ (Чешская Республика) и связана с радионуклидной терапией рака кожи. Для условий реальной геометрии были выполнены расчеты спектров в опорных полях нейтронов на основе  $^{252}\text{Cf}$  в полиэтиленовых замедлителях. Были продолжены работы по физической поддержке радиобиологических экспериментов [1,2].

Совместно с ЛВЭ продолжены измерения спектров нейтронов, генерируемых протонами с энергией 1 ГэВ в U + Pb + CH<sub>2</sub>-сборке [3,4]. Цель данных исследований — оценка сечения трансмутации радиоактивных отходов. Для измерения спектров нейтронов в широком диапазоне энергий использовался многосферный спектрометр и программа восстановления спектров методом статистической регуляризации. Пространственное распределение

флюенсов нейтронов вокруг мишеней измерялось с помощью активационных детекторов. Были обработаны данные предыдущих экспериментов на протонах с энергиями 1 и 1,5 ГэВ по двойным дифференциальным по углу и энергии распределениям нейтронов и оценке полного выхода нейтронов (различных энергетических групп) из сборки.

Завершены измерения концентраций радона в воздухе помещений, воде и окружающей среде на территории ОИЯИ [5]. Выполнялись исследования концентраций радионуклидов в почве и многолетних

мхах из района расположения Балаковской АЭС и окрестностей Еревана.

Продолжались исследования функций отклика радиационных детекторов [6]. В опорных полях нейтронов изучались характеристики индивидуальных дозиметров, используемых в ОИЯИ и Чешской Республике, термомлюминесцентных и трековых детекторов. Обработаны результаты измерений распределений вторичных ЛПЭ-частиц в трековом детекторе на основе CR-39, облученном пучком протонов с энергией 1 ГэВ [7].

## РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ данных по выходу стабильных и нестабильных аббераций хромосом в лимфоцитах крови человека, индуцированных слабо- и плотно-ионизирующими излучениями ( $\gamma$ -кванты, протоны с энергией 1 ГэВ и ЛПЭ  $\sim 0,218$  кэВ/мкм, ионы азота  $^{14}\text{N}$  с ЛПЭ  $\sim 77$  кэВ/мкм) [8,9], и рассмотрены возможные математические подходы для сопоставления данных, полученных FISH и стандартным метафазным методами. Предложены математические формулы для пересчета частоты стабильных аббераций (транслокации) на весь геном и частот некоторых нестабильных аббераций (дицентрики и фрагменты), выявляемых FISH-методом в хромосомах -1 и -2 лимфоцитов человека. Сопоставление полученных расчетных данных и результатов метафазного анализа, выявляющего только нестабильные абберации хромосом во всем геноме, свидетельствует прежде всего о высокой частоте индукции транслокаций хромосом (даже превышающей выход дицентриков во всем геноме: при воздействии протонами — в среднем в 1,8 раза,  $\gamma$ -квантами — в 2 раза и ионами азота — в 2,3 раза). Еще более высоким (особенно при облучении ионами азота) оказалось превышение расчетных величин для фрагментов хромосом: при воздействии  $\gamma$ -квантами и протонами — почти в 4 раза, а ионами азота — примерно в 20 раз. В отличие от них рассчитанные частоты дицентриков либо были близки данным метафазного анализа при воздействии ускоренными частицами, либо вдвое меньшими — при  $\gamma$ -облучении.

Полученные данные могут служить подтверждением появившихся предположений о неодинаковой радиочувствительности разных хромосом человека. Они свидетельствуют о более высокой частоте повреждения хромосом -1 и -2 генома человека.

Было продолжено изучение мутагенного действия ионизирующих излучений на клетки млекопитающих. На синхрофазотроне ЛВЭ проведено облучение клеток китайского хомячка (линия V-79) протонами с энергией 1 ГэВ в дозах 1, 1,5 и 2,5 Гр. Были выявлены и выделены из культуры облученных клеток HPRT-мутантные субклоны и проведен их цитогенетический анализ. Результаты свидетельствуют о том, что облучение клеток млекопитающих  $\gamma$ -квантами и высокоэнергетичными протонами может индуцировать также появление устойчивых по цитогенетическим показателям форм радиационно-индуцированных мутантов.

Одним из важнейших аспектов биологического действия малых доз ионизирующих излучений является вопрос о возможности экстраполяции эффектов, вызываемых высокими дозами, на облучение в области низких доз, а также проблема индукции адаптивного ответа, т.е. повышение радиорезистентности клеток после облучения в малых дозах к последующему облучению в большой дозе. На клетках китайского хомячка и меланомы человека в культуре с использованием цитогенетических критериев изучена зависимость доза-эффект в диапазоне  $0,1 \div 2$  Гр однократного  $\gamma$ -облучения. Для обеих линий клеток кривая доза-эффект имеет сходный характер. Выявлена нелинейная зависимость количества клеток с хромосомными абберациями от дозы. При дозах ниже 10 и 20 сГр для клеток меланомы и китайского хомячка соответственно клеткам свойственна максимальная радиочувствительность, сменяющаяся резким повышением радиорезистентности, при котором в определенном диапазоне имеет место обратная зависимость величины эффекта от дозы. Предполагается [10], что этот феномен обусловлен индуцибельной

радиорезистентностью вследствие включения репарационных механизмов при определенных уровнях повреждения, причем у клеток меланомы индуцибельная репарация работает более эффективно и включается при меньших дозах, чем у клеток китайского хомячка. На основании полученных результатов сделано заключение о том, что в основе нарушения линейности кривой доза–эффект и индукции адаптивного ответа лежат одни и те же процессы индуцибельной репарации, аналогичные по своим механизмам и различающиеся у клеток разных типов.

Продолжены работы по изучению у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* генетического контроля checkpoint-регуляции — механизма, формирующего реакцию клетки на повреждающее действие ионизирующей радиации [11]. У дрожжей идентифицировано несколько генов, контролирующих этот механизм. Изучали взаимодействие между известными генами (RAD9, RAD17, RAD24, RAD53), контролирующими остановку клеточного цикла в точках проверки, а также между ними и генами SRM, мутации в которых повышают радиочувствительность клеток и снижают стабильность генетических структур. Для этого конструировали штаммы, несущие двойные мутации, и у двойных мутантов анализировали чувствительность к  $\gamma$ -излучению. Показано участие генов SRM5, SRM8 и SRM12 в checkpoint-контроле. Особенно важное значение имеет прямое доказательство участия протеинкиназы p34, кодируемой геном SRM5 (CDC28), играющей центральную роль в регуляции клеточного цикла и являющейся, по-видимому, мишенью передачи сигнала о повреждении ДНК-машинерии, обеспечивающей прохождение клеточного цикла.

Продолжены работы по изучению индукции точковых мутаций у дрожжей ионизирующей радиацией [12]. Завершены работы по изучению индукции замен пар оснований у гаплоидных клеток дрожжей. Показано, что  $\gamma$ -излучение эффективно индуцирует все 6 типов замен пар оснований. Зависимость частоты мутаций от дозы облучения описывается линейной функцией в отличие от линейно-квадратичной для диплоидных штаммов дрожжей. Спектр замен пар оснований совпадает у гаплоидных и диплоидных штаммов дрожжей.

Проводились работы по изучению индукции точковых мутаций под действием ускоренных ионов. Облучение ионами  $^4\text{He}$  (ЛПЭ = 20 кэВ/мкм) индуцировало мутации с ОБЭ около 2.

Начаты работы по изучению индукции мутаций типа сдвига рамки считывания. Тестерная система, основанная на тестировании реверсий вставки 4 нуклеотидов в ген LYS2 и 1 нуклеотида в ген HOM3, позволяет тестировать выпадение 1 нуклеотида (микроделеция). Отрабатывались условия детектирования реверсных мутаций.

Продолжена работа по изучению закономерностей образования спонтанных и индуцированных делеционных мутаций в бактериальных клетках *Escherichia coli* [13]. Используемая тест-система на основе хромосомального гена *tonB*, расположенного на расстоянии 4,6 kb от *trp*-оперона, позволяет учитывать *tonB-trp*-делеционные мутации, определяемые по устойчивости к колицину B, фагу T1 и по наличию ауксотрофности по триптофану.

Получена дозовая зависимость частоты образования *tonB-trp*-делеционных мутаций при  $\gamma$ -облучении. Проведена серия экспериментов по отработке методики для изучения индукции делеционных мутаций тяжелыми ионами. Ведется селекция новых *met*-мутантных клонов для упрощения методики отбора делеционных мутантов. Одновременно получена дозовая зависимость для *tonB*-мутантов, отбираемых по устойчивости к колицину B и бактериофагу T1. Предполагалось, что большинство этих мутаций представляют собой короткие делеции, локализованные в гене *tonB*. В подтверждение данной гипотезы начата проверка этих мутантов на способность к реверсии.

Завершены работы по изучению закономерностей SOS-ответа в клетках *E. coli* при действии ультрафиолетового света [14]. В частности, исследовано влияние видимого света (фотореактивации) на характер кинетических и дозовых кривых SOS-индукции в клетках *E. coli* (*uvrA*) [15]. Анализ этих, а также ранее полученных данных, касающихся УФ-индуцированного SOS-ответа, позволил заключить, что различные молекулярные события лежат в основе индукции SOS-системы в области высоких и низких доз УФ. В области доз  $0 \div 2$  Дж/м<sup>2</sup> SOS-сигнал вероятнее всего обусловлен односторонними пробелами, генерируемыми в процессе репликации поврежденной ДНК, а в области доз  $2 \div 10$  Дж/м<sup>2</sup> SOS-индуцирующим событием является остановка репликации ДНК.

Завершены работы по исследованию влияния *umuC*-мутации на SOS-ответ, индуцируемый в клетках *E. coli* УФ- и  $\gamma$ -лучами [16]. Показано, что в обоих случаях наличие данной мутации приводит примерно к пятикратному увеличению уровня SOS-индукции. Эксперименты с выдерживанием облученных клеток в буфере позволили заключить, что это связано с бо-



лее эффективной эксцизионной репарацией повреждений в клетках с нормальным UmuC-белком, что может быть следствием UmuCD-зависимого ингибирования репликации ДНК. Были продолжены исследования SOS-ответа в клетках *E. coli* при действии заряженных ионов. В частности, получены кинетические кривые SOS-индукции при облучении клеток дикого типа различными дозами  $\gamma$ -лучей и ионов  $^4\text{He}$  с ЛПЭ = 20 кэВ/мкм.

Завершена работа по *математическому моделированию генетической регуляторной системы SOS-ответа у бактерий E. coli*. В результате разработана модель и получены соответствующие дифференциальные уравнения, описывающие динамику генетической регуляции и индуцирующего сигнала для регуляторной системы SOS-ответа после действия УФ. Рассчитаны и проанализированы динамические кривые регуляторных компонент SOS-ответа после УФ-облучения, а также дозовые зависимости максимальных концентраций продуктов генов *recA* и *sulA*.

Были начаты исследования совместно с ЛЯР ОИЯИ, Институтом биологической химфизики РАН, Саратовским государственным университетом и Государственным комитетом по охране окружающей среды Саратовской области последствий химических загрязнений ионизирующих излучений низких мощностей в районе действия Балаковской АЭС [17]. Исследования проводили на семенах высших растений — подорожника *Plantago major*. Данные анализировали с учетом результатов определения радионуклидных и химических загрязнений, а также моделирования газового потока выбросов инертных радиоактивных газов АЭС. Исследования показали, что задержка прорастания и число непроросших семян в популяциях коррелируют с выходом хромосомных нарушений в первом митозе меристематических клеток в случае большого количества хромосомных нарушений как в случае действия радиации, так и химических агентов. В этих популяциях уровень хромосомных aberrаций в 3–4 раза превышает уровень в контроле. Анализ выхода хромосомных нарушений и количества пролиферирующих клеток в апексе в первом митозе показал, что воздействие ионизирующей радиацией приводит к классическим зависимостям этих показателей от сроков фиксации, а совместное действие с химическими агентами задерживает и останавливает деление клеток. Уменьшение средних показателей по количеству делящихся клеток в апексе наблюдалось в

популяциях, подверженных действию радиоактивных выбросов АЭС и химических агентов. Эти процессы нарушают нормальное развитие корня растения, наблюдавшееся в ряде популяций. Исследования антиоксидантного статуса показали, что он снижен в 2–3 раза в популяциях, расположенных по преимущественному направлению ветра от АЭС. Последующие исследования будут направлены на изучение изменений специфических показателей, ответственных за влияние малых доз ионизирующей радиации, химических агентов и их совместного действия.

Выполнен анализ результатов наблюдений *взаимосвязи доза–эффект на клеточном и организменном уровнях* с целью уточнения коэффициентов риска при малых дозах [18]. Результаты наблюдения представлены двумя противоположными группами зависимостей эффекта от дозы: надлинейной и подлинейной. Оба типа зависимостей описываются решениями уравнения предполагаемого единого защитного механизма из двух составляющих: врожденной (конститутивной) и адаптивной (индуцибельной). Анализ последних данных по надлинейным зависимостям показывает значительную недооценку радиационного риска всех видов рака, кроме лейкемии, для некоторых критических групп из популяции при малых дозах по сравнению с рекомендациями МКРЗ. С ростом дозы наблюдается снижение величины эффекта на единицу дозы, что, возможно, связано с включением активности адаптивного защитного механизма при превышении некоторых пороговых значений дозы.

Завершена серия экспериментов по количественной оценке степени повреждения нормальных клеток китайского хомячка и клеток меланомы человека *in vitro* после воздействия  $^{211}\text{At}$  в ионной форме и метиленовым синим (МС), меченым  $^{211}\text{At}$  [19]. Результаты экспериментов подтвердили предварительные данные о том, что эффективность воздействия  $^{211}\text{At}$  — МС на клетки меланомы на порядок выше, чем на нормальные непигментированные клетки, в то время как повреждающее действие  $^{211}\text{At}$  в ионной форме на нормальные и опухолевые клетки не различается. Это означает, что  $^{211}\text{At}$  — метиленовый синий селективно накапливается в пигментированных опухолевых клетках и это соединение может быть эффективно использовано в целях радиотерапии диссеминированной меланомы при минимальном повреждении нормальных тканей.

## РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационный контроль за облучением персонала ядерно-физических установок ОИЯИ осуществлялся в 1999 г. с помощью автоматизированных систем радиационного контроля (АСРК) и переносными приборами.

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 1999 г. в радиоактивность окружающей среды

от ядерно-физических установок ОИЯИ не обнаружен.

В 1999 г. на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состояло 1816 человек, включая 77 прикомандированных специалистов. По сравнению с 1998 г. число лиц, состоящих на контроле, снизилось на 72 человека. Годовые индивидуальные дозы персонала не превысили 21 мЗв/год. Наибольшее значение средней индивидуальной годовой дозы персонала лабораторий ОИЯИ наблюдается в ЛНФ и ОРРИ — 2 мЗв/год. Превышения контрольных уровней и пределов доз в 1999 г. в лабораториях также не были зарегистрированы.

## ОБРАЗОВАНИЕ

Второй цикл 9-недельных региональных образовательных курсов МАГАТЭ по радиационной безопасности был организован осенью 1999 г. на базе ОРРИ и УНЦ. Курсы были открыты для 25 молодых специалистов из стран-участниц МАГАТЭ в регионе Восточной Европы и Западной Азии. В процессе обучения им было представлено 125 лекций, проведено 17 лабораторных работ и организовано 10 научных

визитов. По окончании курсов слушателям были вручены образовательные сертификаты МАГАТЭ. Учитывая высокий организационный и научно-практический уровень курсов и накопленный в ОИЯИ опыт, со стороны МАГАТЭ предложено продолжить эффективное сотрудничество с ОИЯИ в этом направлении на постоянной основе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Спурны Ф., Бамблевский В.П. — *Radiation Measurements*, 1999, т.31, № 1–6, с.413.
2. Timoshenko G.N., Bamblevski V.P., Krylov A.R. — *JINR Preprint E16-99-47, Dubna*, 1999.
3. Брандт Р. и др. — *Radiation Measurements*, 1999, т.31, № 1–6, с.537.
4. Брандт Р. и др. — *Radiation Measurements*, 1999, т.31, № 1–6, с.497.
5. Тимошенко Г.Н., Мерзлякова Н.Н. — *Сообщение ОИЯИ P16-99-328, Дубна*, 1999.
6. Головченко А.Н. и др. — *NIMB*, 1999, в.159, с.233.
7. Spurny F., Vlycek V., Bamblevski V.P., Timoshenko G.N. — *JINR Preprint E16-99-158, Dubna*, 1999.
8. Govorun R.D. et al. — In: «*Fundamentals for the Assessment of Risks from Environmental Radiation*», NATO Science Series, 2. Environmental Security, v.55, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht – Boston – London, 1999, p.249.
9. Lukasova E. et al. — In: «*Fundamentals for the Assessment of Risks from Environmental Radiation*», NATO Science Series, 2. Environmental Security, v.55, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht – Boston – London, 1999, p.195.
10. Schmakova N.L. et al. — *Nucleonica*, 1999, в.44, No. 4 (in press).
11. Koltovaya N.A. et al. — *Current Genetics*, 1999, в.35(3–4), p.336.

12. Зюзиков Н.А. и др. — *Радиационная биология. Радиоэкология*. 1999, № 6, т.39, с.628.
13. Булах А.П., Борейко А.В., Красавин Е.А. — В сб.: *Труды III Научной конференции молодых ученых и специалистов ОИЯИ, Дубна, 13–18 февраля 1999*, с.181.
14. Aksenov S.V. — *JINR Preprint E19-99-74, Dubna, 1999*.
15. Комова О.В. и др. — *Препринт ОИЯИ P19-99-40, Дубна, 1999*.
16. Комова О.В. и др. — *Радиационная биология. Радиоэкология (в печати)*.
17. Гришина И.В. и др. — В сб.: *Труды III Научной конференции молодых ученых и специалистов ОИЯИ. Дубна, 15–18 февраля 1999*, с.182.
18. Komochkov M.M. — *JINR Communication E19-99-295, Dubna, 1999*.
19. Schmakova N.L. et. al. — *Nuclear Medicine, 1999, v.20(5), p.466*.

## УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 1999 г. Учебно-научный центр продолжал свою деятельность в рамках темы первого приоритета «Организация, обеспечение и развитие учебного процесса университетского типа в ОИЯИ».

Студенты 4–6-х курсов, заканчивающие свое обучение в УНЦ, проходят подготовку по следующим направлениям:

- ядерная физика;
- физика элементарных частиц;
- физика конденсированных сред;
- теоретическая физика;
- техническая физика;
- радиобиология.

В 1999 г. в УНЦ в весеннем (осеннем) семестре обучалось 80(69) студентов из различных вузов стран-участниц ОИЯИ. В их числе из МГУ — 14(13), из МИФИ — 19(19), из МФТИ — 18(18) и из других вузов — 29(19).

Было защищено 30 дипломных работ студентами МГУ, МИФИ, МФТИ и других университетов и 2 бакалаврские работы студентами МФТИ. В учебном процессе участвовало в качестве преподавателей 44 сотрудника ОИЯИ.

С 1998 г. в УНЦ введена новая форма обучения — целевая подготовка специалистов из стран-участниц ОИЯИ. В этом году вторая группа студентов 5-го курса из Технического университета г.Братиславы (Словакия) приступила к обучению по специальной программе, направленной на подготовку специалистов для циклотронного комплекса в Словакии. Студенты занимаются по индивидуальным учебным планам, согласованным с руководством факультета электротехники и информационных технологий Братислав-

ского университета. Полномочный Представитель Словакии выделил в 1999 г. специальный грант для УНЦ.

В этом учебном году УНЦ и Лаборатория теоретической физики ОИЯИ объявили набор для подготовки студентов-теоретиков в области физики элементарных частиц.

В 1999 г. в ОИЯИ учреждена стипендия имени академика Н.Н.Боголюбова для поощрения наиболее способных студентов и аспирантов, обучающихся в УНЦ и специализирующихся в области теоретической физики. Стипендиаты — аспиранты и студенты УНЦ — получали именную стипендию в течение полугода.

В 1999 г. продолжила работу аспирантура ОИЯИ по десяти физико-математическим специальностям:

- 01.04.16 — физика ядра и элементарных частиц;
- 01.04.02 — теоретическая физика;
- 01.01.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника;
- 01.01.07 — вычислительная математика;
- 01.04.07 — физика твердого тела;
- 01.04.01 — техника физического эксперимента, физика приборов, автоматизация физических исследований;
- 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 весеннем (осеннем) семестре в аспирантуре обучалось 46(44) аспирантов, которые были распределены по лабораториям следующим образом: ЛТФ — 10(9), ЛЯП — 10(9), ЛЯР — 2(2), ЛНФ — 6(5), ЛВЭ — 3(3), ЛФЧ — 6(6), ЛВТА — 4(5), ОРРИ — 4(2), УНЦ — 1(1).

Пятеро аспирантов (из них двое в этом году) УНЦ ОИЯИ защитили кандидатские диссертации и работают в лабораториях ОИЯИ.

В Учебно-научном центре ОИЯИ в 1999 г. продолжен цикл лекций под общим названием «Современные проблемы естествознания» для аспирантов ОИЯИ. Были представлены лекции И.Н.Мешкова «Ускорители заряженных частиц и коллайдеры», И.В.Киселя «Нейронные сети и клеточные автоматы в экспериментах физики высоких энергий».

С 26 по 28 сентября по приглашению ОИЯИ Дубну посетил руководитель вычислительного центра Университета прикладных наук из г.Равенсбург-Вайнгартена (Германия) профессор Р.Краглер. Это был его второй визит в ОИЯИ. Во время первого визита в октябре 1998 г. он прочитал в УНЦ ОИЯИ курс лекций по компьютерной системе «Математика». В

этот раз Р.Краглер обсудил с директором УНЦ С.П.Ивановой, которая посетила г.Равенсбург-Вайнгартен летом этого года, перспективы сотрудничества двух образовательных центров по обмену студентами и преподавателями.

1 июня состоялся второй выпуск аспирантов УНЦ, принятых весной 1996 г. Из 13 человек, окончивших аспирантуру, 12 остались работать в Институте.

Образовательная программа ОИЯИ осуществляется и развивается в тесном сотрудничестве с ведущими вузами России.

Учебно-научный центр ОИЯИ имеет договоры о сотрудничестве в области образования со многими вузами России и стран-участниц ОИЯИ, в их числе Тверской, Томский, Омский, Тбилисский, Чувашский, Воронежский, Тульский, Дальневосточный государственные университеты.

В 1999 г. группы студентов-физиков из Тверского государственного университета обучались по индивидуальному учебному плану и проходили практику в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова.

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Для поддержки традиционных связей в области образования и подготовки кадров продолжается обмен студентами между Учебно-научным центром ОИЯИ и университетами стран Восточной Европы. Стало традицией принимать студенческие группы и отдельных студентов, приезжающих в Дубну с ознакомительными визитами. Практикуется регулярное проведение летних курсов, школ, специальных семинаров, в которых участвуют слушатели из России, стран Западной Европы, СНГ. Особенно активно сотрудничают с УНЦ ОИЯИ университеты Польши, Словакии, Чехии.

В мае в УНЦ ОИЯИ состоялось рабочее совещание в рамках программы «Боголюбов-Инфельд» по сотрудничеству в области образовательной деятельности. Группа профессоров университетов Белостока, Вроцлава, Гданьска, Кракова, Лодзи, Люблина и Политехнического института Щецина обсудила с ру-

ководством УНЦ возможности и направления образовательной программы ОИЯИ. Участники совещания ознакомились с научной программой всех лабораторий ОИЯИ и посетили важнейшие установки Института. Особое внимание во время обсуждения было уделено вопросам сотрудничества с институтами и университетами Польши.

В решении совещания отмечена целесообразность обмена визитами студенческих групп с подготовленной научной и лекционной программами, обмена информацией о проведении школ, семинаров, конференций для студентов, аспирантов, специалистов и взаимное участие в них. Особо подчеркнута плодотворность практики выполнения дипломных работ в лабораториях и УНЦ ОИЯИ при совместном руководстве сотрудников университетов Польши и лабораторий ОИЯИ.

В 1998 г. студентка физического факультета Познаньского университета им. А.Мицкевича А.Кухарска прошла трехмесячную преддипломную практику в НЭОЯФ ЛНФ, а в мае этого года с оценкой «отлично» защитила диплом магистра по теме «Эпитепловой нейтронный активационный анализ мхов-биоиндикаторов, используемых для изучения атмосферных выпадений тяжелых металлов в Медном бассейне Польши». Получена рекомендация для дальнейшего обучения в аспирантуре Экологической школы в Циттау (Германия).

В сентябре в Ратмино прошла Пятая школа молодых ученых «Проблемы ускорения заряженных частиц», в которой принимали участие молодые ученые из России, стран СНГ и Словакии. Школа была организована при поддержке дирекции ОИЯИ, УНЦ, ЛФЧ, Миннауки, РФФИ, МИФИ, Центра фундаментальной физики в Москве. Программа школы состояла из двух частей: ускорение тяжелых ионов и их применение в физике ядра и ядерных реакциях; синхротронное, ондуляторное излучения и применение СИ и ЛСЭ в физике, смежных областях науки и промышленности. Вторая часть программы связана с подготовкой специалистов для работы будущего источника синхротронного излучения ДЭЛСИ. Слушатели школы приняли участие в семинаре, посвященном памяти В.П.Саранцева.

В октябре ОИЯИ посетили группы польских студентов и аспирантов из университетов городов Познань, Краков и Люблин. Они познакомились с Учебно-научным центром, Лабораторией вычислительной техники и автоматизации, научно-экспериментальным отделом фазотрона Лаборатории ядерных проблем, с исследованиями на медицинском пучке, побывали на экскурсиях в Лаборатории теоретической физики, в Лаборатории ядерных реакций, в Отделении радиационных и радиобиологических исследований.

Проведение и обмен студентами и аспирантами из Польши поддерживаны в рамках программы «Боголюбов–Инфельд» (образовательная часть), имеющей специальное финансирование за счет гранта Полномочного Представителя Польши в ОИЯИ.

Два аспиранта УНЦ принимали участие в работе 35-й Зимней школы по теоретической физике «From Cosmology to Quantum Gravity», проходившей со 2 по 12 февраля 1999 г. в Польше.

В рамках сотрудничества между МАГАТЭ и ОИЯИ с 13 сентября 1999 г. в Учебно-научном центре ОИЯИ во второй раз прошли девятидневные региональные курсы МАГАТЭ по радиационной безопасности. Контингент слушателей курсов был определен МАГАТЭ и странами-участницами МАГАТЭ и представлял 11 стран региона. Основная цель курсов — подготовка молодых специалистов и руководителей для работы в различных сферах инфраструктуры радиационной безопасности этих стран на основе международных рекомендаций. Курсы проводились на базе УНЦ и ОРРИ ОИЯИ. Было прочитано более 130 лекций и проведено 17 лабораторных занятий.

25 молодых специалистов из Армении, Белоруссии, Болгарии, Грузии, Казахстана, Латвии, Литвы, Молдавии, Узбекистана, Украины и Эстонии прослушали циклы лекций: физические и биологические основы физики защиты; методы регистрации излучений, величины и единицы; мониторинг внешнего облучения; биологические эффекты воздействия ионизирующей радиации; мониторинг внутреннего облучения; радиационная безопасность персонала; медицинские облучения; принципы радиационной защиты; облучение населения за счет техногенной радиации.

Для слушателей были организованы научные визиты на базовые установки ОИЯИ, радиохимические лаборатории ОИЯИ, радиологическую клинику и лабораторию счетчиков излучения человеческого тела Института биофизики (Москва), на предприятие по захоронению радиоактивных отходов «Радон» (Сергиев Посад). К чтению лекций привлекались ведущие специалисты из ОИЯИ (всего более 30 человек), а также лекторы, приглашенные МАГАТЭ.

Подводя итоги курсов, ответственный сотрудник МАГАТЭ А.Бильбао отметил их высокий профессиональный уровень и хорошую организацию. По мнению представителя МАГАТЭ накопленный в ОИЯИ опыт по проведению подобных международных курсов, имеющаяся в распоряжении ОИЯИ хорошая учебно-организационная база, наличие высококлассных специалистов практически по всем преподаваемым темам и уникальный спектр различных источников ионизирующих излучений в Институте являются основой того, чтобы сотрудничество МАГАТЭ и ОИЯИ в процессе подготовки специалистов по радиа-

ционной безопасности для стран Восточной Европы и Азии приобрело постоянные формы.

Поддержан совместный проект Учебно-научного центра ОИЯИ с Институтом теоретической физики университета в г.Гиссене (Германия) в рамках программы DAAD «Стипендии Леонарда Эйлера». Два аспиранта и студент УНЦ, работающие над теоретическими исследованиями в области физики тяжелых ионов, имеют дополнительную стипендию в течение учебного года и месячную стажировку в Гиссенском университете (Германия).

Второй раз УНЦ совместно с физическим факультетом МГУ, межфакультетским центром строения вещества и новых материалов МГУ принимал участие в учебной практике по направлению «Медицинская физика». Восемнадцать студентов МГУ и Воронежского госуниверситета, закончившие 4 курс, две недели слушали лекции, работали на практических занятиях, знакомилась с лабораториями и базами установками ОИЯИ.

В сентябре 1999 г. в Англии (Лондон) прошла конференция EPS-II «Trends in Physics», в которой принимала участие директор УНЦ. Учебно-научный центр ОИЯИ является членом EUPEN.

В начале октября директор УНЦ С.П.Иванова в составе делегации из Дубны участвовала в торжественных мероприятиях по случаю десятилетия дружбы городов-побратимов Ла-Кросса и Дубны. В результате переговоров с руководством Университета штата Висконсин в г. Ла-Кросс было подписано новое соглашение о сотрудничестве между университетами. Были приняты документы, определяющие конкретные шаги по программе обмена студентами, в том числе с УНЦ ОИЯИ.

Летом 1999 г. 18 студентов ядерного и физико-инженерного факультетов Пражского технического университета две недели провели в Дубне. Они посетили лаборатории и базовые установки ОИЯИ, были участниками конференции «Новая физика в неускорительных экспериментах». Цель этого визита — заложить основу сотрудничества между Пражским техническим университетом и Учебно-научным центром ОИЯИ. Один из участников этой группы, студент кафедры экспериментальной ядерной физики, с февраля 2000 г. начнет обучение в УНЦ ОИЯИ.

В соответствии с соглашением между Университетом г.Лунда (Швеция) и ОИЯИ один аспирант УНЦ

в течение трех месяцев принимал участие в эксперименте DELPHI в составе группы этого университета.

Студент УНЦ в мае 1999 г. участвовал в работе III Физической школы им. Б.М.Понтекорво в Италии на Капри. Два студента УНЦ участвовали в Летней программе для студентов в ЦЕРН.

В августе студент УНЦ ОИЯИ принимал участие в конференции Международной ассоциации студентов-физиков (IAPS), проходившей в г.Хельсинки (Финляндия). Такие конференции ежегодно проходят в одной из стран мира, куда съезжаются и представляют свои труды студенты, занимающиеся наукой в области физики и химии. В этом году в работе конференции принимали участие студенты из 38 стран: Австралии, Португалии, СНГ, США и др. Россию представляли 5 человек.

С 1999 г. Учебно-научный центр проводит организационно-методическое обучение, переподготовку и повышение квалификации специалистов и рабочих, организует и координирует учебный процесс на базе лабораторий и подразделений ОИЯИ.

Обучение рабочих новым и смежным профессиям проводится по индивидуальной и групповой формам. Всего за этот год подготовлено 43 человека, из них 34 сотрудника Института закончили курсы по профессиям, подведомственным госгортехнадзору.

Повышение квалификации рабочих осуществляется путем организации производственно-технических курсов и курсов целевого назначения. За год такие курсы закончили 329 человек.

На курсах повышения квалификации ИТР и служащих, организованных в ОИЯИ и других учебных заведениях Москвы, Санкт-Петербурга, Обнинска, Дмитрова, прошли обучение 92 сотрудника ОИЯИ.

В лабораториях и производственных подразделениях ОИЯИ были организованы производственные практики для 42 учащихся профессионально-технических училищ и техникумов.

Организована работа филиала подготовительных курсов для поступления в МИФИ. На этих курсах в 1999/2000 учебном году занимаются 42 учащихся (2 группы) школ г.Дубны. В ноябре 30 слушателей курсов были участниками физико-математической олимпиады в МИФИ.

Продолжалось регулярное обновление и пополнение информации на веб-сайте УНЦ (<http://uc.jinr.ru>).

В 1999 г. доклады об образовательной программе ОИЯИ были представлены:

— на конференции Европейского физического общества «Trends in Physics» в секции, посвященной проблемам развития физического образования в Европе. — In the report «Organization of physics edu-

cation at an international scientific institute (JINR, Dubna)».

— на конференции «Наукограды: диалог науки и образования» в докладе «Союз науки и высшей школы на примере ОИЯИ».

В Учебно-научном центре ведутся теоретические исследования в области взаимодействия тяжелых ионов и ядер.

## ЛИТЕРАТУРА

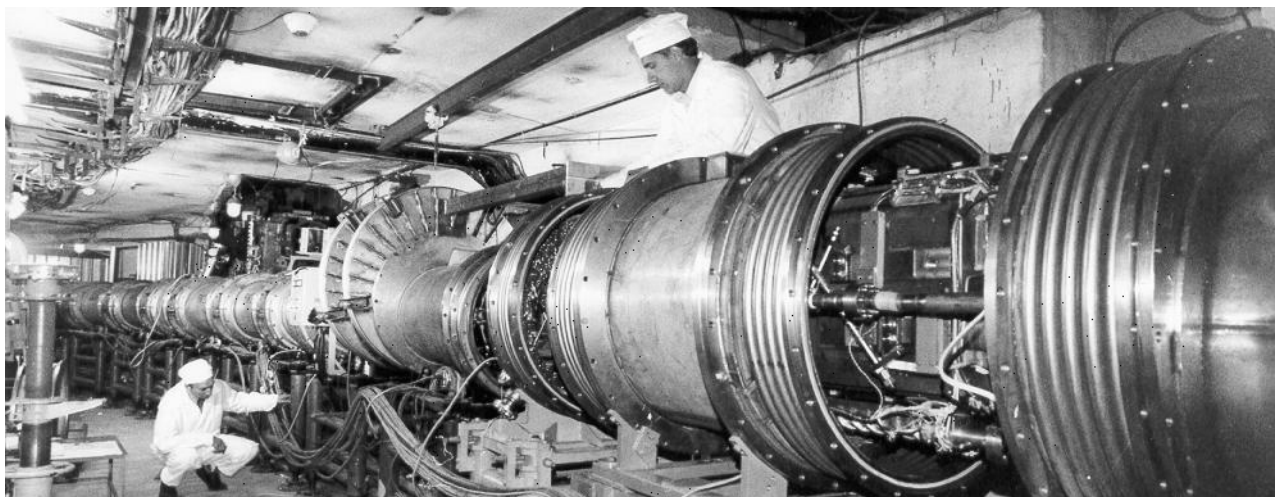
1. Adamian G., Antonenko N., Ivanova S., Scheid W. — *Nucl. Phys. A*, 1999, v.646, p.29.
2. Shneidman T., Adamian G., Antonenko N., Ivanova S., Scheid W. — *Nucl. Phys. A* (in print).



**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.**

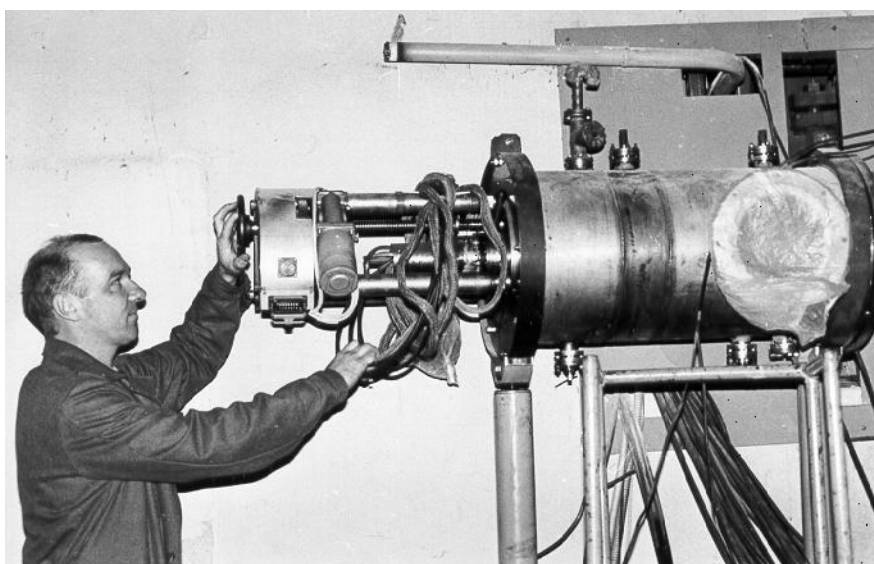


Лаборатория высоких энергий.  
Завершение сборки участка кольца  
нуклотрона с элементами системы  
медленного вывода пучка  
заряженных частиц

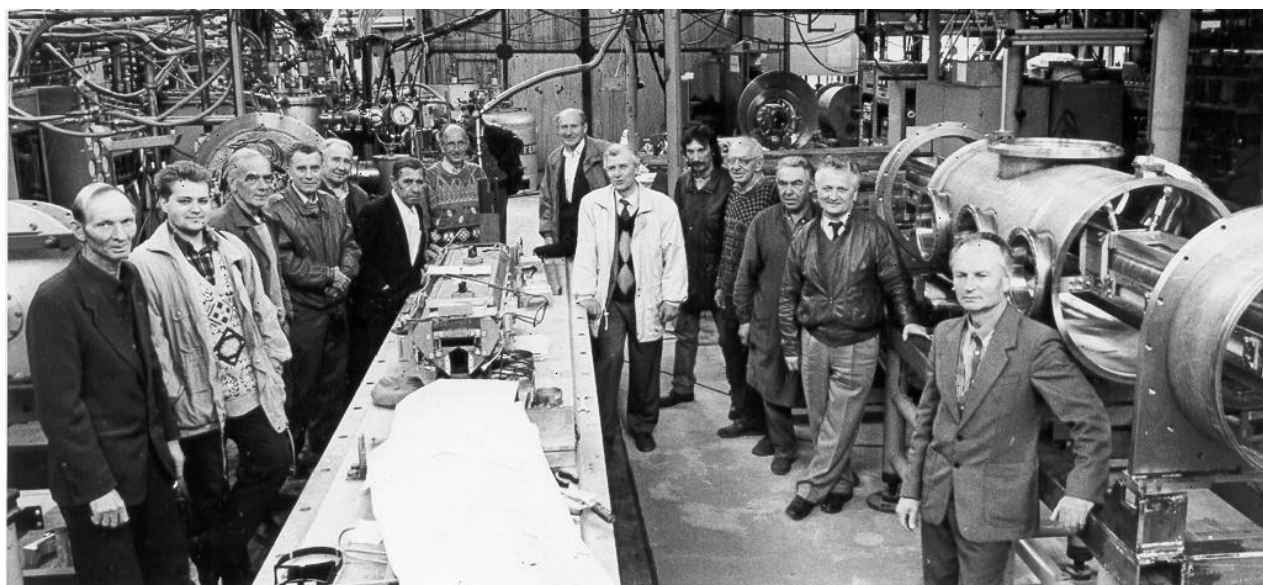




Лаборатория высоких энергий.  
Сцинтилляционный магнитный  
спектрометр для совместных  
ОИЯИ МГУ исследований  
пространственно-временной  
структуры адронных  
взаимодействий



Лаборатория высоких энергий.  
Центральная часть  
установки МАРУСЯ  
для исследования взаимодействий  
тяжелых ионов при релятивистских  
и ультрарелятивистских энергиях



Лаборатория высоких энергий.  
Группа специалистов лаборатории —  
участников создания канала  
медленного вывода пучка  
релятивистских ядер из нуклотрона

Лаборатория ядерных проблем. Сборка нового оборудования для исследования процессов мю-катализа

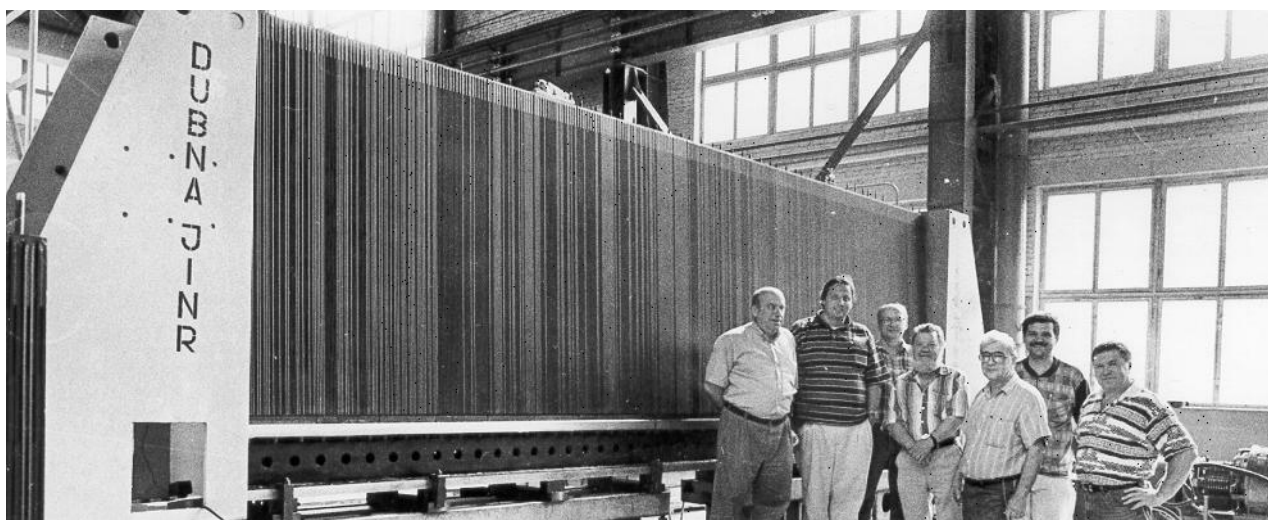


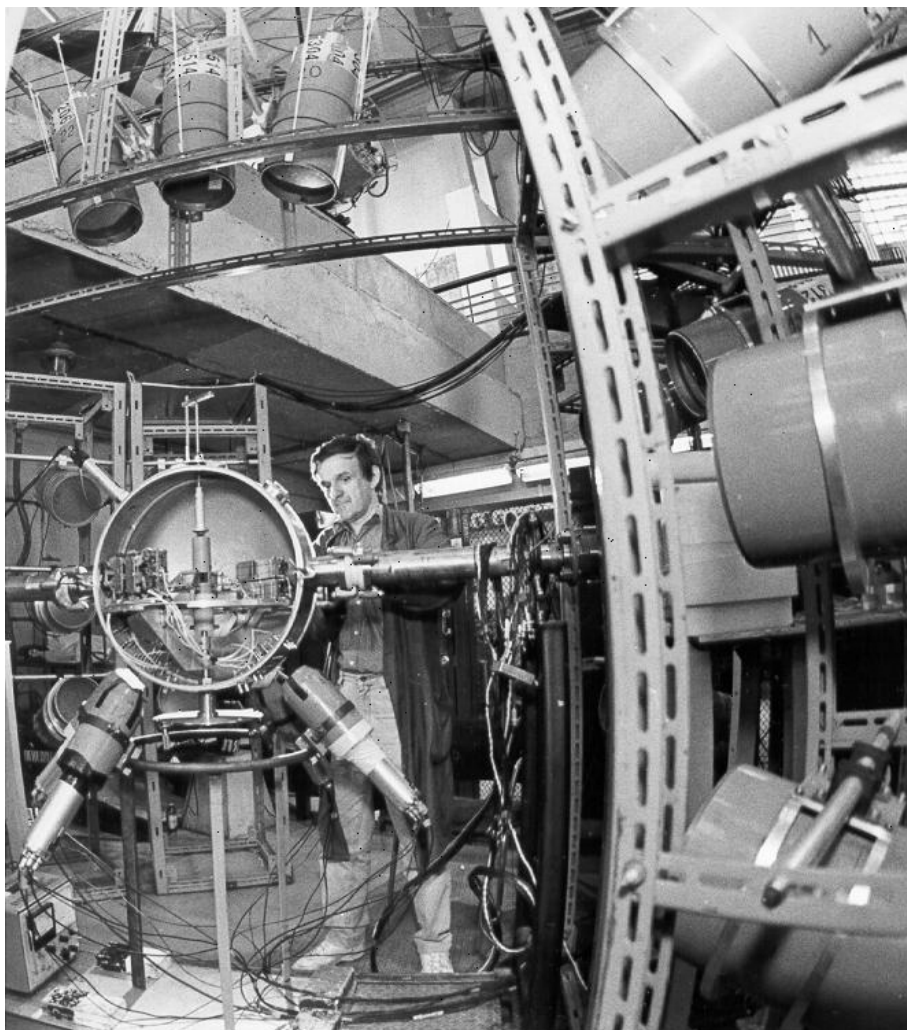
Лаборатория ядерных проблем. Испытания криогенной медицинской аппаратуры, разработанной в лаборатории для хирургических и косметических операций



Лаборатория ядерных проблем. Момент сдачи в эксплуатацию установки по производству аэрогеля, созданной группой инженеров и физиков Дубны и Братиславы (Словакия)

Лаборатория ядерных проблем. Перед отправкой в ЦЕРН собранного в Дубне первого серийного модуля адронного тайл-калориметра для установки ATLAS

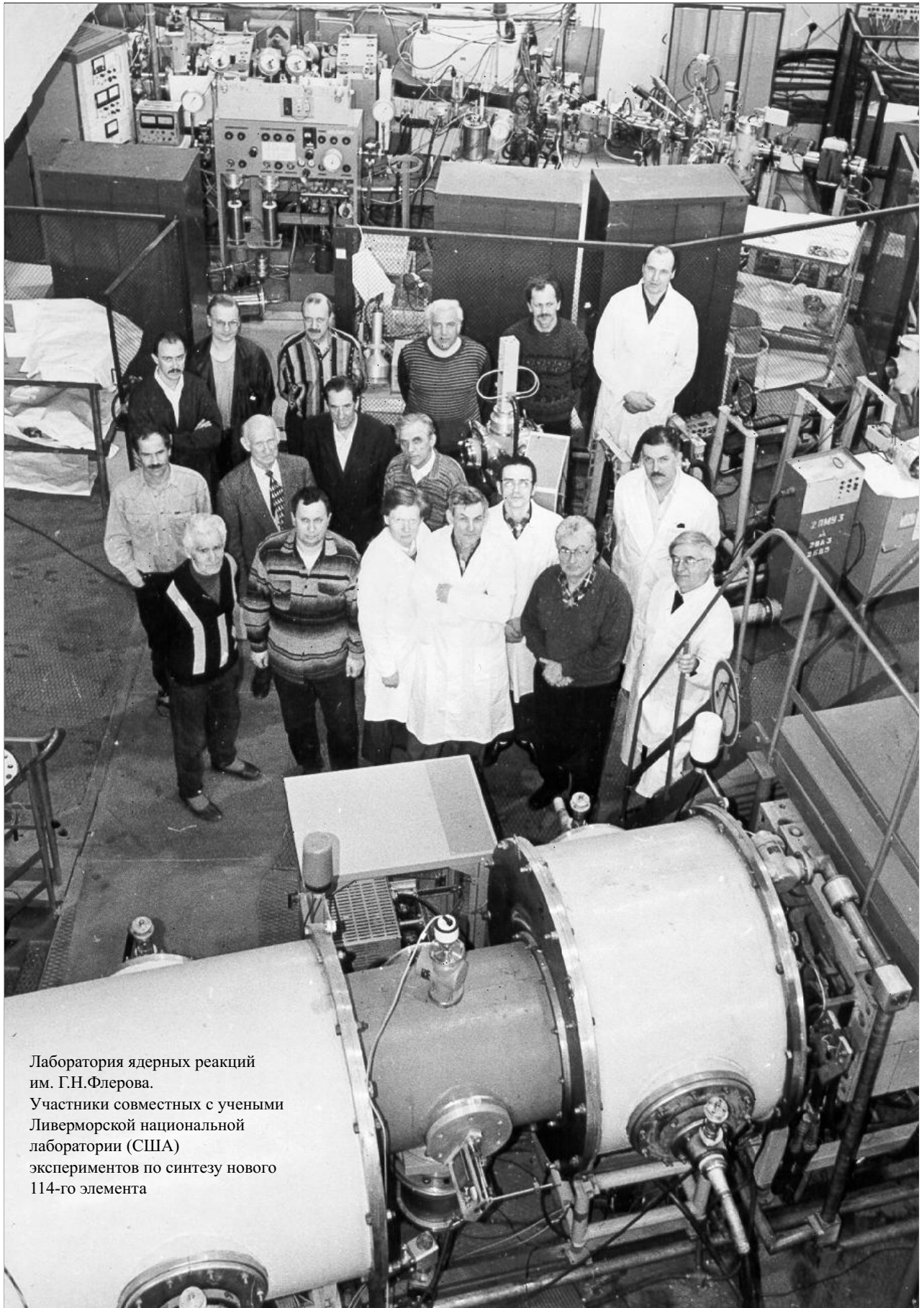




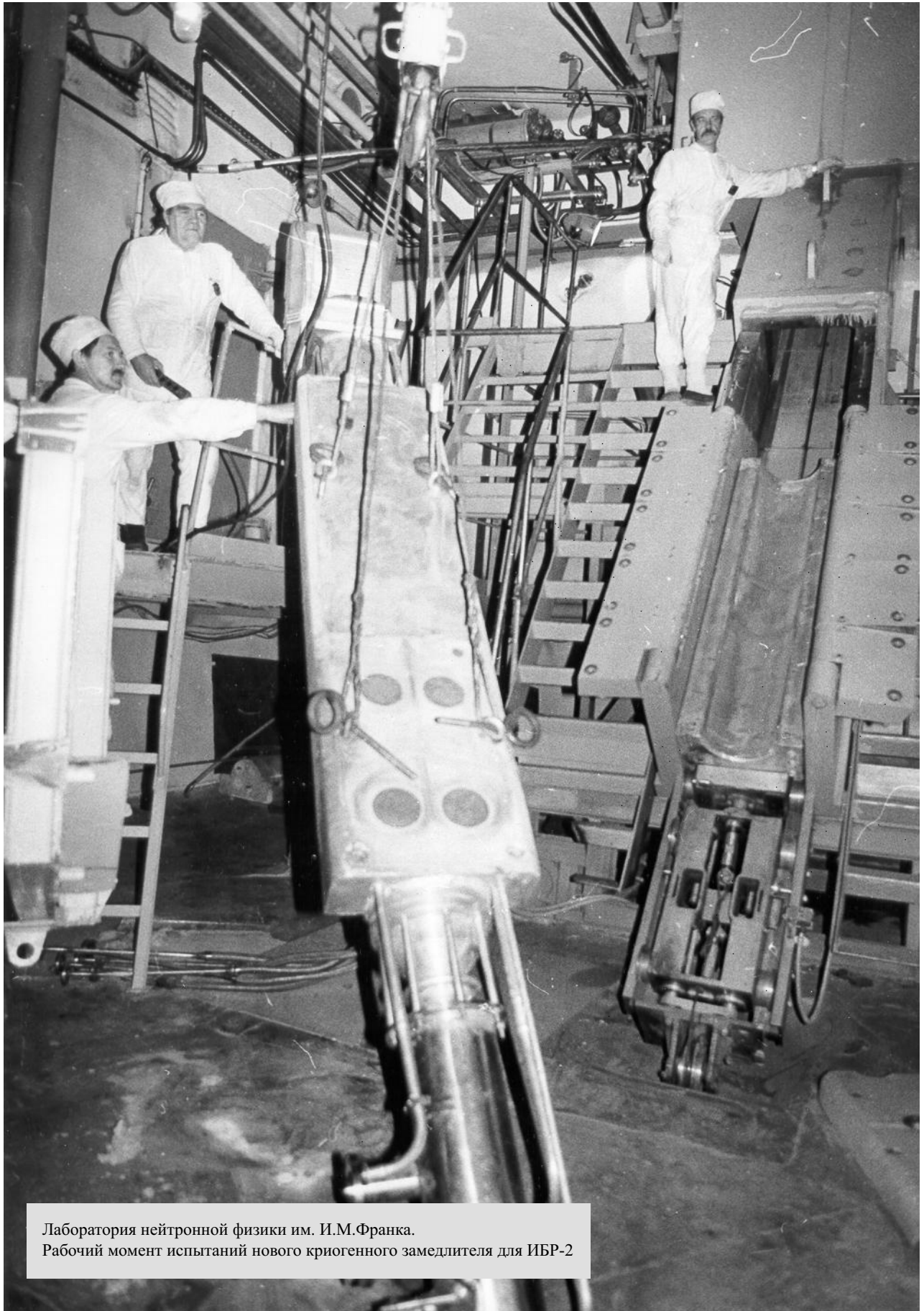
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова. Установка КОРСЕТ для исследования деления тяжелых и сверхтяжелых ядер вблизи и ниже кулоновского барьера



Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова. Участники эксперимента по исследованию деления сверхтяжелых составных ядер  $Z=112, 114, 118$  на пучках ионов  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{86}\text{Kr}$

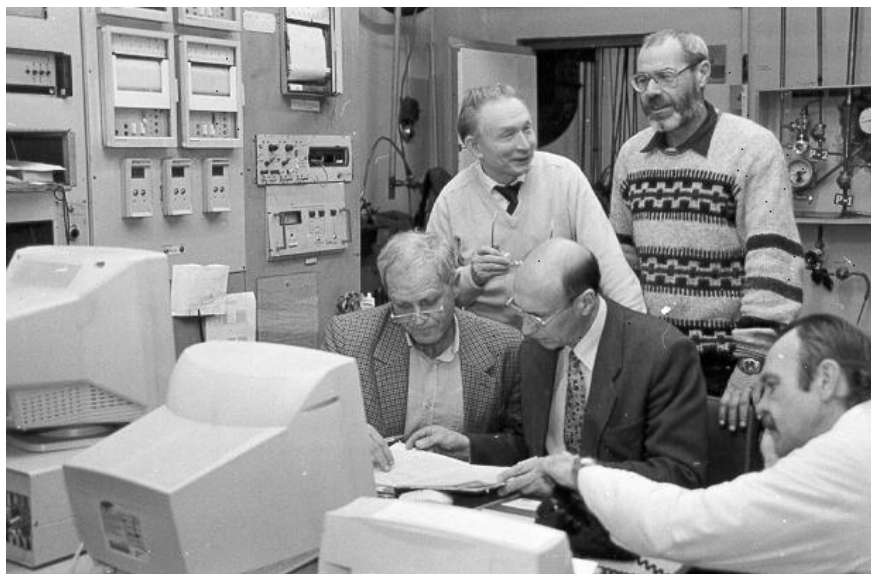


Лаборатория ядерных реакций  
им. Г.Н.Флерова.  
Участники совместных с учеными  
Ливерморской национальной  
лаборатории (США)  
экспериментов по синтезу нового  
114-го элемента



Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка.  
Рабочий момент испытаний нового криогенного замедлителя для ИБР-2

Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка. На пульте управления испытаниями криогенного замедлителя реактора ИБР-2



Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка. Подготовка пневмокостюмов для проведения работ по разделке старого подвижного отражателя реактора ИБР-2 при помощи безопасного взрыва



Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка. Монтаж нейтронного прерывателя дифрактометра ФСД для исследований механических напряжений в материалах







Лаборатория физики частиц. Визит генерального директора ЦЕРН профессора Л.Майани



Лаборатория физики частиц.  
Поздравления с 10-летним юбилеем лаборатории принимает директор ЛФЧ В.Д.Кекелидзе (в центре)



Лаборатория физики частиц.  
Члены Ученого совета ОИЯИ на ознакомительной экскурсии



Лаборатория физики частиц. Участники заседания Программно-консультативного комитета по физике частиц знакомятся с компьютерной фермой

Дубна, 22 сентября. Участники III Научного семинара памяти профессора В.П.Саранцева





Учебно-научный центр.  
Группа слушателей  
региональных курсов МАГАТЭ  
по радиационной безопасности



Опытное  
производство ОИЯИ.  
Визит делегации ЦЕРН



Дубна.  
Разгрузка первого транспорта  
с элементами ускорительного  
комплекса АмPS из NIKHEF  
(Амстердам, Нидерланды)

Лаборатория ядерных проблем.  
Работы по созданию крупных  
сцинтилляционных счетчиков для  
модернизации спектрометрического  
комплекса CDF на тэватроне  
FNAL (США)



Лаборатория теоретической физики  
им. Н.Н.Боголюбова.  
Гость ОИЯИ — руководитель  
московского бюро НЦНИ Франции  
профессор А.Семпере (второй слева)

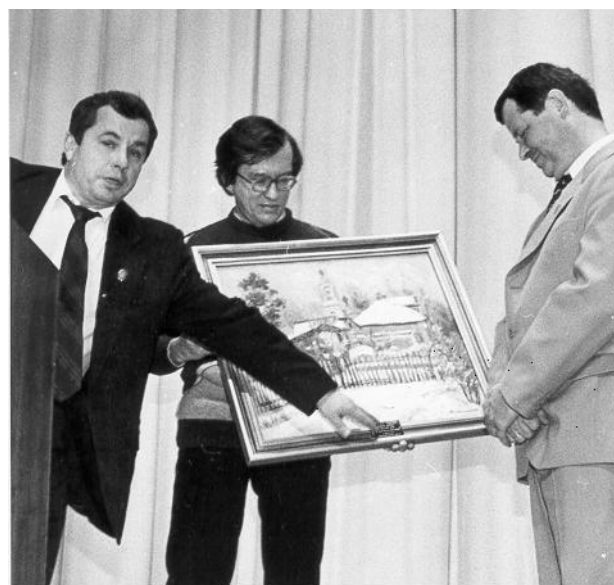


Лаборатория вычислительной техники и автоматизации.  
Визит профессоров польских университетов





Дубна, 17 декабря.  
Торжественное заседание  
научной общественности,  
посвященное 50-летию пуска  
первого ускорителя ОИЯИ —  
синхроциклотрона



# ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



## ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 1999 г. издательский отдел выпустил в свет 381 наименование сообщений и препринтов ОИЯИ. Издано 123 служебных материала.

Вышли из печати 35 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды совещания «Актуальные проблемы физики частиц» (в двух томах), III Международного совещания «Классические и квантовые интегрируемые системы», международного совещания «Самоподобные системы», XVII Международной конференции «НЕАСС-98», VII Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами «ISINN». Увидели свет годовые отчеты ОИЯИ за 1998 г. (на русском и английском языках), годовой отчет Лаборатории нейтронной физики за 1998 г., отчет Лаборатории теоретической физики за 1997–1998 гг., сборники «Лаборатория ядерных проблем в 1996–2000 гг.», «Предложения по программе исследований ЛВЭ ОИЯИ».

90-летию со дня рождения великого математика и физика посвящена брошюра «Н.Н.Боголюбов», издан буклет «В.И.Корогодин. К 70-летию со дня рождения». Вышли в свет монографии ученых ОИЯИ: А.Л.Любимов, Д.Киш «Введение в экспериментальную физику частиц», И.А.Шелаев «Введение в не-обратимую электродинамику».

В 1999 г. вышли в свет шесть выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 30 обзоров, и 6 номеров «Кратких сообщений ОИЯИ», в которые вошли 35 статей, содержащих оригинальные научные, научно-технические,

методические и прикладные результаты. Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы, совещания и школы, проводившиеся как в странах-участницах ОИЯИ, так и в других странах, издательским отделом было направлено 316 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в таких журналах, как «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Теоретическая и математическая физика», «Приборы и техника эксперимента», «Ядерная физика», «Физика элементарных частиц и атомного ядра», «Physical Review», «Journal of Physics», «Physics Letters», «Nuclear Physics», «Nuclear Instruments and Methods», «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 Бюро защиты интеллектуальной собственности и стандартизации. Увидел свет традиционный ежегодный «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1998 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано около 100 тысяч различных бланков.

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1999 г. число читателей НТБ составило 4680 человек. Количество выданной литературы — 297977 тыс. экземпляров. По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 1506 изданий. По соглашению с INTAS получено 282 ксерокопии научных статей из зарубежных журналов. По всем источникам комплектования поступило 8514 книг, периодических изданий, препринтов; 5807 из них — на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге и в каталогах филиалов.

На 1 января 2000 г. библиотечный фонд составил 421822 экземпляра, из них 186380 — на иностранных языках. Вышло в свет 156 номеров экспресс-бюллетеня «Книги», «Статьи», «Препринты» с информацией относительно 20857 названий. Экспресс-бюллетени получают около 200 сотрудников Института, они рассылаются по 50 адресам вне Института, а также зано-

сятся в электронную почту. Информационные бюллетени и списки конференций регулярно дополняются в WWW и в службу ИНФОМАГ (Москва). Регулярно проводились выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий; на них представлено 7800 названий. Организованы 2 тематические выставки.

Подготовлен к изданию «Библиографический указатель работ сотрудников Института за 1998 г». (1688 записей.)

За 1999 г. в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, поступило 5565 изданий из 30 стран. Из них на долю России приходится 475, Великобритании — 198, Германии — 820, Италии — 632, США — 719, Франции — 371, Швейцарии — 97, ЦЕРН — 1589, Японии — 310. Дополнительно в НТБ поступают научные журналы и книги (117 названий) из 31 страны.



## БЮРО ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

В 1999 г. Отдел защиты интеллектуальной собственности был преобразован в Бюро защиты интеллектуальной собственности и стандартизации. Работа бюро была направлена на получение сотрудниками Института информации в области патентной, технической литературы (стандартов).

Фонд библиотеки бюро стандартизации насчитывает свыше 8000 экземпляров ГОСТ, 632 экземпляра ТУ, около 800 экземпляров ОСТ, имеется 69 экземпляров справочников по радиоэлектронике и около 1000 экземпляров другой технической литературы. В 1999 г. фонд пополнился указателем технических условий, информационными указателями с № 4 по № 12 и по заявкам из подразделений ОИЯИ 50 экземплярами ГОСТ.

Для оформления базы данных по аттестации рабочих мест приобретены по договору с ВНИИКИ общетехнические и организационно-методические стандарты (группа «1») на дискетах с ежеквартальным обновлением баз данных в течение 2000 г. Проводилась подборка существующей НТД по заданной тематике (цветные металлы, вакуумная техника).

Осуществлялась методическая помощь при разработке и оформлении технической документации, разрабатываемой в ОИЯИ. Пересматривались разработанные ранее стандарты предприятия на соответ-

ствие с действующими ГОСТ (сборники СТП «Абразивные материалы», «Крепежные детали», «Цветные и черные металлы», СТП 4601-91).

В 1999 г. в бюро поступило 72 официальных патентных бюллетеня Российской Федерации с информацией о поданных заявках на патенты. Это издание обрабатывалось с учетом тематики ОИЯИ и явилось основой выпуска для лабораторий бюллетеня «Патенты» (12 номеров). Бюллетени РФ в фонде бюро составляют 1660 единиц хранения. Библиотечный фонд описаний изобретений составляет 360 тыс. единиц.

В 1999 г. число проектов на изобретения для получения патентов на имя авторов составило 9. Работа с проектами включала выявление объектов защиты, составления формулы изобретения и описания изобретений.

Проводилась также работа, связанная с оформлением опубликования изобретений, относящихся к фонду ранее не опубликованных. Оформлено и направлено для опубликования в бюллетене «Изобретения» 12 изобретений.

По ранее поданной в патентное ведомство заявке получен патент на изобретение на имя ОИЯИ № 2132727 «Система разложения токсических соединений» авторы В.Н.Самойлов и С.А.Корнев.

## ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1999 г. Опытное производство изготовило продукции по заказам лабораторий и других подразделений ОИЯИ на сумму 8,5 млн рублей. В основном это было механическое оборудование, в том числе:

- модули и субмодули адронного калориметра ATLAS;
  - защита NEMO-3;
  - полимеризаторы для изготовления сцинтилляторов;
  - детекторы для регистрации мюонов в эксперименте D0;
  - узлы ускорителя У-400М;
  - узлы для модернизации спектрометра поляризованных нейтронов;
  - прототип кикера АДТ;
  - система охлаждения резонатора циклотрона VINČI;
- оборудования для изготовления магнита установки ALICE.

Большая часть этих заказов изготавливалась в рамках научно-технического сотрудничества с научными центрами стран-участниц ОИЯИ, а также США, Франции, Югославии и ЦЕРН.

Значительный объем работ был выполнен для сторонних организаций, среди которых основное место по-прежнему занимал НПЦ «Аспект» с оборудованием для контроля радиоактивных материалов. Возросло количество заказов других предприятий Дубны: ИЧП «Бизнес-центр», «Магистр» и ЗАО «Тензор-Байт». Иногородние заказчики представляли различные отрасли 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 1999 год утвердил бюджет в сумме 37500,0 тыс. долл. США. Фактическое поступление средств за год составило 19255,0 тыс.

долл. США, или 51,3% по отношению к годовым ассигнованиям.

Фактические затраты научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 1999 г. составили 14556,3 тыс. долл. США.

Фактические расходы характеризуются следующими показателями:

Наименование раздела	План годовых ассигнований в тыс. долл. США	Фактические расходы за 1999 г. в тыс. долл. США	% к плану
I. Расходы на научные исследования	13567,3	7089,3	52,3
II. Расходы на базовые установки	6829,5	2891,5	42,3
III. Расходы на инфраструктуру лабораторий	5814,8	2070,8	35,6
IV. Расходы на инфраструктуру Института	5053,0	2504,7	49,6
V. По соглашению с ФМИТ ФРГ за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	1013,0		
VI. По соглашению с АН Венгрии за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	127,5		
VII. Гранты ПП — 8% долевого взноса стран-участниц	2897,4		
VIII. Резерв дирекции — 5% бюджета	1867,5		
IX. Экономия по разделу — IV на финансирование развития компьютерно-сетевой инфраструктуры ОИЯИ	330,0		
Итого - расходы:	37500,0	14556,3	38,8

## КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 2000 года составила 5921 человек (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают: академики РАН А.М.Балдин, Д.В.Ширков; члены-корреспонденты РАН В.П.Желепов, В.Г.Кадышевский, И.Н.Мешков, Ю.Ц.Оганесян; академики других академий наук В.Л.Аксенов, И.А.Голутвин, А.В.Еремин, В.И.Корогодин, А.М.Петросьянц, А.Г.Попеко, А.Н.Сисакян; члены-корреспонденты других академий наук А.С.Водопьянов, И.Звара, Р.М.Мир-Касимов, А.И.Титов, В.А.Халкин; 239 докторов наук, 655 кандидатов наук, в том числе 87 профессоров и 13 доцентов.

## НАГРАЖДЕНИЯ

В канун 70-летия Московской области за большой вклад в укрепление экономики, развитие социальной сферы и многолетний добросовестный труд Указом президента Российской Федерации от 3 августа 1999 г. государственными наградами награждены орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени Ю.Ц.Оганесян — научный руководитель Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова; орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени В.Г.Зинов — начальник сектора Лаборатории ядерных проблем.

За выдающиеся заслуги перед Институтом в области развития приоритетных направлений науки и техники, в подготовке научных кадров присвоено звание «Почетный доктор ОИЯИ»:

А.М.Балдину — академику РАН научному руководителю Лаборатории высоких энергий (ОИЯИ);  
А.А.Логунову — академику РАН директору ИФВЭ (Россия);  
А.Хрынкевичу — академику Института ядерных проблем (Польша);

В 1999 г. в ОИЯИ принято на работу 543 человека, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 659 человек.

В течение года присвоены ученые звания: старшего научного сотрудника — 4, младшего научного сотрудника — 1.

В 1999 г. защитили кандидатские диссертации 27 сотрудников, докторские — 13. Среди защитившихся: сотрудники ОИЯИ (22), граждане Азербайджанской Республики (1), Республики Болгарии (2), Грузии (3), Египта (1), Республики Казахстан (1), Мексики (1), Монголии (2), Российской Федерации (7).

Х.Шопперу — профессору ЦЕРН (Швейцария);

В связи с 50-летием синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем и за заслуги перед ОИЯИ, за крупный вклад в научно-технический прогресс и многолетнюю плодотворную деятельность награждены Почетным дипломом ОИЯИ:

Л.М.Сороко — старший научный сотрудник;  
Н.Л.Заплатин — ведущий научный сотрудник;  
В.Б.Флягин — главный научный сотрудник;  
С.М.Коренченко — главный научный сотрудник;  
А.Н.Синаев — и.о. ведущего научного сотрудника;  
Ю.А.Будагов — и.о. главного научного сотрудника.

В связи с 50-летием синхроциклотрона и за заслуги перед ОИЯИ бывшим сотрудникам-участникам запуска синхроциклотрона присвоено звание «Почетный сотрудник ОИЯИ»:

А.Т.Василенко, Ф.Е.Гугнину, В.А.Кочкину, Н.И.Семенову, В.Ф.Пермякову, Н.Т.Грехову.

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*

*Т.Б.Киселева*

*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

*Ю.А.Туманова*

**2000-50**

Редактор *Е.Ю.Шаталова*

Рукопись поступила 10.03.2000. Подписано в печать 28.04.2000

Формат 60×84/8. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 16,74

Тираж 270. Заказ 52002

141980 Дубна Московской области, ул. Жолио-Кюри, 6  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований