

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Объединенный институт ядерных исследований

Россия, 141980 г. Дубна, Московская область

Телефон: (+7-09621) 65-059

Факс: (+7-09621) 65-891, 65-599

E-mail: post@jinr.ru. Web <http://www.jinr.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	9
Премии и гранты	25
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	29
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова	55
Лаборатория высоких энергий	65
Лаборатория физики частиц	77
Лаборатория ядерных проблем им. В.П.Джелепова	87
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова	105
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка	115
Лаборатория информационных технологий	123
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	135
Учебно-научный центр	141
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	157
Научно-техническая библиотека	158
Бюро интеллектуальной собственности, лицензирования и стандартизации	159
Опытное производство	160
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	163
Кадры	164

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

Объединенный институт ядерных исследований, оставаясь одним из ведущих мировых научных центров, отметил 2000 год яркими научными результатами. Среди наиболее значимых — открытие нового элемента Периодической таблицы Д.И. Менделеева с порядковым номером 116, первые физические результаты в экспериментах на выведенном пучке нуклотрона, а также успехи в исследованиях по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред.

Эксперименты по синтезу элемента 116 были проведены в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова на пучках циклотрона У-400 — одного из лучших в мире ускорителей подобного типа. Новым этапом в совершенствовании циклотронов У-400–У-400М стали работы по созданию ускорительного комплекса для получения радиоактивных пучков (проект DRIBs). В 2000 году для реализации физической программы исследований реакций с радиоактивными пучками в ЛЯР разработаны и созданы специальные сепарирующие каналы. Используя выведенные из циклотрона У-400М пучки ионов ${}^7\text{Li}$ и ${}^{11}\text{B}$, удалось получить вторичные пучки ионов ${}^6\text{He}$ и ${}^8\text{He}$.

Новые важные результаты в исследовании структуры высокотемпературных сверхпроводников получены на фурье-дифрактометре высокого разрешения на импульсном нейтронном источнике — реакторе ИБР-2. За разработку и реализацию новых методов структурной нейтрографии по времени пролета с использованием импульсных и стационарных реакторов коллективу ученых из Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка Объединенного института и их российским коллегам из «Курчатовского института» и Петербургского института ядерной физики им. Б.П.Константинова присуждена Государственная премия Российской Федерации 2000 года в области науки и техники.

Первые эксперименты выполнены на выведенных из нуклотрона пучках протонов, дейтронов и

ядер углерода с энергией до 3 ГэВ на нуклон. На выведенном протонном пучке интересные экспериментальные результаты получены на установке СТРЕЛА, а на выведенном пучке дейтронов первые события зарегистрированы на установке SCAN-2.

В исследовании асимптотических законов в релятивистской ядерной физике были использованы принципы симметрии и подобия для получения аналитического выражения инклюзивного сечения рождения частиц, ядерных фрагментов и антиядер в релятивистских ядерных столкновениях в центральной области быстрой ($y=0$). Результаты согласуются с имеющимися экспериментальными данными. Установлено, что эффективное число нуклонов, участвующих в ядерных взаимодействиях, падает с ростом энергии, а сечение стремится к постоянной величине, одинаковой для частиц и античастиц. Полученные результаты позволяют делать предсказания об асимптотическом поведении зависимостей от энергии сечений рождения частиц, ядерных фрагментов и антиядер.

Теоретиками ОИЯИ выяснено происхождение построенных ранее бозонных и фермионных решений уравнений симметрий, отвечающих двумерным бозонной и $N=(2|2)$ суперсимметричной решеткам Тоды, получена алгебра соответствующих симметрий. Предложена двумерная $N=(0|2)$ суперсимметричная решеточная иерархия Тоды и обсуждена ее $N=(0|2)$ суперполевая формулировка. Построены бозонные и фермионные решения уравнения симметрии, соответствующего $N=(0|2)$ суперсимметричному решеточному уравнению Тоды, и их алгебры.

Построена аналитическая теория возмущений (АТВ), связывающая между собой ренорминвариантные эффективные функции связи $\alpha(s)$ и $\alpha_{an}(Q^2)$, а также нестепенные разложения теории возмущений для наблюдаемых во времениподобной и евклидовой областях, свободные от нефизических сингулярностей и отличающиеся улучшенной сходимостью в инфракрасной области. Основным средством постро-

ния является «двойное спектральное представление» (подобное представлению для функции Адлера), вытекающее из первых аксиом локальной квантовой теории поля.

С участием специалистов ОИЯИ успешно выполняется программа исследований на крупнейших ускорителях мира. Дубненские физики занимают лидирующие позиции в ряде экспериментов в CERN, DESY, FNAL, BNL, что является признанием со стороны руководства и международных коллабораций этих центров большого вклада и заслуг ученых Объединенного института. Наши специалисты работают с полной самоотдачей, выполняют свои обязательства по изготовлению компонентов современных новых детекторов в полном объеме и в срок. Строго в соответствии с графиком ведутся работы по изготовлению узлов детекторов ATLAS и CMS для LHC. Только для ATLAS за последние два года изготовлены 33 модуля адронного калориметра (всего в Дубне будет изготовлено 64 модуля). В 2000 году для установки CDF во FNAL завершено изготовление 607 мюонных счетчиков, покрывающих почти 270 м^2 (свыше 75%) поверхности этого детектора, а для D0 — 6500 мини-дрейфовых трубок с 50 тысячами каналов электроники. Все компоненты CDF и D0 готовы для длительного сеанса на тэватроне. Физики ОИЯИ приняли участие в первом сеансе с детектором STAR на RHIC (BNL), а полученные новые экспериментальные данные при столкновении ядер золота уже анализируются в ЛВЭ ОИЯИ на PC-farm.

На фазотроне ОИЯИ впервые определено время жизни отрицательного мюона в 1s-состоянии при захвате в ^{129}Xe . Из анализа аналогичных результатов для изотопов $^{132,136}\text{Xe}$ следует наличие значительной зависимости скорости ядерного захвата мюонов от массового числа указанных изотопов (изотопический эффект в захвате отрицательных мюонов в ксеноне).



В 2000 году 38 пациентов радиологической клиники, открытой в Дубне 1 декабря 1999 года, прошли курс лечения на пучках фазотрона ОИЯИ. Планируется, что в два раза больше больных пройдут подобный курс лечения в 2001 году.

Продолжается реализация проекта БАФИЗ, задача которого состоит в формировании и развитии единого научно-информационного пространства ядерно-физических исследовательских центров России на основе распределенной сети баз данных в области фундаментальных свойств материи и прикладной ядерной физики, предназначенных для использования в науке, образовании и прикладных социально значимых областях деятельности.

Среди значительных событий 2000 года — симпозиум «Физика и детекторы на LHC» в Дубне и традиционная ОИЯИ–ЦЕРН постерная выставка «Наука, сближающая народы», которая на этот раз была развернута в Европарламенте в Брюсселе.

Активная деятельность коллектива Объединенного института в международном сотрудничестве ярко продемонстрирована, в частности, в ходе состоявшегося в Дубне «круглого стола» с участием представителей российских научных центров, университетов и промышленных предприятий, а также на заседании Совета Международной ассоциации академий наук (МАН), где было отмечено, что ОИЯИ — один из самых авторитетных в мире центров физической науки, деятельность которого может служить примером интеграции научных исследований в международном масштабе.

Начиная с 2000 года день основания ОИЯИ (26 марта) в знак признания выдающихся научных достижений Института и уважения к его международному статусу стал для коллектива наших сотрудников нерабочим днем.

В.Г.Кадышевский,
директор Объединенного института
ядерных исследований

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ



РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

17–18 марта в Дубне состоялась очередная сессия Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ. Председатель — профессор Р.Мах (Чешская Республика).

Комитет Полномочных Представителей заслушал и обсудил доклад директора Института В.Г.Кадышевского о выполнении рекомендаций Ученого совета и решений КПП ОИЯИ по программе реформирования Института, о деятельности ОИЯИ в 1999 г. и планах на 2000–2002 гг. КПП отметил значительные успехи в осуществлении реформ в области развития базовых установок, инфраструктуры, кадровой политики ОИЯИ, а также централизованного управления финансовыми потоками Института — нового элемента программы реформирования.

КПП приветствовал сообщение 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» и принятии соответствующего Федерального закона Российской Федерации. КПП считает, что этот Федеральный закон — документ огромной важности. Он будет играть позитивную роль в дальнейшем развитии ОИЯИ как международного научно-исследовательского центра.

В 1999 г. в Объединенном институте получены новые научные результаты, обогатившие мировую науку. Дирекция обеспечила стабильную работу базовых установок Института в соответствии с планами и их дальнейшее развитие. КПП поздравил коллектив ОИЯИ с успешным испытанием системы медленного вывода пучка нуклотрона, пуском криогенного замедлителя на реакторе ИБР-2, отметил прогресс в создании и испытании ускорительной секции для проекта ИРЕН, результаты экспериментов по синтезу нового

изотопа элемента с $Z = 114$ и $A = 288$ в дополнение к двум изотопам с $A = 287$ и 289 , ранее наблюдавшимся учеными ЛЯР. Отмечен ряд других значительных достижений, полученных в области теоретических и экспериментальных исследований на установках ОИЯИ (нуклотрон, ИБР-2, циклотронный комплекс У-400 — У-400М) и в сотрудничающих научных центрах (ЦЕРН, FNAL, ИФВЭ и др.).

Утверждены рекомендации 86-й и 87-й сессий Ученого совета ОИЯИ и план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 2000 г., а также «Научная программа ОИЯИ на 2000–2002 годы».

Принимая во внимание рекомендации 87-й сессии Ученого совета, КПП поручил дирекции ОИЯИ обеспечить первоочередное выделение средств в 2000 г. на следующие работы:

- завершающий этап в создании системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; эксплуатация и развитие 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), SIS (Дармштадт), COSY (Юлих) и CELSIUS (Упсала);
- создание установки ИРЕН в рамках реального графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ первой очереди проекта в 2002 году;
- совершенствование реактора ИБР-2 с целью создания условий для долгосрочной его эксплуатации; развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2; дальнейшее использование на пучке холодных нейтронов спектрометров и проведение с их помощью

- экспериментальных исследований сложных структур в биологии, фармакологии, материаловедении и т.д.;
- физико-химические исследования свойств сверхтяжелых элементов вблизи «острова стабильности» $Z = 114-116$ с использованием газонаполненного сепаратора и модернизированной установки ВАСИЛИСА и изучение реакций слияния-деления для слабо возбужденных 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;
 - реализацию в 2000–2002 гг. проекта DRIBs «Радиоактивные пучки низких энергий»;
 - 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;
 - дальнейшее развитие образовательной программы ОИЯИ, включая целевую подготовку специалистов для стран-участниц.

Комитет Полномочных Представителей принял решение, в соответствии с рекомендацией Ученого совета и просьбой дирекции ОИЯИ, присвоить Лаборатории ядерных проблем имя члена-корреспондента РАН В.П.Джелепова за его выдающийся вклад в создание, становление и развитие этой лаборатории и всего Института; принимая во внимание просьбы дирекции ОИЯИ и лабораторий Института, назвать аллеи на площадке Лаборатории ядерных проблем в честь ученых, внесших большой вклад в развитие Института: М.Гмитро (Чехия) и Ю.М.Останевича (Россия).

По докладу помощника директора Института по экономическим и финансовым вопросам В.В.Катрасева КПП принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1999 год, утвердил бюджет

ОИЯИ на 2000 год с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США и долевые взносы государств — членов ОИЯИ на 2000 год по принципу пропорциональности шкале ООН. Установлена контрольная цифра по бюджету ОИЯИ на 2001 год ориентировочно в размере 37,5 млн долларов США. КПП поручил дирекции Института продолжить работу по совершенствованию методики определения долевых взносов в бюджет ОИЯИ.

КПП согласился с участием ОИЯИ в качестве учредителя в некоммерческой организации «Фонд поддержки научно-прикладных исследований» и финансированием взноса в размере 2,5 тыс. долларов США из внебюджетных источников.

Получив в письменном виде информацию председателя Финансового комитета Я.Коллина о работе комитета 17–18 февраля 2000 г., Комитет Полномочных Представителей утвердил протокол заседания Финансового комитета, а также отчет Объединенного института ядерных исследований об исполнении бюджета за 1999 г. Подтверждено действие санкций, предусмотренных п. 5 разд. IV Протокола КПП от 12–13 марта 1998 г. в отношении стран, задолженность которых превышает их двухлетний долевой взнос.

КПП заслушал и обсудил доклад вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна о проделанной дирекцией ОИЯИ в 1999 г. работе по реструктуризации задолженностей стран-участниц ОИЯИ. Дирекции Института поручено продолжить в 2000 г. согласование с правительствами государств — членов ОИЯИ условий и порядка работы по реструктуризации долгов.

По информации вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна о мерах по реализации Соглашения между Правительством РФ и ОИЯИ Комитет Полномочных Представителей утвердил предложенный дирекцией ОИЯИ перечень первоочередных мероприятий по реализации «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Объединенным институтом ядерных исследований о местопребывании и об условиях деятельности Объединенного института ядерных исследований в Российской Федерации» и по совершенствованию нормативно-правовой базы ОИЯИ.

Комитет Полномочных Представителей продлил полномочия профессора Р.Маха (Чешская Республика) в качестве председателя КПП до очередной сессии.

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

13–14 января в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского прошла 87-я сессия Ученого совета Института.

В.Г.Кадышевский выступил с докладом о выполнении решений 85-й и 86-й сессий Ученого совета по программе реформирования ОИЯИ и о научной программе Института на 2000–2002 гг.

На сессии были представлены научные отчеты лабораторий, ОРРИ и УНЦ Института. Главный инженер ОИЯИ И.Н.Мешков доложил о ходе работ по модернизации базовых установок. О результатах испытания системы медленного вывода пучка нукло-трона сообщил директор Лаборатории высоких энергий А.И.Малахов. О создании нового криогенного замедлителя для реактора ИБР-2 рассказал Е.П.Шабалин.

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов ОИЯИ выступили их председатели: ПКК по физике конденсированных сред — доктор Х.Лаутер, ПКК по ядерной физике — профессор Ш.Бриансон, ПКК по физике частиц — профессор С.Дубничка.

В программу работы сессии было включено заседание круглого стола «Сотрудничество ОИЯИ с научными центрами, университетами и промышленными предприятиями России». Среди участников круглого стола были известные ученые, руководители российских научных центров и предприятий. Во время круглого стола открылась фотовыставка, посвященная сотрудничеству ОИЯИ с научными центрами России и состоялся телемост ОИЯИ — МГУ.

Ученый совет утвердил решение жюри по премиям ОИЯИ за 1999 г. Премия имени академика Б.М.Понтекорво вручена профессору Р.Дэвису (США) за выдающиеся достижения в разработке хлор-аргонового метода регистрации солнечных нейтрино. Р.Дэвис выступил с научным докладом. С научными докладами выступили также лауреаты премий ОИЯИ А.С.Сорин («Интегрируемые системы с расширенной суперсимметрией»), М.Г.Иткис («Деление тяжелых и сверхтяжелых ядер вблизи и ниже кулоновского барьера»), А.Г.Артюх («Фрагмент-сепаратор КОМБАС»).

Ученый совет принял к сведению доклад о выполнении рекомендаций Ученого совета по программе реформирования ОИЯИ, представленный директором ОИЯИ В.Г. Кадышевским. Ученый совет высоко оценил действия дирекции ОИЯИ, предпринятые в 1999 г., чтобы обеспечить дважды повышение заработной платы сотрудников Института.

Ученый совет с удовлетворением воспринял сообщение о ратификации «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Объединенным институтом ядерных исследований о местопребыва-

нии и об условиях деятельности Объединенного института ядерных исследований в Российской Федерации» и о принятии соответствующего Федерального закона РФ, подписанного исполняющим обязанности Президента России В.В. Путиным 2 января 2000 г. и вступившего в силу 6 января 2000 г.

Ученый совет вновь призвал все страны-участницы предпринять усилия по своевременному выполнению своих финансовых обязательств перед ОИЯИ, что способствовало бы успешной научной деятельности Института, а также осуществлению исключительно важных реформ.

Ученый совет поблагодарил представителей российских научных центров, университетов и предприятий за участие в заседании круглого стола и отметил активную деятельность дирекции ОИЯИ по развитию международного сотрудничества, в частности, высоко оценив широкое и плодотворное сотрудничество Института с российскими научными центрами, университетами и предприятиями, ярко продемонстрированное в ходе состоявшегося заседания круглого стола и в материалах специально подготовленной фотовыставки.

Ученый совет принял к сведению доклад «О ходе работ по модернизации базовых установок ОИЯИ», представленный главным инженером Института И.Н.Мешковым и отметил, что, несмотря на существующие финансовые трудности, дирекция ОИЯИ сумела обеспечить стабильную работу базовых установок Института в соответствии с планами 1999 г. и их дальнейшее совершенствование.

Ученый совет поздравил ОИЯИ с успешным испытанием в декабре 1999 г. системы медленного вывода пучка нукло-трона и пуском криогенного замедлителя на реакторе ИБР-2. Ученый совет ожидает успешного запуска системы вывода пучка и источника холодных нейтронов для проведения экспериментов и рекомендует дирекции ОИЯИ оказать необходимую поддержку этим приоритетным работам.

Ученый совет принял к сведению информацию о результатах Международного совещания «Синхротронный источник ОИЯИ: перспективы исследований», проведенного 1–3 ноября 1999 г. в соответствии с совместной рекомендацией трех ПКК ОИЯИ. Ученый совет просит дирекцию Института подготовить детальное предложение по проекту ДЭЛСИ, включая технический проект ускорителя и экспериментального оборудования, оценку затрат на реализацию проекта и эксплуатацию установки в будущем, потребности сообщества пользователей, а также указание всех источников финансирования проекта в контексте выполнения всей программы научных исследований Института. Предложение по проекту ДЭЛСИ решено обсудить на одной из сессий Ученого совета после

получения заключения специально назначенной комиссии. По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил комиссию для проведения экспертизы проекта ДЭЛСИ в составе: А.Будзановский, А.Н.Скринский, Х.Шоппер.

Ученый совет одобрил основные направления «Научной программы ОИЯИ на 2000–2002 годы» и рекомендует, как и прежде, наивысший приоритет отдать надежной эксплуатации имеющихся базовых установок Института. Учитывая предложения дирекции и рекомендации ПКК, Ученый совет поддержал следующие приоритетные направления деятельности ОИЯИ в 2000 г.:

- завершение создания системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; эксплуатация и развитие 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), SIS (Дармштадт), COSY (Юлих) и CELSIUS (Упсала);
- создание установки ИРЕН в рамках реального графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ по реализации проекта в 2002 г.;
- 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; дальнейшее использование на пучке холодных нейтронов спектрометров и проведение с их помощью экспериментальных исследований сложных структур в биологии, фармакологии, материаловедении и т.д.;
- физико-химические исследования свойств сверхтяжелых элементов вблизи «острова стабильности» $Z = 114–116$ 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;
- реализация в 2000–2002 гг. проекта DRIBs «Радиоактивные пучки низких энергий»;
- дальнейшее участие Объединенного института ядерных исследований 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 непосред-

ственно связанные с экспериментальными работами в этих областях;

- дальнейшее развитие телекоммуникационных каналов и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ;
- продолжение образовательной программы ОИЯИ, включая 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 1999 г. и представленные их председателями.

По физике частиц. Ученый совет высоко оценил усилия, предпринятые дирекцией ОИЯИ по обеспечению необходимого финансирования работ по созданию системы медленного вывода пучка нуклотрона, и поздравил сотрудников Лаборатории высоких энергий с первым успешным испытанием этой системы. Ученый совет одобрил представленный долгосрочный план физических исследований на нуклотроне и рекомендовал дирекции обеспечить необходимую поддержку их проведения.

Ученый совет принял к сведению новые рекомендации ПКК по физике частиц по оптимизации научной программы ОИЯИ в области физики частиц и релятивистской ядерной физики; согласился со списком работ, предложенных для выполнения с первым приоритетом в 2000 г., и с закрытием ряда проектов, как это сформулировано в материалах 12-й сессии ПКК.

По ядерной физике. Ученый совет одобрил программу по ядерной физике на 2000–2002 гг., представленную на сессии ПКК лабораториями ОИЯИ.

Ученый совет поздравил Лабораторию ядерных реакций им. Г.Н. Флерова с результатами экспериментов по синтезу нового изотопа элемента с $Z = 114$ и $A = 288$ в дополнение к двум изотопам с $A = 287$ и 289 , ранее наблюдавшимся учеными ЛЯР, и настоятельно рекомендовал продолжить эту программу с высоким приоритетом.

Ученый совет согласился с ПКК по ядерной физике в том, что наивысший приоритет следует отдать завершению создания установки ИРЕН и реализации проекта DRIBs. Ученый совет с удовлетворением отметил усилия дирекции ОИЯИ по обеспечению финансирования проекта ИРЕН в 1999 г. и прогресс, достигнутый в создании и испытании ускорительной секции, что является принципиально важным для выполнения проекта в 2002 г. Ученый совет рекомендовал осуществлять дальнейшее финансирование работ по проекту в соответствии с планом, представленным председателем ПКК. Ученый совет подчеркнул научную значимость проекта DRIBs и, учитывая быстрое начало его реализации, настоятельно поддержал эту программу и ожидает финансирования в соответствии с предложенным ускоренным графиком выполнения работ.

Следующие эксперименты, получившие высокую экспертную оценку ПКК, рекомендуется продолжить с максимально возможным финансированием и временем работы на пучках ускорителей: мю-катализ, DUBTO, LESI.

По физике конденсированных сред. Ученый совет вновь рекомендовал выделить необходимое финансирование для реактора ИБР-2 с целью обеспечения его непрерывной эксплуатации, включая работы по модернизации. Учитывая поддержку Минатома, необходимо пересмотреть план-график и финансирование программы модернизации. Следует также пересмотреть решение по уменьшению мощности реактора с 2 до 1,5 МВт и сокращению циклов с 10 до 8.

Ученый совет с удовлетворением отметил успешное испытание нового криогенного замедлителя на реакторе ИБР-2 и согласился с необходимостью обновления системы охлаждения криогенного замедлителя. Новые направления исследований — с помощью холодных нейтронов — станут возможными в ОИЯИ только при наличии соответствующей инструментальной базы, которая должна быть срочно создана и обеспечена поддержкой с высоким приоритетом.

Ученый совет разделил общее мнение трех ПКК о том, что, в силу своей специфики, работы по ускорительной тематике, связанные с исследованиями того или иного действующего ускорителя либо с модернизацией его отдельных систем, должны находиться в сфере ответственности дирекции ОИЯИ. При необходимости в каждом отдельном случае следует прибегать к экспертизе независимых специалистов по ускорителям.

Ученый совет поздравил профессоров К.Детраза, В.П.Дмитриевского, С.Жюллиана, В.П.Зрелова, Г.Мюнценберга, Х.Ойшлера, А.Н.Тавхелидзе и Д.В.Ширкова с присвоением им звания «Почетный доктор ОИЯИ» за выдающиеся заслуги перед Институтом в области развития приоритетных направлений науки и техники, а также в подготовке научных кадров.

Ученый совет поздравил научно-технический персонал ОИЯИ, особенно сотрудников Лаборатории ядерных проблем, с 50-летием пуска первой базовой установки ОИЯИ — синхротронного, который в 1949 году положил начало исследованиям по физике высоких энергий. Ученый совет приветствовал решение дирекции ОИЯИ о присвоении Лаборатории ядерных проблем имени члена-корреспондента РАН В.П. Джеллепова за его выдающийся вклад в деятельность этой Лаборатории и всего Института.

8–9 июня в Дубне под председательством директора ОИЯИ академика РАН В.Г.Кадышевского проходила 88-я сессия Ученого совета Института.

В.Г.Кадышевский выступил с информацией о решениях сессии Комитета Полномочных Представите-

лей государств — членов ОИЯИ от 17–18 марта 2000 г. и о предложениях дирекции Института по программе реформирования Института в научной сфере.

Редколлегия журнала ЭЧАЯ представила на сессии доклад, посвященный 30-летию этого издания ОИЯИ. Главный инженер ОИЯИ член-корреспондент РАН И.Н.Мешков доложил о состоянии дел в развитии базовых установок Института. Программу исследований на пучках нуклотрона представил директор Лаборатории высоких энергий профессор А.И.Малахов. На сессии состоялось вручение дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 1999 г.

Специальное заседание Ученого совета, посвященное 40-летию научных исследований на пульсирующих реакторах, проходило 8 июня в филиале НИИЯФ МГУ в Дубне. Его программа включала открытие памятника Дмитрию Ивановичу Блохинцеву, научный доклад директора Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка профессора В.Л.Аксенова об итогах 40-летних исследований на реакторах ЛНФ, а также выступления представителей научных центров стран-участниц ОИЯИ.

На заседании 9 июня с докладом о рекомендациях программно-консультативных комитетов ОИЯИ выступили их председатели: ПКК по физике частиц — профессор С.Дубничка, по ядерной физике — профессор Ш.Бриансон, по физике конденсированных сред — доктор Х.Лаутер. С научными докладами на сессии выступили М.Г.Сапожников — «Поляризованная странность нуклона» — и В.Г.Егоров — «Поиск нарушений стандартной модели в полупертоновых процессах при низких энергиях».

Ученый совет принял к сведению представленную директором ОИЯИ информацию о решениях состоявшейся в марте 2000 г. сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ, в частности:

- об одобрении деятельности дирекции ОИЯИ по осуществлению программы реформирования Института;
- об утверждении Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 2000 г. и «Научной программы ОИЯИ на 2000–2002 годы», основанных на рекомендациях Ученого совета и программно-консультативных комитетов (ПКК);
- о присвоении Лаборатории ядерных проблем имени члена-корреспондента РАН В.П. Джеллепова.

Ученый совет выразил сожаление относительно корректировки к перечню приоритетных направлений работ, внесенной КПП на основании предложения дирекции ОИЯИ по проекту ИРЕН: «создание установки ИРЕН в рамках реального графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ первой очереди в 2002 году», что означает создание установки ИРЕН в целом, но без одного клистрона.

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ОИЯИ

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

Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕННЫЙ СОВЕТ

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

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

Программно-консультативный комитет по физике частиц

Председатель — С.Дубничка (Словакия)
Ученый секретарь — Ю.А.Горнушкин

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

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

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

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

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дирекция

Директор В.Г.Кадышевский

Вице-директор А.Н.Сисакин

Вице-директор Ц.Вылов

Главный ученый секретарь В.М.Жаблицкий

Главный инженер И.Н.Мешков



Ученый совет высоко оценил шаги, предпринятые дирекцией ОИЯИ по реализации программы совершенствования базовых установок, реформирования инфраструктуры и кадровой политики Института. На сессии были представлены первые предложения дирекции ОИЯИ по программе реформирования Института в научной сфере, в частности по организации исследований в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка и на ИБР-2, а также по преобразованию Лаборатории вычислительной техники и автоматизации (ЛВТА) в Лабораторию информационных технологий (ЛИТ). Главными задачами ЛИТ станут работы по обеспечению функционирования и развития компьютерно-сетевой инфраструктуры.

Ученый совет принял к сведению данные предложения. По итогам состоявшегося обсуждения Ученый совет согласился с предполагаемым преобразованием ЛВТА в ЛИТ, однако не пришел к единому мнению о целесообразности разделения ЛНФ на два подразделения — на две лаборатории либо на лабораторию и отделение. Отмечено, что понятие «отделение» в отличие от понятия «лаборатория» требует дальнейшей конкретизации. Ученый совет надеется заслушать разъяснения по этому вопросу, а также сообщение по новым структурным подразделениям и их направлениям исследований на сессии в январе 2001 г.

Относительно ЛИТ Ученый совет хотел бы заслушать подробный доклад о дальнейшей деятельности и структуре этой новой лаборатории, создаваемой на базе ЛВТА.

Ученый совет принял к сведению доклад «Развитие базовых установок ОИЯИ: состояние дел», представленный главным инженером ОИЯИ И.Н.Мешковым. Ученый совет высоко оценил стабильную работу базовых установок в 2000 г. в соответствии с графиком и перспективы их дальнейшего развития. Ученый совет отметил успешный сеанс работы нуклотрона 17 марта 2000 г., в ходе которого был получен пучок дейтронов, и ожидает дальнейшего доведения нуклотрона до этапа работы в рутинном режиме для проведения широкого спектра исследований. Ученый совет выразил удовлетворение успешной работой по модернизации ИБР-2, реализации проектов DRIBs и ИРЕН и пожелал дирекции ОИЯИ строго соблюдать графики запланированных работ по проектам. Ученый совет удовлетворен решением дирекции ОИЯИ финансировать эксплуатацию и развитие базовых установок за счет грантов дирекции. Ученый совет просил дирекцию представить на рассмотрение 89-й сессии детальное предложение по проекту ДЭЛСИ после его рассмотрения специально назначенной «комиссией трех».

Ученый совет принял к сведению доклад директора ЛВЭ А.И.Малахова по программе исследований, запланированных на выведенном пучке нуклотрона.

Ученый совет поздравил дирекции ОИЯИ и ЛВЭ, а также сотрудников Лаборатории высоких энергий с успехом, достигнутым в развитии ускорительного комплекса ЛВЭ, — завершением системы медленного вывода пучка на нуклотроне, а также успешным выводом пучка дейтронов на экспериментальные установки. Ученый совет рекомендовал продолжить проведение первых экспериментов на выведенном пучке нуклотрона, включая проекты «Стрела» и СКАН-2, а также одобрил программу исследований на установках «Сфера», ДИСК, МАРУСЯ, ГИБС, «Фаза», «Дельта», «Дельта-Сигма», СМС МГУ и МРС.

Ученый совет принял к сведению и поддерживает рекомендации, сделанные на сессиях программно-консультативных комитетов в апреле 2000 г. и представленные их председателями.

По физике частиц. Ученый совет высоко оценил важный успех Лаборатории высоких энергий по осуществлению медленного вывода пучка из нуклотрона в экспериментальный зал, где находятся физические установки. ПКК одобрил программу исследований на выведенном пучке нуклотрона.

Ученый совет согласился с оценкой, данной ПКК по физике частиц, эксперимента DIRAC, представляющего большое научное значение, а также с решающей ролью ОИЯИ в его выполнении. Ученый совет с удовлетворением отметил, что при активном участии физиков ЛФЧ в эксперименте NA48 в ЦЕРН был получен новый результат, имеющий фундаментальное значение для развития физики частиц: с высокой точностью был измерен параметр прямого CP-нарушения в распадах нейтральных каонов $Re(\epsilon'/\epsilon) = (14,0 \pm 4,3) \cdot 10^{-4}$.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК по физике частиц о продлении тем первого приоритета на срок не более трех лет, считая такую практику целесообразной с точки зрения совершенствования планирования научных исследований в ОИЯИ.

По ядерной физике. Ученый совет высоко оценил успех в ходе реализации проекта DRIBs, особенно успешное завершение необходимых работ по моделированию и конструкторских разработок для первой фазы проекта. Учитывая быстрый прогресс в создании установок ISOL в научных центрах мира, Ученый совет считает, что первая фаза проекта DRIBs должна быть завершена как можно быстрее и поэтому должна финансироваться с высшим приоритетом в соответствии с планом-графиком, утвержденным Ученым советом.

Ученый совет с удовлетворением отметил некоторый прогресс в реализации проекта ИРЕН, достигнутый благодаря усилиям дирекции по его финансированию. Были получены также удовлетворительные результаты испытаний ускорительной системы для линейного ускорителя ЛУЭ-200. Ученый совет вновь подчеркнул необходимость финансирования проекта

ИРЕН в достаточном объеме с целью его своевременного выполнения в соответствии с планом-графиком, одобренным Ученым советом на 87-й сессии и дирекцией ОИЯИ.

Ученый совет положительно оценил усилия дирекции ЛЯП по объединению ряда научных работ в рамках одной темы с целью оптимизации поддержки работ по совершенствованию фазотрона и инструментальной базы исследовательской программы лаборатории, а также поддержал дальнейшие шаги в этом направлении.

По физике конденсированных сред. Ученый совет поддержал дирекции ОИЯИ и ЛНФ в их деятельности по реализации программы модернизации реактора ИБР-2 и выразил удовлетворение подписанным соглашением между ОИЯИ и Министерством РФ по атомной энергии о финансировании работ по модернизации реактора. Ученый совет поддержал первую часть программы по созданию инструментальной базы вокруг нового холодного источника на реакторе ИБР-2, рекомендованную ПКК по физике конденсированных сред. Для выполнения этой программы срочно необходимы ожижитель геля, разработка мультidetекторов и нейтронных трубок. Ученый совет поддержал совместные усилия дирекций ЛНФ и ОИЯИ, направленные на выполнение этих задач.

По предложению дирекции ОИЯИ 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 следующих новых членов ПКК: ПКК по ядерной физике — Х.Бернера (ИЛЛ, Гренобль, Франция), Н.Роули (ИСИ, Страсбург, Франция); ПКК по физике частиц — Х.Гутброта (Subatech, Нант, Франция); ПКК по физике конденсированных сред — Д.Надя (ЦИФИ, Будапешт, Венгрия).

Заслушав доклад главного редактора журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра» А.М.Балдина, представленный профессором П.С.Исаевым, Ученый совет отметил следующее:

В течение 30 лет редакционная коллегия журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра» (ЭЧАЯ) осуществляет публикацию материалов на

русском и английском языках на высоком профессиональном уровне, сохраняя научную значимость и интерес для читателей, тщательно подбирая авторов самой высокой квалификации как из стран-участниц ОИЯИ, так и ведущих научных центров других стран. Преобразование журнала «Краткие сообщения ОИЯИ» в издание «Письма о физике элементарных частиц и атомного ядра» («Письма в ЭЧАЯ») будет способствовать координации деятельности обеих редколлегий по формированию научной политики ОИЯИ. Ученый совет рекомендовал включить журналы ЭЧАЯ и «Письма в ЭЧАЯ» в справочник «Индекс цитирования научных публикаций», издаваемый Институтом научной информации в США. Ученый совет выразил благодарность всем членам редколлегии за их плодотворную деятельность по выпуску журнала ЭЧАЯ.

Ученый совет избрал тайным голосованием:

И.В.Пузынина — директором Лаборатории информационных технологий (ЛИТ), *В.В.Иванова*, *В.В.Коренькова* и *А.Полянского* — заместителями директора ЛИТ на период не позднее января 2003 г.

В соответствии с действующим положением Ученый совет объявил о следующих вакансиях: заместителя директора Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова, заместителя директора Лаборатории физики частиц.

Ученый совет с интересом заслушал доклады, представленные на семинаре в честь 40-летия исследований ОИЯИ на пульсирующих реакторах. Ученый совет с удовлетворением отметил, что с момента запуска первого исследовательского реактора в 1960 г. под руководством профессора Д.И.Блохинцева ОИЯИ осуществил впечатляющую программу научных исследований с помощью нейтронов и завоевал ведущее положение в этой области. Ученый совет поздравил сотрудников Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка с этим юбилеем и пожелал им дальнейших успехов. Располагая сегодня мощным источником нейтронов ИБР-2 с уникальными параметрами, ОИЯИ имеет все предпосылки для сохранения и развития в будущем научных традиций в области нейтронной ядерной физики и физики конденсированных сред.

ЗАСЕДАНИЯ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 17–18 февраля под председательством Я.Колина (Чешская Республика).

Финансовый комитет заслушал доклад директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского «О выполнении рекомендаций Ученого совета и решений КПП по программе ре-

формирования Института; о деятельности ОИЯИ в 1999 году и планах на 2000–2002 годы». Финансовый комитет одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по выполнению программы реформирования Института, в том числе в области эксплуатации базовых установок, инфраструктуры, кадровой политики ОИЯИ,

централизованного управления финансовыми потоками Института. Высоко оценены действия дирекции, предпринятые в 1999 г., по обеспечению повышения заработной платы сотрудников Института. Финансовый комитет считает, что принятие Федерального закона РФ о Соглашении между ОИЯИ и правительством Российской Федерации будет играть позитивную роль в дальнейшем развитии ОИЯИ как международного научно-исследовательского центра. Одобрена работа ОИЯИ по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1999 г.

Финансовый комитет одобрил работу Контрольной комиссии от 25 июня 1999 г. (информация А.С.Курилина) и рекомендовал КПП утвердить отчет ОИЯИ об исполнении бюджета за 1998 г. Финансовый комитет принял к сведению отчет дирекции о выполнении решений Финансового комитета от 25–26 февраля 1999 г. и рекомендаций Контрольной комиссии.

Комитет заслушал доклад помощника директора ОИЯИ по экономическим и финансовым вопросам В.В.Катрасева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 1999 г., о проекте бюджета на 2000 г., о контрольных цифрах на 2001 г.» и рекомендовал КПП:

- принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ на 1999 г.;
- утвердить бюджет ОИЯИ на 2000 г. с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США;
- утвердить на 2000 г. для применения в расчетах основной части долевого взноса принцип пропорциональности шкале ООН и утвердить долевыми взносы на 2000 г.;
- установить контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 2001 г. в размере 37,5 млн долларов США, которая может быть скорректирована с учетом инфляции и изменения курса доллар/рубли, а также с учетом применения новой методики расчета долевого взноса;
- подтвердить действие санкций, предусмотренных пунктом 5 раздела IV протокола КПП от 12–13 марта 1998 г. в отношении стран, задолженность которых превышает их двухлетний годовой взнос;
- согласиться с участием ОИЯИ в качестве учредителя в некоммерческой организации «Фонд поддержки научно-прикладных исследований» и финансированием взноса в размере 2,5 тыс. долларов США из внебюджетных источников при условии предоставления КПП учредительных документов фонда.

По информации вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей положительно оценить работу по реструктуризации задолженностей стран-участниц ОИЯИ в 1999 г. и поручить дирекции

завершить в 2000 г. согласование с правительствами государств — членов ОИЯИ условий и порядка работы по реструктуризации долгов, а также утвердить предложенный дирекцией ОИЯИ перечень первоочередных мероприятий по реализации «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Объединенным институтом ядерных исследований о местопребывании и об условиях деятельности Объединенного института ядерных исследований в Российской Федерации» и по совершенствованию нормативно-правовой базы ОИЯИ.

Внеочередное заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 19 октября под председательством профессора Н.М.Шумейко (Республика Беларусь).

Финансовый комитет заслушал доклад директора ОИЯИ академика В.Г.Кадышевского «О ходе выполнения Проблемно-тематического плана ОИЯИ на 2000 год» и одобрил работу Института по выполнению Проблемно-тематического плана за девять месяцев 2000 г.

По докладу В.Г.Дроженко (Российская Федерация) «О работе по совершенствованию методики определения долевого взноса в бюджет ОИЯИ и выборе новой методики расчета долевого взноса» Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей утвердить для расчета долевого взноса в бюджет ОИЯИ на 2001 г. методику, предложенную совещанием Рабочей группы КПП, состоявшимся 7 июня 2000 г., и утвердить для применения в расчетах части долевого взноса по принципу пропорциональности шкале ООН среднюю шкалу за 1998–2000 гг.

По докладу профессора С.Дубнички (Словацкая Республика) «Об итогах работы Контрольной комиссии от 9 июня 2000 года» Финансовый комитет одобрил работу Контрольной комиссии и рекомендовал Комитету Полномочных Представителей утвердить отчет ОИЯИ за 1999 г. об исполнении бюджета по расходам — 14556,3 тыс. долларов США с суммой заключительного баланса на 1 января 2000 г. — 79052,0 тыс. долларов США.

Финансовый комитет принял к сведению информацию помощника директора ОИЯИ по финансовым и экономическим вопросам В.В.Катрасева об исполнении бюджета ОИЯИ за девять месяцев 2000 г. и о проекте расходов по статьям бюджета в 2001 г.

Дирекции Института поручено до 1 января 2001 г. направить в страны-участницы проект бюджета на 2001 г., разработанный с учетом решений настоящего заседания Финансового комитета.

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

13-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 7–8 апреля под председательством профессора С.Дубнички.

Члены программно-консультативного комитета по физике частиц заслушали отчет председателя комитета о выполнении рекомендаций 12-й сессии ПКК и информацию, представленную вице-директором ОИЯИ А.Н.Сисакином, о рекомендациях 87-й сессии Ученого совета (январь 2000 г.) и решениях Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ (март 2000 г.). ПКК с большим удовлетворением встретил сообщение о том, что многолетняя работа дирекции ОИЯИ по подготовке «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Объединенным институтом ядерных исследований о местопребывании и об условиях деятельности Объединенного института ядерных исследований в Российской Федерации» завершилась ратификацией этого Соглашения, и оно вступило в силу 6 января 2000 г. При этом было отмечено, что Соглашение между ОИЯИ и Правительством Российской Федерации имеет большое значение для дальнейшего развития ОИЯИ и укрепления его статуса международного научного центра физических исследований.

Как большое достижение Лаборатории высоких энергий ПКК отметил осуществление медленного вывода пучка из кольца нуклотрона в экспериментальный корпус. ПКК поздравил дирекции ОИЯИ и ЛВЭ, а также сотрудников лаборатории с успешным завершением этого важного этапа и с получением первых физических результатов на выведенном пучке нуклотрона.

С глубоким удовлетворением ПКК отметил плодотворное сотрудничество ОИЯИ с научными центрами Германии в области физики частиц, осуществляемого в соответствии с Соглашением между ОИЯИ и ВМВФ. ПКК поздравил дирекции ОИЯИ и ЛЯП, а также весь коллектив Института с 50-летием запуска первого дубненского синхроциклотрона, отметив, что пуск этого ускорителя положил начало интенсивной программе исследований по физике высоких энергий в России и других странах-участницах.

ПКК с интересом заслушал доклад А.И.Малахова о широкой программе исследований, запланированных к проведению на выведенном пучке нуклотрона. ПКК рекомендовал продолжать одобренные ранее первые эксперименты на выведенном пучке нуклотрона, включая проекты ДИСК, «Сфера», МАРУСЯ, ГИБС, «Фаза», «Дельта», «Дельта-Сигма», СМС и МРС. ПКК предложил авторам экспериментов «Стрела» и СКАН-2 представить к следующему заседанию ПКК предложения проектов.

По докладу главного инженера Института И.Н.Мешкова о работе базовых установок ОИЯИ в первом квартале 2000 г. ПКК с удовлетворением отметил, что в результате проводимых дирекцией ОИЯИ преобразований в первом квартале 2000 г. вре-

мя работы всех базовых установок соответствовало запланированному или превышало его. ПКК рекомендовал продолжать направлять людские и материальные ресурсы на обеспечение стабильной работы базовых установок и их модернизацию, концентрируя усилия на первоочередных направлениях.

ПКК рекомендовал одобрить проект «Изучение структуры адронов с помощью спектрометра HERMES» (продолжение эксперимента) с первым приоритетом до конца 2003 г. Была отмечена важность участия группы ОИЯИ в эксперименте HERMES — весьма интересном эксперименте по изучению спиновой структуры адронов с использованием поляризованного лептонного пучка и газовой поляризованной мишени.

ПКК рекомендовал открыть новую тему в ПТП ОИЯИ и одобрить первый этап предложения эксперимента «Исследование образования адронов для разработки проекта нейтринной фабрики и определения потоков атмосферных нейтрино (HARP, PS 214)».

ПКК заслушал отчет о ходе эксперимента DIRAC и высоко оценил значительный прогресс, достигнутый участниками этого эксперимента. ПКК отметил высокую научную значимость эксперимента для исследования природы нарушения киральной симметрии, так же, как и определяющий вклад ОИЯИ в организацию и проведение этого эксперимента.

ПКК принял ряд рекомендаций по экспериментам, ранее одобренным к завершению в 2000 г.:

- по эксперименту NOMAD ПКК рекомендовал продолжить эту работу в 2001 г. с первым приоритетом;
- по проекту NA48 ПКК с удовлетворением отметил, что при активном участии физиков ЛФЧ в этом эксперименте был получен результат, имеющий фундаментальное значение для развития физики частиц: с высокой точностью измерен параметр прямого CP-нарушения в распадах нейтральных каонов. ПКК рекомендовал продление работ по этому проекту с первым приоритетом до конца 2003 г.;
- ПКК рекомендовал продление работ по проекту H1 с первым приоритетом до конца 2003 г.;
- ПКК рекомендовал продление работ по проекту EXCHARM с первым приоритетом до конца 2003 г.;
- ПКК рекомендовал продление работ по проекту GAMMA-2 со вторым приоритетом до конца 2003 г.;
- ПКК рекомендовал продление работ по проекту WASA со вторым приоритетом до конца 2002 г.;
- ПКК рекомендовал продолжать развитие методики, связанной с использованием поляризованной мишени в эксперименте «Дельта-Сигма»;
- ПКК рекомендовал сотрудникам ОИЯИ, участвующим в эксперименте COMPASS, представить на следующую сессию ПКК единый проект, учиты-

вающий обязательства ЛФЧ и ЛЯП по этому эксперименту.

В качестве общего замечания ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ продлевать темы первого приоритета на срок не более трех лет, так как считает такую практику целесообразной с точки зрения совершенствования планирования научных исследований в ОИЯИ.

ПКК поблагодарил В.П. Ладыгина за интересный научный доклад «Исследования спиновой структуры ${}^3\text{He}$ на малых расстояниях в реакции $d + d \rightarrow {}^3\text{H} + n$ в RIKEN».

ПКК выразил благодарность профессору С.Дубничке за его плодотворную работу в качестве председателя ПКК по физике частиц и рекомендовал Ученому совету ОИЯИ продлить его полномочия председателя еще на один год.

ПКК выразил благодарность профессору Ж.-Е.Огюстену за его плодотворную работу и большой вклад в работу ПКК.

ПКК рекомендовал Ученому совету ОИЯИ назначить профессора Т.Гудброта членом ПКК по физике частиц.

12-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 10–11 апреля под председательством профессора Ш.Бриансон.

Члены ПКК заслушали отчет о выполнении рекомендаций 11-й сессии, информацию о резолюции 87-й сессии Ученого совета ОИЯИ и о решениях Комитета Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ. ПКК с удовлетворением воспринял сообщение 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».

Комитет заслушал сообщение главного инженера И.Н. Мешкова об эффективности работы базовых установок ОИЯИ в 1999 г.

Физика тяжелых ионов. ПКК отметил прогресс в ходе реализации проекта DRIBs и рекомендовал ввести первую фазу этого проекта в эксплуатацию как можно быстрее, обеспечив для этого необходимое финансирование.

ПКК отметил результаты работ по синтезу третьего четно-четного изотопа элемента 114 и рекомендовал поддержать модернизацию установки ВАСИЛИСА, чтобы обеспечить возможность синтеза элемента 116. ПКК рекомендовал продолжить с высоким приоритетом программу по делению и по изучению легких экзотических ядер на установках АКУЛИНА и КОМБАС.

Для обеспечения реализации научной программы ПКК рекомендовал также продлить на три года работы по теме «Синтез новых ядер, исследование свойств ядер и механизмов реакций под действием

тяжелых ионов» и по теме «Развитие циклотронов ЛЯР для получения интенсивных пучков ускоренных ионов».

Ядерная физика с помощью нейтронов. ПКК с удовлетворением отметил прогресс в ходе реализации проекта ИРЕН, в частности, получение удовлетворительных результатов испытаний ускорительной системы для ЛУЭ-200. Заслушав план завершения проекта ИРЕН в 2002 г., ПКК рекомендовал обеспечить его необходимое финансирование.

ПКК заслушал отчет по завершаемой теме «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер» и высоко оценил результаты, полученные на разных направлениях исследований по этой теме. ПКК одобрил открытие новой темы «Ядерная физика с помощью нейтронов» сроком на пять лет.

Теория ядра. ПКК отметил высокий уровень исследований, проводимых в ЛТФ в рамках темы «Теория ядра и других конечных систем», плодотворное сотрудничество ЛТФ с другими лабораториями ОИЯИ, а также широкую международную кооперацию. ПКК рекомендовал увеличить вычислительные возможности ЛТФ.

Физика низких и промежуточных энергий. Заслушав доклад директора ЛЯП Н.А.Русаковича, ПКК рекомендовал: открыть на три года тему «Исследование фундаментальных взаимодействий при низких энергиях» взамен завершающейся темы 05-2-0986-92/2000; открыть на три года тему «Взаимодействие ядер и частиц при промежуточных энергиях» взамен завершающейся темы 05-2-0987-92/2000; закрыть тему 05-2-0918-91/2000.

ПКК подтвердил высокую оценку исследований, выполняемых в рамках завершающихся работ по темам 05-2-0933-91/2000, 05-2-1023-97/2000 и 08-2-0980-92/2000, и поддержал инициативу ЛЯП объединить эти исследования в рамках одной новой темы. ПКК отметил работы по программе лучевой терапии на фазотроне и предложил представить по ним доклад на следующее заседание.

ПКК отметил высокую научную значимость исследований слабых и электромагнитных взаимодействий при низких энергиях, проводимых в рамках экспериментов AnCo_g, TGV, NEMO, LESI и ЯСНАПП-2.

Комитет заслушал также отчет по теме «Исследование симметрий и динамики взаимодействия лептонов, адронов и ядер при промежуточных энергиях» и отметил успехи в экспериментах по конверсии мюония, по μ -катализу, а также в экспериментах OBELIX, «Мезон», ANKE (COSY), PIBETA, DUBTO и «Мюон».

Сетевая и компьютерная инфраструктура ОИЯИ. ПКК одобрил деятельность ЛВТА по модернизации и расширению вычислительных систем и сетевой инфраструктуры, но отметил, что связь с научными организациями все еще не удовлетворяет требованиям международного исследовательского центра. ПКК рекомендовал поддержать работы по ее

совершенствованию в соответствии со статусом и порядком финансирования базовых установок ОИЯИ.

ПКК высоко оценил деятельность по математической и вычислительной поддержке теоретических и экспериментальных исследований в ЛВТА, а также исследования по проблемам самой вычислительной физики.

Научные доклады. ПКК заслушал два доклада, посвященные экспериментальному и теоретическому изучению процесса деления ядер, как вызванного нейтронами, так и идущего при слиянии тяжелых и сверхтяжелых ядер.

ПКК принял к сведению информацию о подготовке второго Координационного совещания по ядерной физике в октябре 2000 г. в г. Сандански (Болгария).

ПКК поздравил профессоров Г.Мюнценберга и Х.Ойшлера с присвоением им звания «Почетный доктор ОИЯИ».

12-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 14–15 апреля под председательством доктора Х.Лаутера.

Члены Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред приняли к сведению информацию о рекомендациях 87-й сессии Ученого совета ОИЯИ и решениях Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ, представленную главным ученым секретарем ОИЯИ В.М.Жабицким.

ПКК поздравил дирекцию ОИЯИ с ратификацией «Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о местопребывании и об условиях деятельности Объединенного института ядерных исследований в Российской Федерации».

ПКК принял к сведению информацию, представленную в докладе главного инженера Института И.Н.Мешкова о работе базовых установок ОИЯИ и текущем состоянии дел в модернизации реактора ИБР-2. ПКК поддержал усилия дирекции ОИЯИ и ЛНФ в их деятельности по реализации программы модернизации ИБР-2. ПКК выразил удовлетворение подписанным между ОИЯИ и Министерством по атомной энергии соглашением о финансировании модернизации реактора ИБР-2, в соответствии с которым определен вклад Министерства по атомной энергии.

ПКК высоко оценил доклады А.М.Балагурова и В.И.Горделия, в которых продемонстрирована работа нового метанового замедлителя на двух установках: ФДВР и ЮМО. ПКК отметил, что для полноценной работы криогенного замедлителя срочно требуется гелиевый ожижитель.

По докладу директора ЛНФ В.Л.Аксенова о программе развития комплексов спектрометров на ИБР-2 ПКК настоятельно рекомендовал начать выполнение этой программы на трех спектрометрах, работающих на новом холодном замедлителе: спектрометре малоуглового рассеяния, рефлектометре, спектрометре

квазиупругого рассеяния. ПКК рекомендовал подготовить и направить в дирекцию ОИЯИ запрос о выделении гранта дирекции ОИЯИ на программу развития комплекса спектрометров.

ПКК рассмотрел вопросы, связанные с продлением научных тем, и рекомендовал продлить исследования по темам:

— 07-4-1012-96/2000 — завершение работ по проекту развития комплекса спектрометров на ИБР-2 сроком на три года с тем же приоритетом;

— 07-5-1013-96/2000 — «Радиационные эффекты и модификация материалов, радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР» на три года с тем же приоритетом;

— 08-9-1015-96/2000 — «Радиационные и радиобиологические исследования в полях излучений установок ОИЯИ и в окружающей среде» сроком на три года с тем же приоритетом.

ПКК предложил по докладу Г.В.Мицина открыть новую тему «Лучевая терапия, ПЭТ и ДНК-диагностика на адронных пучках ОИЯИ» со вторым приоритетом, с 2001 по 2003 г.

ПКК отметил высокий уровень научных докладов: «Мезоскопика в сверхтекучести и в бозе-эйнштейновском конденсате», представленного В.С.Яруниным, и «Радиоэкологические и радиоизотопные исследования на микротроне МТ-25», представленного О.Д.Масловым.

ПКК поздравил организаторов школы по современной нейтронографии, проведенной в Дубне с 7 февраля по 4 марта 2000 г., и рекомендовал регулярно организовывать такую школу для студентов и молодых ученых.

ПКК выразил благодарность профессору Л.Черу и профессору В.Г.Петину за их плодотворную деятельность в качестве членов ПКК.

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

ПКК заслушал доклад «Информация о решениях 88-й сессии Ученого совета», представленный главным ученым секретарем Института В.М.Жабицким и поддержал намерения дирекции ОИЯИ по сохранению в ЛНФ им. И.М.Франка возможности исследований по ядерной физике с использованием нейтронов и физике конденсированных сред, а также приветствовал расширение исследований конденсированного состояния вещества различными физическими методами.

ПКК отметил, что программа модернизации ИБР-2 вступает в решающую стадию. В связи с этим подчеркнута важность выполнения соглашения о примерно равных взносах с Министерством по атомной энергии РФ и ОИЯИ для финансовой поддержки модернизации реактора ИБР-2. ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ принять специальное решение для выполнения принятых финансовых обязательств по

модернизации реактора ИБР-2 и просил ее полностью обеспечить финансирование модернизации в рамках своего гранта в 2000 г., а также оказать финансовую поддержку персоналу реактора, участвующему помимо эксплуатационных работ в модернизации реактора. ПКК выразил удовлетворение тщательно составленным планом модернизации реактора ИБР-2, представленным в докладе В.Д.Ананьева.

ПКК утвердил новую тему: «08-2-0980-92/2000 — развитие методов и средств лучевой терапии и сопутствующей диагностики на медицинских адронных пучках ОИЯИ» и отметил необходимость заслушать на следующем заседании ПКК информацию о стратегии развития работ, посвященных проблемам науки о живом (life science).

ПКК высказал свои рекомендации дирекции ЛНФ по следующим вопросам:

- в рамках Программы развития комплекса спектрометров на ИБР-2 заслушать на следующем заседании ПКК доклады научных руководителей с обзором перспектив развития по каждому направлению;
- поддержать инициативы, связанные с разработкой детекторов, включая новые детекторные технологии, а также изготовление новых нейтронных детекторов;
- начать разработку новых спектрометров на холодном источнике: малоуглового спектрометра, рефлектометра, спектрометра квазиупругого рассеяния.

ПКК отметил, что модернизация реактора ИБР-2, источника холодных нейтронов и развитие научного инструментария на холодном источнике есть единый комплекс, над которым надо работать согласованно, а также настоятельно поддержал участие ОИЯИ в коллаборации Европейского проекта источника нейтронов на основе глубокого расщепления (ESS).

ПКК принял к сведению сообщение, сделанное А.И.Куклиным, о состоянии дел со спектрометром малоуглового рассеяния, а также поддержал идею (сообщение Е.С.Кузьмина) завершения создания детекторной системы для фурье-дифрактометра на основе новой технологии. ПКК поблагодарил М.А.Смондырева и М.М.Комочкова за представленные научные доклады. В связи с 40-й годовщиной запуска первого импульсного реактора на быстрых нейтронах ПКК предложил на будущей сессии заслушать лекцию «О нейтронном методе исследований и его приложениях к промышленному использованию».

14-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 16–18 ноября под председательством профессора С.Дубнички.

Программно-консультативный комитет по физике частиц заслушал доклад вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна о подготовке научной программы Института на 2001–2003 гг. и рекомендациях 88-й сессии Ученого совета ОИЯИ (8–9 июня 2000 г.)

ПКК принял к сведению доклады, представленные заместителем директора Лаборатории высоких энергий В.Н.Пеневым, заместителем директора Лаборатории теоретической физики Д.И.Казаковым, директором Лаборатории физики частиц В.Д.Кекелидзе, директором Лаборатории ядерных проблем Н.А.Русаковичем и директором Лаборатории информационных технологий И.В.Пузыниным, и одобрил предложенные ими основные направления программы исследований ОИЯИ в области физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физики на 2001–2003 гг. ПКК указал на необходимость более тесного сотрудничества между научными группами, проводящими близкие по направлению работы в разных лабораториях, для оптимального использования интеллектуальных ресурсов ОИЯИ.

По докладу главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова о работе базовых установок ОИЯИ в 2000 г. ПКК с удовлетворением отметил, что работа всех базовых установок оправдала или превзошла ожидания, невзирая на постоянные проблемы с финансированием. ПКК поддержал усилия ЛВЭ по достижению статуса нуклотрона как регулярно действующей и работающей на физический эксперимент установки. ПКК подчеркнул, что в целях оптимального использования пучков нуклотрона необходимо лучше координировать работу различных групп, использующих поляризованные мишени и пучки.

ПКК высоко оценил успехи образовательной программы ОИЯИ и выразил убеждение, что работа, проводимая дирекцией ОИЯИ и Учебно-научным центром совместно с лабораториями Института, является плодотворной и исключительно полезной для ОИЯИ.

ПКК рассмотрел ряд предложений по новым экспериментам: «Исследование зарядово-обменных процессов в дейтрон-протонных столкновениях» (СТРЕЛА); «Измерение энергетических поведений спин-зависимых разностей полных np -сечений на L/T -поляризованных нейтронных пучках и протонной мишени в ЛВЭ ОИЯИ» («Дельта–Сигма»); «Исследование образования адронов для разработки проекта нейтринной фабрики и определения потоков атмосферных нейтрино» — проект HARP, PS-214 (участие ОИЯИ); «Измерение спин-спиновой корреляции в упругом pp -рассеянии вблизи 90° » (PP-синглет) и рекомендовал одобрить эти эксперименты с первым приоритетом до конца 2003 г.

Рассмотрев предложение по эксперименту «Исследование структуры легчайших ядер в ЛВЭ ОИЯИ и RIKEN, Япония» (проект LNS), ПКК согласился с актуальностью задачи этого проекта, но выразил мнение, что предлагаемая установка не является оптимальной для достижения целей в исследованиях на нуклотроне с приемлемой точностью и за разумное время. ПКК предложил авторам доработать проект в части, касающейся исследований на нуклотроне, и представить его на следующей сессии. ПКК принял к сведению доклад «Компьютерная физика для теоретических и экспериментальных исследований». Вы-

сказав ряд замечаний, ПКК выразил мнение о необходимости дальнейшей проработки проекта для принятия решения по предложенной теме. ПКК заслушал информацию по подготовке проекта СКАН-2 и предложил авторам представить проект на следующей сессии. ПКК высоко оценил результаты работы по подготовке эксперимента COMPASS и рекомендовал дирекции ОИЯИ, а также участвующим в этом эксперименте лабораториям Института, одобрить планы работ по проекту на 2001–2003 гг., присвоить проекту первый приоритет на этот период и обеспечить достаточное финансирование для выполнения обязательств ОИЯИ.

ПКК выразил мнение о целесообразности назначения для каждой экспериментальной программы из числа наиболее важных и долговременных одного или двух экспертов, которые будут следить за ходом эксперимента, проводить экспертизу запрашиваемых ресурсов и периодически докладывать ПКК.

Заслушаны отчеты о ходе ряда экспериментов с завершением в 2000 г.: «Физика и техника ускорителей», «Организация, обеспечение и развитие учебного процесса университетского типа в ОИЯИ», «БЕС», «MRS» — и рекомендовал продление этих работ с первым приоритетом до конца 2003 г. Проект второго приоритета BOREXINO продлен со вторым приоритетом до конца 2003 г. ПКК принял к сведению отчеты по выполненным темам первого приоритета ППМ и СПИН и рекомендовал дирекции ОИЯИ закрыть их.

ПКК рассмотрел письменные отчеты по темам второго приоритета: « NN -рассеяние (эксперимент в Праге)»; «Разработка ускорителей для радиационных технологий» — и рекомендовал продолжение работ по этим темам в 2001 г. при условии их финансирования из внебюджетных источников. По теме второго приоритета «Нейтронный детектор» ПКК рекомендовал продолжить работу до конца 2001 г. с тем же приоритетом и представить на следующую сессию доклад об основных физических результатах, полученных на этой уникальной установке. ПКК принял к сведению информационное сообщение «О планах участия ОИЯИ в исследовании распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$, эксперимент E391a в КЕК—PS» и рекомендовал оформить данное предложение в виде отдельного проекта.

ПКК с интересом заслушал доклад «Последние результаты по поискам хиггс-бозона на LEP», представленный А.Г.Ольшевским, а также сообщение Н.Джиокариса о запуске модернизированной установки CDF на тэватроне (FNAL) и отметил, что ОИЯИ внес значительный вклад в программу модернизации CDF в 1996–2000 гг. и успешное проведение технического сеанса в ноябре 2000 г.

13-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 20–22 ноября под председательством профессора Ш.Бриансон.

Члены ПКК заслушали отчет о выполнении рекомендаций 12-й сессии ПКК и информацию о резолюции 88-й сессии Ученого совета ОИЯИ (июнь 2000 г.).

ПКК поздравил ЛЯР в связи с синтезом нового нуклида с $Z = 116$ и $A = 292$ и отметил, что первыми лауреатами премии имени Л.Майгнер, утвержденной Комитетом по ядерной физике Европейского физического общества, назван Ю.Ц.Оганесян вместе с Г.Мюнценбергом и П.Армбрустером за их вклад в исследования сверхтяжелых ядер.

ПКК высоко оценил усилия дирекции ОИЯИ по сохранению на максимально возможном уровне финансирования проектов ИРЕН и DRIBs в 2000 г. Для первого проекта это весьма важно в плане поддержания получившей международное признание программы исследований по нейтронной ядерной физике в ОИЯИ. Что касается второго проекта, это позволит своевременно ввести в эксплуатацию базовую установку мирового класса для получения вторичных радиоактивных пучков ионов.

ПКК одобрил решение дирекции ОИЯИ сохранить ЛНФ как одну из основных структурных единиц Института. Кроме того, ПКК считает, что формирование группы специалистов по ускорительной технике из сотрудников ЛФЧ и ЛНФ с целью создания ускорителя ЛУЭ-200 должно иметь решающее значение для реализации проекта ИРЕН.

ПКК высоко оценил прогресс, достигнутый в образовательной программе ОИЯИ за сравнительно короткий период и при довольно скромном бюджетном финансировании.

Ядерная физика с помощью нейтронов. ПКК поддержал решение дирекции ОИЯИ завершить создание источника резонансных нейтронов ИРЕН к 2002 г. и отметил, что это важно для возобновления исследований по нейтронной ядерной физике после перерыва, связанного с демонтажем реактора ИБР-30, а также подразумевает наличие к 2002 г. двух, как минимум, клистронов для линейного ускорителя электронов ЛУЭ-200. Такой график призван обеспечить сохранение лидирующей роли Института в этой области ядерной физики. ПКК одобрил предложенную программу научных исследований в ЛНФ, которая будет, в основном, ориентирована на разработку и создание новой инструментальной базы для исследований на сооружаемом источнике нейтронов ИРЕН. Предполагается начать эксперименты на пучках ИРЕН в 2003 г.

ПКК рекомендовал закрыть тему 06-4-0974-92/2000 и открыть новую тему первого приоритета «Ядерная физика с помощью нейтронов — фундаментальные и прикладные исследования» на период 2001–2004 гг. ПКК одобрил программу исследований окружающей среды в рамках проекта РЕГАТА и рекомендует дирекции ОИЯИ оказывать финансовую поддержку этим работам.

Физика тяжелых ионов. ПКК отметил быстрый темп работ по реализации проекта DRIBs и рекомендует завершить первую стадию проекта DRIBs — получение радиоактивных пучков легких ионов — в 2001 г., а второй этап — ускорение осколков деления — в 2002 г. ПКК указал на первые результаты исследований деления сверхтяжелых компаунд-ядер с

использованием пучков ^{48}Ca , ^{58}Fe и ^{86}Kr и одобрил программы синтеза сверхтяжелых ядер, в частности, синтеза элементов 112, 114 и 116, который должен проводиться на установках ВАСИЛИСА и газонаполненном сепараторе ядер отдачи, а также результаты исследования структуры легких экзотических ядер. Подчеркнута важность исследований по определению химических свойств сверхтяжелых элементов, отмечена эффективная работа циклотронов ЛЯР в 2000 г.

ПКК обсудил исследования по темам: «Синтез новых ядер, исследование свойств ядер и механизмов реакций под действием тяжелых ионов» и «Развитие циклотронов ЛЯР для получения интенсивных пучков ускоренных ионов стабильных и радиоактивных изотопов» — и рекомендовал продолжить работы по ним с первым приоритетом в течение трех лет (2001–2003 гг.).

Физика низких и промежуточных энергий. Учитывая то, что вся программа исследований ЛЯП была подробно обсуждена на 12-й сессии ПКК, члены комитета на этот раз сконцентрировали свое внимание на докладе о перспективах фазотрона и на дополнении к проекту ФАМИЛОН, представленном по рекомендации 12-й сессии.

ПКК отметил, что фазотрон отработал в 2000 г. на эксперименты по ядерной физике 1060 ч, и поддержал программу модернизации каналов пучков, в результате которой к концу 2001 г. будет существенно улучшено качество вторичного пучка. ПКК надеется своевременно получить детальные предложения по проектам инжектора H^- и вывода интенсивного пучка протонов.

Обсудив дополнение к проекту ФАМИЛОН, содержащее результаты соответствующих расчетов, ПКК считает возможным выделить на первую стадию эксперимента (тестирование и набор данных) в целом 310 ч работы на пучке. Для рекомендаций по второй стадии необходимо дополнительное моделирование. Время работы на пучке по этой программе должно быть включено в квоту, зарезервированную для проекта «Мюон».

ПКК рекомендовал закрыть следующие темы научных исследований: 05-2-0986-92/2000, 05-2-0987-92/2000, 05-2-0918-91/2000, 05-2-1023-97/2000 и 05-2-09333-91/2000 — и открыть следующие темы первого приоритета на 2001–2003 гг.: «Исследование фундаментальных взаимодействий в ядрах при низких энергиях», «Взаимодействия ядер и частиц при промежуточных энергиях», «Усовершенствование и развитие фазотрона ОИЯИ для фундаментальных и прикладных исследований».

Программа научных исследований ЛТФ. ПКК с интересом заслушал сообщение о ряде последних исследований, выполненных в ЛТФ в рамках темы «Теория ядер и других конечных систем», и одобряет основные принципы этой программы на 2001–2003 гг. Особенно поддержано сотрудничество ЛТФ с

экспериментаторами и теоретиками из ОИЯИ и известных мировых ядерно-физических центров.

Лаборатория информационных технологий. ПКК одобряет реструктуризацию бывшей ЛВТА и считает, что программа и структура новой ЛИТ должны быть такими же, как в вычислительных подразделениях других крупных научных центров мира. Комитет констатирует, что существует два вида работ, посредством которых ЛИТ обеспечивает поддержку лабораториям ОИЯИ: работы по вычислительной физике, которые оцениваются весьма высоко, и сервисная деятельность, в которой имеются несомненные трудности. Члены комитета убеждены, что основной задачей ЛИТ должно быть обслуживание лабораторий ОИЯИ, в частности, улучшение внешних сетей для связи с сотрудничающими странами и лабораториями должно иметь первый приоритет. Для этого необходимо срочно подготовить детальное предложение по улучшению сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, а также соответствующий план-график выполнения работ и оценку необходимого финансирования. Чтобы контролировать ход работ, нужно организовать постоянные контакты между ЛИТ и другими лабораториями ОИЯИ. ПКК надеется получить на следующей сессии сообщение по этому вопросу. ПКК предлагает закрыть тему «Нелинейные проблемы вычислительной и математической физики: исследования, математическое и программное обеспечение».

Образовательная программа ОИЯИ. ПКК отметил успешную реализацию образовательной программы в рамках темы «Организация, обеспечение и развитие учебного процесса университетского типа в ОИЯИ» (10-0-1026-98/2000), нацеленной на профессиональную подготовку студентов и молодых ученых из ОИЯИ и стран-участниц ОИЯИ. ПКК поддерживает дальнейшее развитие этой программы, в частности, интенсификацию обучения непосредственно на рабочих местах в ОИЯИ в специализированных областях, и рекомендует дирекции ОИЯИ увеличить финансирование этой программы. ПКК поддерживает развитие программы обмена преподавателями и студентами с европейскими странами. ПКК рекомендует продлить с первым приоритетом тему 10-0-1026-98/2000 на три года (до конца 2003 г.).

Научные доклады. ПКК заслушал два доклада, в одном из которых были представлены новые результаты по теории галоидального $^7_{\Lambda}\text{He}$ -гиперядра, включая предсказания его резонансных возбужденных состояний, в другом — последние результаты экспериментальных исследований эффекта рассеяния с нагревом ультрахолодных нейтронов (УХН) в ловушках, и дал высокую оценку полученным результатам.

ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Государственная премия Российской Федерации 2000 года в области науки и техники присуждена В.Л.Аксенову, доктору физико-математических наук, директору Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ; А.М.Балагурову, доктору физико-математических наук, начальнику сектора ЛНФ; В.В.Нитцу, старшему научному сотруднику ЛНФ; Ю.М.Останевичу, доктору физико-математических наук (посмертно) — за разработку и реализацию новых методов структурной нейтронографии по времени пролета с использованием импульсных и стационарных реакторов.

Премия имени Б.М. Понтекорво 2000 года присуждена академику Г.Т.Зацепину и кандидату физико-математических наук В.Н.Гаврину (ИЯИ РАН, Москва) за выдающийся вклад в исследования солнеч-

ных нейтрино галлий-германиевым методом в Баксанской нейтринной обсерватории.

Международная премия имени А. фон Гумбольдта присуждена профессору С.М.Биленькому (Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова ОИЯИ) за большие заслуги в исследовательской и преподавательской деятельности, его вклад в развитие научного сотрудничества.

Премия имени Л. Майтнер, учрежденная Комитетом по ядерной физике Европейского физического общества, присуждена научному руководителю Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова ОИЯИ члену-корреспонденту РАН Ю.Ц.Оганесяну за многолетнюю работу по синтезу сверхтяжелых элементов, увенчавшуюся открытием новых элементов с атомными номерами 105–109.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

I. В области теоретической физики

Две первые премии

1. «Аналитический подход в квантовой хромодинамике».

Авторы: Д.В.Ширков, И.Л.Соловцов.

2. «Теоретическая поддержка экспериментов на Z-резонансе по прецизионной проверке стандартной модели (проект ZEITTEP)».

Авторы: Д.Ю.Бардин, М.С.Биленький, М.Джак, Л.В.Калиновская, А.Г.Ольшевский, С.Риманн, Т.Риманн, П.Х.Христова.

II. В области экспериментальной физики

Две первые премии

1. «Исследование реакций между легкими ядрами в

области ультранизких энергий с использованием лазерной плазмы».

Авторы: В.М.Быстрицкий, В.М.Гребенюк, В.А.Ступин, Ф.М.Пеньков, С.С.Паржицкий, В.М.Быстрицкий, Г.А.Месяц, Н.А.Ратахин, Я.Возняк, М.Филипович.

2. «Обнаружение ядерного спинового сверхизлучения Дикке и теоретическое исследование явления».

Авторы: Ю.Ф.Киселев, В.И.Юкалов, В.К.Хеннер.

Вторая премия

«Поляризационные и спиновые явления в рождении и распадах странных частиц».

Авторы: А.И.Зинченко, И.М.Иванченко, В.Д.Кекелидзе, Д.Т.Мадигожин, Ю.К.Потребеников, Г.Т.Татишвили, А.Л.Ткачев, П.З.Христов.

Две поощрительные премии

1. «Нейтронграфические исследования зависимости атомной структуры и свойств высокотемпературных ртутных сверхпроводников от анионного состава и внешнего давления».

Авторы: В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров, Д.В.Шептяков, Е.В.Антипов, С.Н.Путилин.

2. «Изучение закономерностей образования и исследование свойств нейтроноизбыточных ядер легких элементов на пучках изотопов серы».

Авторы: Д.С.Байбородин, З.Длоугы, Р.Калпакчиева, М.Левитович, С.М.Лукиянов, Ю.Э.Пенионжкевич, Н.К.Скобелев, Е.А.Сокол, О.Б.Тарасов, В.Д.Тонеев.

III. В области научно-методических исследований

Первая премия

«Станция внутренних мишеней для экспериментов на нуклотроне».

Авторы: Ю.С.Анисимов, А.С.Артемов, В.А.Краснов, А.И.Малахов, В.М.Слепнев, А.Ю.Стариков, Я.Климан, В.Магоушек, М.Морхач, И.Турзо.

Вторая премия

«Высокоэффективный времяпролетный спектрометр фрагментов, нейтронов и гамма-квантов».

Авторы: В.М.Воскресенский, Ю.М.Иткис, Э.М.Козулин, Н.А.Кондратьев, Л.Крупа, И.В.Покровский, Е.В.Прохорова, Г.Г. Чубарян, Ф.Анаппе, Л.Штутге.

Три поощрительные премии

1. «Разработка и исследование прецизионных трековых детекторов на основе тонкопленочных дрейфовых строу-трубок».

Авторы: В.Н.Бычков, Ю.Л.Злобин, Г.Д.Кекелидзе,

В.В.Ливинский, С.П.Лобастов, В.М.Лысан, В.Д.Пешехонов.

2. «Газонаполненные детекторы для исследования индуцированных нейтронами реакций с вылетом заряженных частиц».

Авторы: Ю.М.Гледенов, В.И.Салацкий, П.В.Седышев, М.В.Седышева, Р.Машрафи, Г.Хуухэнхуу, Чень Земин, Тан Гуою, В.А.Весна, П.Шаланьски.

3. «Разработка, создание и исследование системы прецизионных дрейфовых камер для центральной части спектрометра HADES».

Авторы: Ю.В.Заневский, Г.Н.Агакишиев, Л.Н.Глonti, А.Г.Петров, В.Н.Печенов, Л.П.Смыков, О.В.Фатеев, В.Ф.Чепурнов, С.П.Черненко.

IV. В области научно-технических прикладных исследований

Первая премия

«Новые ионно-имплантационные методы для нанотехнологии».

Авторы: В.Ф.Реутов, А.С.Сохацкий, В.К.Семина, С.Н.Дмитриев.

ГРАНТЫ

Ряд научных проектов сотрудников Объединенного института ядерных исследований в 2000 г. получили финансовую поддержку фондов Сороса, INTAS и МНТЦ. 91 проект финансируется Российским фондом фундаментальных исследований. 43 сотрудникам ОИЯИ присуждены государственные стипендии президиума Российской академии наук.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2000 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 35 темам первого приоритета и по 11 темам второго приоритета;
- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 4595 специалистов;
- для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 3324 специалиста;
- организовано и проведено 15 международных научных конференций, 26 рабочих и 13 организационных совещаний;
- в лабораториях Института работали 17 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.

15 января член Ученого совета ОИЯИ директор по исследованиям ЦЕРН профессор К.Детраз посетил лаборатории ОИЯИ, где ознакомился с ходом работ по подготовке к совместным экспериментам на ускорителях ЦЕРН. В заключение состоялась встреча в дирекции, где с гостем беседовали вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян, директор ЛЯП Н.А.Русакович, директор ЛФЧ В.Д.Кекелидзе, почетный директор ЛФЧ И.А.Савин. Профессор К.Детраз отметил значительный вклад ученых и специалистов ОИЯИ в эксперименты, проводимые в ЦЕРН.

1–3 февраля вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян и и.о. директора ЛНФ В.Л.Аксенов посетили с рабочим визитом Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики в г. Сарове (Арзамас-16). На общеинститутском научном семинаре А.Н.Сисакян выступил с докладом «О научных программах ОИЯИ», а В.Л.Аксенов — с докладом «Нейтронная физика на пороге XXI века». Состоялись беседы с первым заместителем научного руководителя ВНИИЭФ академиком Ю.А.Трутневым, заместителем научного руководителя ВНИИЭФ — начальником центра ядерных и радиационных исследований профессором В.Т.Пуниным и другими учеными и специалистами. Были обсуждены планы развития сотрудничества. Гости из Дубны осмотрели некоторые базовые физические установки и познакомились с ходом совместных работ. В ходе визита подписан протокол об исследованиях в области физики ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе БИГР ВНИИЭФ (Саров).

7–8 февраля в Дубне под председательством А.Н.Сисакяна (ОИЯИ) и Г.-Ф.Вагнера (ВМБФ — Министерство науки, образования и технологий ФРГ) прошло десятое заседание координационного комитета по выполнению Соглашения между ВМБФ и ОИЯИ о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ. Участников заседания приветствовал директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, который подчеркнул большое значение и взаимовыгодность сотрудничества ОИЯИ с немецкими научными центрами.

С докладом о деятельности ОИЯИ в 1999 г. и о ходе сотрудничества с научными центрами ФРГ выступил вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян. Он отметил наиболее значительные результаты прошедшего года. О выполнении бюджета ОИЯИ в 1999 г. и проекте бюджета 2000 г., а также об использовании в 1999 г. средств немецкого взноса доложил помощник директора по экономическим и финансовым вопросам В.В.Катрасев. Выступившие с немецкой стороны

Г.-Ф.Вагнер (BMBF), директор DESY по исследованиям Р.Кланнер, вице-директор Исследовательского центра в Юлихе Р.Вагнер и ряд других высоко оценили научную деятельность ОИЯИ и результаты сотрудничества. По итогам встречи подписан протокол. Гости посетили лаборатории ОИЯИ.

С 20 по 27 февраля с рабочим визитом в США находились директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакян. В Национальной ускорительной лаборатории им. Э.Ферми (FNAL) они обсудили с директором FNAL профессором М.Визереллом проблемы укрепления сотрудничества между двумя крупными научными центрами, учитывая, что специалисты ОИЯИ проделали большой объем работ по подготовке этапа продолжения экспериментов D0 и CDF на тэватроне. Руководители ОИЯИ имели встречи с другими членами дирекции FNAL и руководителями экспериментов, а также с группой сотрудников ОИЯИ, работающих над подготовкой экспериментов во FNAL.

В Брукхейвенской национальной лаборатории состоялись переговоры с директором BNL профессором Дж.Марбургером и подписание Соглашения о сотрудничестве по эксперименту STAR на 2000 г. Директор BNL отметил высокое качество работ, выполняемых в ОИЯИ. Руководители ОИЯИ ознакомились с рядом направлений работ в BNL как в области физики частиц, так и в прикладных областях. Они провели встречи с руководителями BNL и участниками экспериментов.

26 февраля в Нью-Йорке состоялась встреча с президентом ICC (образовательный центр) Дж.Тохадзе, на которой обсуждались проекты сотрудничества в области образовательных программ.

Во время встреч во FNAL и BNL обсуждались вопросы возможного заключения между ОИЯИ и правительственными структурами США (DOE, NSF) «зонтичного» соглашения о научно-техническом сотрудничестве с использованием базы как научных центров Америки, так и ОИЯИ.

Во время пребывания в Брукхейвене В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян встречались с находившейся там делегацией Национального научного фонда КНР во главе с академиком АН КНР Ванг Нянем, вице-президентом Национального фонда естественных наук КНР, заместителем председателя Комиссии по науке и технологиям, вице-президентом Ядерного общества Китая. На встрече обсуждались вопросы расширения сотрудничества.

10 марта главный ученый секретарь ОИЯИ В.М.Жабицкий и заместитель директора Лаборатории ядерных проблем В.Б.Бруданин провели в Ташкенте обсуждение состояния сотрудничества физиков Объединенного института и научных центров и университетов Республики Узбекистан. Состоялись встречи с Полномочным Представителем Республики Узбекистан в ОИЯИ членом-корреспондентом АН РУ

Б.С.Юлдашевым, вице-президентом АН РУ академиком М.Камиловым, ученым секретарем АН РУ профессором Т.Бекмурадовым. Состояние дел и перспективы сотрудничества были подробно обсуждены с советником президента Республики Узбекистан по науке и образованию академиком Т.Рискиевым. В ходе визита намечены мероприятия по стабилизации участия физиков Узбекистана в деятельности ОИЯИ.

В марте состоялась командировка в Республику Болгарию делегации ОИЯИ в составе вице-директора Института Ц.Вылова, директора Лаборатории высоких энергий А.И.Малахова и научного руководителя Лаборатории ядерных реакций Ю.Ц.Оганесяна. Проведены встречи с председателем Комитета по использованию атомной энергии в мирных целях Болгарии Г.Касчиевым и заместителем председателя Р.Пописцем, а также с другими сотрудниками КИАЭМЦ. Отмечена эффективность и перспективность сотрудничества ученых ОИЯИ и Болгарии. Рассмотрены конкретные вопросы развития сотрудничества.

Состоялась деловая встреча с руководством Болгарской академии наук — председателем И.Юхновским, заместителем председателя Н.Саботиновым и др. Проведены встречи с деканами физических факультетов Пловдивского и Софийского университетов. Были организованы научные семинары с докладами Ю.Ц.Оганесяна и А.И.Малахова.

С 20 по 27 марта в ОИЯИ находились ученые из Института ядерной химии при Университете им. Филлипса (Марбург, Германия) — известный радиохимик профессор Р.Брандт и один из создателей знаменитого каталога γ -квантов профессор В.Вестмайер. Их визит был связан с обсуждением планов дальнейшего развития сотрудничества немецких центров (Юлих, Мельн, Марбург и Хойерсверда) с лабораториями ОИЯИ, участвующими в исследованиях на пучках синхрофазотрона и нуклотрона в рамках коллаборации «Энергия плюс трансмутация».

28 марта в Москве директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакян приняли участие в переговорах с генеральным директором российского представительства фирмы «Siemens Business Services» Р.Вольфом. Были обсуждены вопросы сотрудничества, в ходе переговоров подписан меморандум о намерениях. Со стороны фирмы SBS в переговорах участвовали Г.Бергер — директор департамента крупных проектов по программе «Гермес», В.А.Китов — руководитель направления «Наука и образование» SBS, со стороны ОИЯИ — заместитель директора ЛВТА В.В.Кореньков.

По приглашению дирекции 29 марта в ОИЯИ побывали с ознакомительным визитом Чрезвычайный и Полномочный Посол Румынии в РФ И.Дьякону с супругой и советник посольства по вопросам науки, культуры и искусства К.Ботез. Они были приняты директором ОИЯИ В.Г.Кадышевским и вице-директором А.Н.Сисакяном, во встрече участвовали помощники

директора В.В.Катрасев и П.Н.Боголюбов, заместитель директора ЛЯР С.Н.Дмитриев. Целью визита, как ее определил И.Дьякону, было «ближе познакомиться с деятельностью ОИЯИ и определиться в планах дальнейшего сотрудничества». В заключение визита гости встретились с румынскими сотрудниками ОИЯИ.

3 апреля директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский и вице-директор А.Н.Сисакян посетили Международный Сольвеевский институт физики и химии (Брюссель), где провели переговоры с заместителем директора И.Антониу и другими сотрудниками института по проблемам сотрудничества в ряде научных и образовательных программ, в том числе в рамках 5-й рамочной программы Европейского содружества.

4 апреля в штаб-квартире Европейской комиссии В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян встретились с помощником руководителя генеральной дирекции по исследованиям ЕС профессором Дж.Соннино, с которым обсудили вопросы сотрудничества в различных направлениях фундаментальной науки. По согласованию с дирекцией ЦЕРН была достигнута договоренность об открытии 12 сентября в штаб-квартире Европейской комиссии выставки «Наука, сближающая народы», организуемой совместно ЦЕРН, ОИЯИ и Международным Сольвеевским институтом физики и химии. Во встрече участвовали профессор И.Антониу (зам. директора Сольвеевского института), Р.Вардапетян (менеджер ИНТАС) и др.

5 апреля в Амстердаме прошли переговоры В.Г.Кадышевского и А.Н.Сисакяна, а также главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова с дирекцией Национального института ядерной физики и физики высоких энергий (NIKHEF). С нидерландской стороны в переговорах участвовали Г. ван Мидделькоп — директор института, А. ван Рейн — заместитель директора института, руководители подразделений Я.Спелт, Я.Энгелен, Р.Блокзейл. Состоялось обсуждение вопросов сотрудничества. Гости подробно ознакомились с научными и инженерными подразделениями NIKHEF. В обсуждении затрагивались вопросы организации работ по перебазированию установки AmPS в Дубну с целью создания синхротронного источника ДЭЛСИ, в частности, возможности использования внебюджетных источников для финансирования этих работ.

С 17 по 21 апреля в ЦЕРН находился вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян. 17 и 18 апреля он принял участие в качестве представителя ОИЯИ в заседаниях обзорных ресурсных комитетов по экспериментам, готовящимся на LHC. Комитеты рассмотрели ход разработки и изготовления узлов экспериментальных установок и подготовки научной программы. В заседаниях в качестве экспертов участвовали Н.А.Русакович (ATLAS), И.А.Голутвин (CMS), А.С.Водопьянов (ALICE). А.Н.Сисакян принял участие в запуске телекоммуникационной системы видеоконференций Дуб-

на — ЦЕРН, налаживанием которой вместе со специалистами ЦЕРН занимались сотрудники ЛВТА ОИЯИ.

19–20 апреля А.Н.Сисакян провел встречи с генеральным директором ЦЕРН Л.Майани, директорами по исследованиям Р.Кэшмором и К.Детразом, координатором сотрудничества Н.Кульбергом, руководителями экспериментов П.Йенни (ATLAS), М.Делла Негра (CMS), Ю.Шукрафтом (ALICE), С.Паулом (COMPASS) и др. Был обсужден широкий круг вопросов сотрудничества, в том числе подготовки «Недели ATLAS» в Дубне, симпозиума «Физика и детекторы на LHC», Европейской школы молодых ученых по физике высоких энергий (Португалия) и др.

Состоялись встречи с послом Грузии в Швейцарии, представителем в Женевском отделении ООН А.Кавадзе, вице-президентом фонда Горбачева в Швейцарии А.Лихоталем, представителями Женевского университета, с которыми обсуждались вопросы сотрудничества в научных и образовательных программах.

По поручению правительства Японии 17–18 апреля делегация экспертов посетила ОИЯИ. В состав делегации входили профессора Университета в Киото К.Мишима и К.Кобояши, заместитель исполнительного директора Международного научно-технического центра Ш.Уеда. Делегация ознакомилась с состоянием дел по международному проекту МНТЦ, связанному с развитием систем диагностики для импульсных источников нейтронов. Эксперты также познакомились с новыми предложениями, подготовленными в ОИЯИ, которые могли бы быть реализованы в рамках МНТЦ. Гости посетили ЛНФ, ЛЯР и ЛВЭ.

16 мая на заседании президиума Российской академии наук под председательством президента РАН академика Ю.С.Осипова обсуждался вопрос о сотрудничестве РАН с ОИЯИ, международной межправительственной организацией. С докладом «Роль Российской академии наук в становлении и развитии Объединенного института ядерных исследований в Дубне» выступил директор ОИЯИ член-корреспондент РАН В.Г.Кадышевский, который подробно рассказал о традициях и перспективах научных связей между ОИЯИ и институтами РАН (до 1991 г. — АН СССР).

В прениях по докладу выступили президент РАН академик Ю.С.Осипов, вице-президенты академики Г.А.Месяц, В.Е.Фортов, А.Ф.Андреев, члены президиума и советники академики Ю.А.Осипьян, Ю.А.Израэль, В.И.Субботин, Н.А.Шило и др. Академик Ю.С.Осипов в своем выступлении, в частности, отметил, что ОИЯИ развивается как один из крупнейших в мире научных центров, сотрудничество с ним занимает важное место в научных программах РАН.

ОИЯИ на заседании был представлен также вице-директорами профессором А.Н.Сисакяном и профессором Ц.Выловым, главным инженером членом-

корреспондентом РАН И.Н.Мешковым, главным ученым секретарем В.М.Жабиджим, почетным директором ЛТФ академиком Д.В.Ширковым, директором ЛНФ профессором В.Л.Аксеновым.

17 мая с ознакомительным визитом ОИЯИ посетил А.Гариб — профессор, директор Научного центра атомных исследований (Тегеран, Иран). Он встретился в дирекции с вице-директором А.Н.Сисакяном, помощником директора П.Н.Боголюбовым, посетил лабораторию Института.

С 15 по 20 июня проходил рабочий визит в Грецию директора ОИЯИ академика В.Г.Кадышевского и вице-директора профессора А.Н.Сисакяна. Во время визита состоялись многочисленные встречи с учеными и руководителями науки Греции. В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян обсудили вопросы сотрудничества с ректором Афинского национального технического университета профессором Т.Ксантопулосом, деканом физического факультета Афинского университета профессором М.Дермитзакисом, директором Института ускорительных и прикладных исследований Афинского университета профессором К.Папаниколасом, заместителем директора Международного Сольвеевского института профессором И.Антониу (координирующим ряд совместных проектов с участием Греции и ОИЯИ), членом ПКК ОИЯИ по физике частиц профессором Н.Джиокарисом, координатором сотрудничества Греция — ЦЕРН профессором М.Флоратосом и др.

Состоялась переписка с генеральным секретарем Греции по науке и технологиям Д.Дениозосом. В.Г.Кадышевский и А.Н.Сисакян рассказали о деятельности ОИЯИ и его сотрудничеству с научными центрами Греции. Профессор Д.Дениозос дал высокую оценку сотрудничеству, в результате встречи достигнута договоренность начать оформление Соглашения о сотрудничестве (ассоциативное членство Греции в ОИЯИ). В.Г.Кадышевский в Афинском университете прочитал лекцию «О стандартной модели на основе геометрических соображений», А.Н.Сисакян — «О научной программе ОИЯИ».

21–22 июня в Дубне состоялось десятое заседание Совета Международной ассоциации академий наук (МАН). Эта международная неправительственная организация была создана в 1993 году с целью объединения усилий национальных академий наук для решения на многосторонней основе важнейших научных проблем, сохранения исторически сложившихся и развития новых творческих связей между учеными. В настоящее время в состав МАН на правах полноправных членов входят национальные академии наук всех стран СНГ, а также Вьетнама. Словацкая академия наук имеет статус наблюдателя. В составе МАН пять ассоциированных членов, в том числе ОИЯИ.

В течение двух дней работы Совета был заслушан доклад президента МАН академика НАН Украины Б.Е.Патона, сообщения руководителей делегаций академий наук и ассоциированных членов о со-

стоянии сферы науки в странах СНГ и актуальных проблемах функционирования академий наук (привлечение и закрепление научной молодежи, опыт интеграции фундаментальной науки и высшего образования, обновление парка научных приборов и оборудования и др). С Объединенным институтом ядерных исследований участники заседания познакомил директор ОИЯИ академик РАН В.Г.Кадышевский. Члены Совета заслушали информацию о принятой в прошлом году на Всемирной конференции по науке в Будапеште Декларации о науке и использовании научных знаний, а также ряд других сообщений.

29 июня директор по исследованиям ЦЕРН профессор Р.Кэшмор, координаторы сотрудничества профессора Дж.Аллаби и Н.Кульберг посетили лабораторию ОИЯИ, где ознакомились с ходом работ по выполнению обязательств ОИЯИ в совместных программах экспериментов ATLAS, CMS, ALICE, COMPASS и др. Пояснения давали вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян, директор ЛЯП Н.А.Русакович, директор ЛФЧ В.Д.Кекелидзе, а также ряд ведущих специалистов Института. Гости отметили высокое качество выполняемых в ОИЯИ работ.

В конце июля состоялся рабочий визит вице-директора ОИЯИ профессора А.Н.Сисакяна в ЦЕРН, во время которого он встретился с генеральным директором ЦЕРН профессором Л.Майяни, а также с директорами по исследованиям профессорами Р.Кэшмором и К.Детразом, координаторами сотрудничества профессорами Дж.Аллаби и Н.Кульбергом, руководителями коллабораций П.Йенни (ATLAS), Ю.Шукрафтом (ALICE), Л.Неменовым (DIRAC) и др. Обсужден широкий спектр вопросов сотрудничества, особое внимание уделено выполнению обязательств ОИЯИ по подготовке совместных экспериментов в ЦЕРН, а также разработке научных программ будущих экспериментов.

В сентябре Объединенный институт посетил первый секретарь посольства Великобритании в РФ (отдел науки, экологии и технологии) С.Эванс. Гость беседовал с членами дирекции Института, посетил Лабораторию ядерных реакций и Лабораторию высоких энергий. Он отметил прочные научные связи ученых ОИЯИ с учеными Великобритании, в первую очередь с Лабораторией Резерфорда.

С 11 по 15 сентября в Брюсселе в здании Европарламента проходила совместная ОИЯИ–ЦЕРН выставка «Наука, сближающая народы». Она продолжила серию выставок, начатую в 1997 г. в Университете г. Осло. На торжественной церемонии открытия присутствовали представители дипломатических миссий, аккредитованных в Бельгии, руководители ОИЯИ и ЦЕРН, научная общественность, сотрудники Европарламента и журналисты.

Участников церемонии приветствовали: председатель Комиссии Европарламента по промышленности, внешней торговле, науке и энергетике К.Вестендорп, генеральный директор Еврокомиссии по исследованиям А.Мицос, генеральный директор ЦЕРН

Л.Майяни, директор ОИЯИ В.Г.Кадышевский, заместитель директора Международного Сольвеевского института И.Антониу. Выступавшие отметили большой вклад ОИЯИ и ЦЕРН в мировую науку и гуманитарную роль этих организаций на поприще мирных научных исследований.

Выставку посетили комиссар по исследованиям ЕС Ф.Бюскен и делегация Государственной Думы России, принимавшая участие в заседании одной из комиссий Европарламента. Лейтмотивом выставки стала мысль о том, что объединение творческих усилий и материальных возможностей ученых разных стран создает важный канал сближения и взаимопонимания между народами.

19 сентября состоялась встреча директора ОИЯИ академика В.Г.Кадышевского и вице-директора профессора А.Н.Сисакяна с ректором МГУ академиком В.А.Садовничим, его советником профессором В.В.Белокуровым и заместителем министра образования, главным ученым секретарем ВАК членом-корреспондентом РАН В.В.Козловым. Обсуждались вопросы сотрудничества в области научных и образовательных программ.

В конце сентября в ЦЕРН под председательством директора по исследованиям профессора Р.Кэшмора состоялось заседание объединенной рабочей группы по сотрудничеству в проекте ЛНС. Рабочая группа рассмотрела состояние сотрудничества ЦЕРН с научными центрами России и Объединенным институтом ядерных исследований, наметила планы на будущий год. От ОИЯИ в работе группы участвовал в качестве постоянного наблюдателя вице-директор профессор А.Н.Сисакян, а также профессор И.А.Голутвин. А.Н.Сисакян встретился и имел беседы с генеральным директором ЦЕРН профессором Л.Майяни, директором по исследованиям профессором Р.Кэшмором, руководителями коллабораций ATLAS и ALICE П.Йенни и Ю.Шукрафтом, координатором по сотрудничеству с Россией Н.Кульбергом, членом Ученого совета ОИЯИ профессором Х.Шоппером и др. Обсуждался широкий круг вопросов сотрудничества.

5 октября Объединенный институт ядерных исследований посетили Чрезвычайный и Полномочный Посол Украины в Российской Федерации Н.П.Белоблоцкий и советник посольства по вопросам науки и техники А.А.Васильев. В программу визита украинских дипломатов вошли встреча с руководителями ОИЯИ и знакомство с некоторыми лабораториями. Гости отметили огромную роль Дубны в развитии фундаментальной и прикладной науки, успешное сотрудничество ученых ОИЯИ и институтов Киева и Харькова.

27–30 октября в ОИЯИ находилась делегация Белгородского государственного университета во главе с ректором профессором Н.В.Камышанченко. Гости осмотрели лаборатории ОИЯИ, посетили УНЦ. В заключение состоялась встреча в дирекции, в которой приняли участие вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян

и директор УНЦ С.П.Иванова. Обсуждались вопросы развития сотрудничества.

8–12 ноября состоялся визит в Республику Армению директора ОИЯИ академика В.Г.Кадышевского и вице-директора профессора А.Н.Сисакяна.

Они в качестве наблюдателей приняли участие в работе Международного временного совета по проекту SESAME, который заседал в Ереване под председательством профессора Х.Шоппера (ЦЕРН). Этот проект планируется реализовать под эгидой ЮНЕСКО в регионах Ближнего Востока и Закавказья. Коллаборация объединяет в качестве участников Армению, Грецию, Израиль, Иран, Палестину, Турцию и другие страны, а в качестве наблюдателей — Германию, Россию, США. Проект рассматривается как научная и миротворческая инициатива, способствующая сближению людей на основе общих научных интересов и исследований. Участники заседания совета были приняты президентом Армении Р.Кочаряном.

В Ереванском государственном университете состоялось заседание научно-технического совета Международного центра перспективных исследований, учредителями которого стали ЕрГУ и ОИЯИ. На заседании обсуждены итоги первого года работы и намечены планы на будущее, на нем выступили ректор ЕрГУ академик Р.Мартirosян, проректор академик Э.Чубарян, исполнительный директор центра Г.Погосян, В.Г.Кадышевский, А.Н.Сисакян и др.

В течение нескольких дней ноября в ОИЯИ по приглашению дирекции Института работал известный американский физик В.Молзон — профессор Калифорнийского университета, споксмен нового большого исследовательского проекта МЕСО, который планируется осуществить на брукхейвенском ускорителе. Он был принят в дирекции Института, выступил с обзорным докладом на семинаре ЛВЭ–ЛФЧ и обсудил с ведущими учеными ОИЯИ вопросы возможного сотрудничества в подготовке этого проекта.

16 ноября в Дубне состоялось заседание комитета по сотрудничеству ЦЕРН–ОИЯИ. Сопредседатели комитета — профессора Д.Аллаби (ЦЕРН) и А.Н.Сисакян (ОИЯИ). Заседание подвело итоги сотрудничества в 2000 г. и наметило планы на 2001 г. В обсуждении приняли участие Х.Гутброд (Франция), Н.Кульберг (ЦЕРН), В.Д.Кекелидзе, А.И.Малахов, И.В.Пузынин, И.Н.Мешков (ОИЯИ) и др.

С 20 по 25 ноября в Румынии с официальным рабочим визитом находилась делегация Объединенного института ядерных исследований, в состав которой входили директор ЛВЭ профессор А.И.Малахова, помощник директора ОИЯИ по экономическим и финансовым вопросам В.В.Катрасев и ученый секретарь ЛВЭ Е.Б.Плеханов. В соответствии с рекомендациями совещания по сотрудничеству ОИЯИ с научными центрами Румынии, проходившего в Дубне в июне 2000 г., целью этого визита было обсуждение с представителями руководства румынской науки даль-

нейших перспектив сотрудничества и повышения его эффективности. Состоялись встречи с руководством Национального агентства науки, технологий и изобретений (NASTI), директором Института космических исследований (ISS) доктором Д.Хасеганом, директором IFIN-НН доктором Г.Матееску, с представителями научной общественности Румынии, а также с послом Российской Федерации в этой стране В.Ф.Кеняйкиным. Президент NASTI доктор Ш.Лани подчеркнул, что Румыния заинтересована в развитии наших отношений по таким направлениям, как научные исследования, образование, исследования в области новых технологий и разработок.

21 ноября на заседании президиума Российской академии наук научный руководитель Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова член-корреспондент РАН Ю.Ц.Оганесян выступил с научным докладом, посвященным синтезу новых элементов. Участники заседания высоко оценили уровень представленных работ, достижения ученых ОИЯИ. В дискуссии по докладу выступили вице-президент, и.о. президента РАН Г.А.Месяц, вице-президенты РАН А.Ф.Андреев, О.М.Нефедов, заместитель главного ученого секретаря РАН Б.Ф.Мясоедов, члены-корреспонденты РАН С.С.Герштейн, Ю.Г.Абов, директор ОИЯИ академик В.Г.Кадышевский и др.

С 27 ноября по 2 декабря 2000 г. проходил официальный визит директора ОИЯИ В.Г. Кадышевского в Японию. В поездке его сопровождал заместитель директора ЛЯП А.С.Курилин. В план визита входило посещение двух крупнейших ядерных центров Японии: Организации по исследованиям в физике высоких энергий (КЕК, г. Цукуба) и Института физических и химических исследований (RIKEN, г. Вако). Следует отметить, что визиту в Японию предшествовала длительная работа по подготовке Генерального соглашения о научном сотрудничестве между ОИЯИ и КЕК. Подписание соглашения такого типа (ранее подобное соглашение было подписано между ЦЕРН и КЕК) требует обязательного согласования в высоких официальных кругах Японии.

27 ноября 2000 г. впервые в практике сотрудничества ОИЯИ — Япония было подписано Генеральное соглашение, открывающее широкие возможности для сотрудничества во всех направлениях исследований ОИЯИ, в первую очередь, в теоретической физике и физике частиц. Соглашение подписали директор КЕК профессор Х.Сугавара и директор ОИЯИ академик В.Г. Кадышевский.

30 ноября директор ОИЯИ академик В.Г.Кадышевский прибыл в Институт физических и химических исследований (RIKEN), где находилась в научной командировке группа сотрудников ОИЯИ, возглавляемая главным инженером Института, членом-корреспондентом РАН И.Н. Мешковым. Состоялась встреча директора ОИЯИ с директорами ла-

боратории пучков радиоактивных ионов RIKEN профессором И.Танихатой, лаборатории физики и техники пучков заряженных частиц профессором Т.Катаямой и лаборатории «Ускорительный комплекс» профессором Я.Яно. Во встрече приняли участие И.Н.Мешков и А.С.Курилин. Обсуждались вопросы, связанные с выполнением совместных работ по договорам, заключенным между указанными выше лабораториями RIKEN и лабораториями ОИЯИ.

1 декабря состоялась встреча директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского, главного инженера ОИЯИ И.Н.Мешкова, заместителя директора ЛЯП Е.М.Сыресеина с президентом RIKEN профессором Ш.Кобаяши. Была достигнута договоренность о заключении между двумя институтами Генерального соглашения, в рамках которого будет продолжено имеющееся сотрудничество и получат развитие его новые направления. Подписание этого соглашения планируется осуществить во время визита профессора Ш.Кобаяши в Дубну в 2001 г.

С 11 по 15 декабря по приглашению департамента по атомной энергии правительства Индии (ДАЭ) состоялся официальный визит в Индию делегации ОИЯИ во главе с вице-директором профессором А.Н.Сисакьяном. В состав делегации входили директор Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова профессор М.Г.Иткис, директор Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова профессор Н.А.Русакович, директор Лаборатории информационных технологий профессор И.В.Пузынин и секретарь делегации, сотрудник ЛИТ М.В.Алтайский.

Делегация была принята председателем комиссии по атомной энергии, секретарем ДАЭ Индии профессором А.Какодкар, одновременно возглавляющим Атомный исследовательский центр им. Х.Баба (BARC). Во встрече участвовали председатель научного совета ДАЭ профессор С.С.Капур, директор Объединений BARC профессор В.С.Сахни, профессор С.К.Сикка и др. Представители ОИЯИ рассказали о деятельности ОИЯИ и намерениях расширить научно-техническое сотрудничество с научными организациями Индии. Обсуждался вопрос о возможном вступлении Индии в число ассоциированных членов ОИЯИ. Профессор А.Какодкар выразил большую заинтересованность ДАЭ в развитии сотрудничества с ОИЯИ в области научных и образовательных программ.

По итогам визита А.Н.Сисакьян и В.С.Сахни подписали Меморандум о направлениях научно-технического сотрудничества между ОИЯИ и BARC/ДАЭ. В Меморандуме указаны двенадцать перспективных направлений совместных работ, включающих создание ускорителей и ускорительных систем в Индии, совместные работы в ОИЯИ и образовательные программы.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2000 г., наиболее крупными были тринадцать.

Седьмая международная конференция «Математика. Компьютер. Образование» состоялась в Дубне 24–29 января. Инициатором конференции стала ассоциация «Женщины в науке и образовании». Тематика конференции включала широкий спектр обсуждаемых проблем: от узкопрофессиональных до философских и гуманитарных. Работали секции: «Компьютеры в науке и образовании», «Вычислительные методы и математическое моделирование», «Математические модели в химии, биологии, экологии, медицине», «Математические модели в экономике», «Экология и радиобиология», «Естественно-научное и гуманитарное образование». В Дубне такая конференция проводилась во второй раз.

С 31 января по 4 февраля в Дубне проходила IV научная конференция молодых ученых и специалистов. Эта конференция была организована Объединением молодых ученых и специалистов ОИЯИ в тесном сотрудничестве с филиалом НИИЯФ МГУ. Около 150 участников из ОИЯИ и других научных центров и вузов представили собственные доклады. В ходе конференции прочитаны лекции: В.М.Жабицким (ОИЯИ), В.В.Кореньковым (ЛВТА), Ю.А.Сапожниковым (МГУ), М.П.Чавлейшвили (ЛТФ), М.В.Фронтасевой (ЛНФ), Е.А.Красавиным (ОРРИ), В.П.Гердтом (ЛВТА), А.А.Тяпкиным (ЛФЧ) и О.Л.Кузнецовым (МУД).

С 6 по 10 июня в Дубне проходила международная конференция «Структура ядра и связанные вопросы», организованная Лабораторией теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова при финансовой поддержке ЮНЕСКО, РФФИ и средствами программы «Гейзенберг–Ландау».

Традиция проведения Объединенным институтом международных конференций и школ по избранным проблемам структуры ядра берет свое начало в 60-х гг. Инициатором этих конференций был выдающийся теоретик, внесший большой вклад в развитие теории структуры ядра, профессор В.Г.Соловьев. Благодаря его усилиям и авторитету дубненские конференции стали популярными и приобрели высокий статус в мировом научном сообществе. Организаторы нынешней конференции посвятили ее памяти профессора В.Г.Соловьева, которому в 2000 г. исполнилось бы 75 лет.

В работе конференции приняли участие более 100 ученых из ОИЯИ, стран-участниц, многих стран Европы, а также из Ирана, США и Японии. Ее программа включала более 50 получасовых докладов, наряду с пленарными были проведены и секционные заседания. Значительная часть докладов посвящалась теоретическим и экспериментальным исследованиям ядер, далеких от линии стабильности. Оживленной

дискуссией были отмечены заседания, на которых обсуждались свойства сверхтяжелых и так называемых гало-ядер.

Международный семинар «40 лет первому пульсирующему реактору ИБР» начался с открытия памятника первому директору ОИЯИ, создателю первого пульсирующего реактора Д.И.Блохинцеву и специального заседания Ученого совета ОИЯИ. Об истории отечественного реакторостроения и создания пульсирующих реакторов в Дубне, о самых ярких научных результатах, полученных на ИБР, а также о новых направлениях исследований, начатых в ОИЯИ, рассказал на открытии семинара профессор В.Л.Аксенов.

Семинар, проходивший с 8 по 10 июня в филиале НИИЯФ МГУ, был организован ЛНФ ОИЯИ при поддержке Миннауки, Минатома и Российской академии наук. Его участниками стали представители научных центров стран-участниц ОИЯИ, почетные гости и видные ученые, работавшие ранее в Дубне.

С 14 по 17 июня в Дубне проходил традиционный 3-й международный семинар «Сегнетоэлектрики-релаксоры», в котором приняли участие около 160 ученых из 12 стран. Обсуждались как экспериментальные результаты исследований сегнетоэлектриков с размытым фазовым переходом (СЭР), так и попытки описать специфические свойства (СЭР) с помощью современных теоретических концепций. В последнее время на кристаллах СЭР нейтронными и рентгеновскими методами, методами оптической и диэлектрической спектроскопии получены принципиальные результаты, позволяющие по-новому подойти к проблеме сегнетоэлектриков-релаксоров и получить ответы на ряд важных вопросов, сформулированных на предыдущих семинарах.

Впервые за долгую историю регулярное рабочее совещание коллаборации ATLAS было проведено за пределами ЦЕРН. Около 350 участников собрались с 21 по 26 июня в Дубне, чтобы обсудить как уже достигнутые при создании детектора результаты, так и возникающие в этом процессе проблемы. Россию и страны-участницы ОИЯИ представляло более 100 человек.

Профессор Н.А.Русакович, руководитель проекта ATLAS в ОИЯИ и один из руководителей оргкомитета совещания, ознакомил участников с программой «Неделя ATLAS» в Дубне. Многочисленные докладчики изложили вопросы физики, которые будут изучаться, рассказали о состоянии различных подсистем детектора, об электронике и системе регистрации информации с детектора. Участники совещания посетили участки изготовления и сборки детекторов ATLAS в ОИЯИ. Один день был посвящен экскурсии в старинный русский город Сергиев Посад.

Закрывая «Неделю ATLAS», руководитель коллаборации профессор П.Йенни выразил мнение, что со-

вещание в Дубне было очень успешным. Он также подчеркнул, что руководство коллаборации ATLAS объявило одной из главных целей в проведении совещания вне ЦЕРН возможность собрать вместе на небольшой территории людей, занятых в различных сферах деятельности внутри ATLAS, и тем самым способствовать увеличению числа человеческих контактов. Эта цель была достигнута благодаря блестящей организации совещания и интересной культурной программе.

В Дубне с 28 по 30 июня проходил международный симпозиум «Физика и детекторы на LHC». Во второй раз столь представительный научный форум собрался в Дубне. Симпозиум прошел под председательством генерального директора ЦЕРН профессора Л.Майани и директора ОИЯИ академика В.Г.Кадышевского. Работу организационного комитета возглавили директор по научным исследованиям ЦЕРН профессор Р.Кэшмор и вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян. В работе симпозиума приняли участие около 250 физиков из ведущих научных центров 25 стран мира. За три дня было заслушано около 45 пленарных докладов.

С докладом «Программа LHC» в первый день работы симпозиума выступил сопредседатель оргкомитета, директор ЦЕРН по научным исследованиям профессор Р.Кэшмор. Он представил полную картину работ по проекту LHC и дал глубокую оценку состояния дел по каждому из создаваемых экспериментов: ATLAS, CMS, ALICE, LHCb. В выступлениях руководителей проектов Л.Эванса, П.Йенни, Т.Вирди, Ю.Шукрафта, Т.Накады был дан всесторонний научно-технический и финансовый анализ проведенных работ и планов на будущее.

Докладчики от коллабораций детально рассмотрели все аспекты создаваемых детекторов, их эффективность при решении наиболее важных физических задач и планов физических исследований. В докладах профессоров Г.Беллеттини, Д.Грина, С.Озаки, К.Менига и Р.Кэшмора была ярко представлена картина проводимых в ЦЕРН, FNAL, RHIC и DESY экспериментов и перспективные планы научных исследований. С интересным докладом «Физика до и после LHC» выступил академик Л.Б.Окунь.

В первый день работы симпозиума была проведена пресс-конференция. На вопросы представителей СМИ ответили директор ОИЯИ академик В.Г.Кадышевский, сопредседатель оргкомитета вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян, профессора Р.Кэшмор, П.Йенни, Н.Кульберг, Т.Накада, Т.Вирди, Ю.Шукрафт, С.Озаки, Г.Беллеттини и В.И.Саврин. Они рассказали журналистам о значении строящегося коллайдера для понимания устройства Вселенной, расширения наших знаний о природе.

Каждые два года европейские страны, Япония, Россия, США, ЦЕРН и ОИЯИ организуют совместную школу по ускорителям, предоставляя возможность физикам-ускорительщикам и инженерам из ка-

ждой страны встретиться с экспертами в этой области. На этот раз с 1 по 14 июля гостей принимала Россия. Местом проведения школы избрали теплоход, плывущий по маршруту Санкт-Петербург — Дубна — Москва по каналам, соединяющим устье Невы с Волгой. В школе приняло участие около 150 слушателей и экспертов из разных стран.

Школа называлась «JAS'2000: высококачественные пучки». Более 20 докладчиков из различных стран обсуждали тему многочисленных эффектов, ограничивающих интенсивность и светимость протонных и электронных пучков как в линейных, так и в кольцевых машинах. Параллельные заседания во второй половине дня проводились по тематике конструкции ускорителей, пространственного заряда и контроля за качеством пучка для линейных ускорителей, что позволило слушателям школы сконцентрироваться на узкоспециальных темах по своему выбору.

Участники имели возможность посетить Санкт-Петербург и Москву, переплыли на теплоходе два больших озера — Ладожское и Онежское, смогли увидеть Валаамский монастырь, знаменитую церковь в Кижях и неповторимый город Ярославль.

С 31 июля по 5 августа в Дубне проходил XXIII Международный коллоквиум по теоретико-групповым методам в физике. Теоретико-групповой коллоквиум представляет собой одну из традиционных серий конференций, посвященных проблемам на пересечении математики и физики, и сконцентрирован на теории групп в самом широком смысле, включая топологические, алгебраические и геометрические методы, которые могут быть использованы при исследовании физических систем. Не стал исключением и коллоквиум в Дубне, охвативший своей тематикой многие разделы физики, в которых теоретико-групповые методы играют важную роль. Наряду с такой традиционной тематикой, как группы Ли и теория представлений, конечномерные симметрии и суперсимметрии, физика частиц, симметрии в молекулярной, атомной и ядерной физике, квантовая и нелинейная оптика и др., в Дубне, в рамках коллоквиума были организованы три мини-симпозиума по квантовым группам и некоммутативной геометрии, интегрируемым системам и методу континуального интегрирования. В работе коллоквиума участвовали более 240 ученых из 36 стран, в том числе из 10 стран-участниц ОИЯИ, было представлено 15 пленарных и около 160 секционных докладов. С обзорными докладами выступили Л.Аккарди (Италия), Р.Аски (США), Ю.Берест (США), А.Бом (США), Л.Бонора (Италия), Х.-Д.Дебнер (Германия), Р.Кернер (Франция), С.Килин (Белоруссия), В.Корепин (США), Т.Мива (Япония), М.Мошинский (Мексика), Д.Роу (Канада), М.Семенов-Тянь-Шанский (Франция и Россия) и И.Тодоров (Болгария) и А.Филиппов (ОИЯИ).

Во второй день работы коллоквиума прошла торжественная церемония вручения Вигнеровской медали за 2000 г. Она была присуждена известному ир-

ландскому ученому профессору Л.Рафферти за «теорему о спектрах масс в релятивистских теориях и пионерский вклад в физику частиц».

На последнем пленарном заседании с большим интересом участники коллоквиума прослушали лекцию члена-корреспондента РАН Ю.Ц.Оганесяна о работах, проводимых в ЛЯР ОИЯИ по синтезу сверхтяжелых элементов, и, в частности, недавнем открытии 116-го элемента таблицы Д.И.Менделеева.

Проведение столь представительного форума было бы невозможным без поддержки IUPAP, INTAS, ЮНЕСКО, РФФИ, средствами программ «Гейзенбер–Ландау» и «Боголюбов–Инфельд».

С 20 августа по 1 сентября в Карамуло (Португалия) проходила Европейская (ОИЯИ–ЦЕРН) школа по физике высоких энергий. В школе приняла участие представительная делегация из ОИЯИ (более 20 человек) и стран-участниц Института. Среди лекторов школы были вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян, познакомивший участников школы с научной программой Института, и профессор Д.И.Казаков (ЛТФ ОИЯИ), который прочел курс лекций «За пределами стандартной модели». В ходе работы школы было отмечено тридцатилетие проведения совместных школ ОИЯИ–ЦЕРН. Первая такая школа проходила в 1970 г. в Лома Коли (Финляндия).

6–9 сентября в Дубне проходила международная конференция «Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии, эволюции», организованная ОИЯИ, РАН, РАМН, НАН Украины. Конференция была посвящена 100-летию со дня рождения выдающегося ученого-генетика Н.В.Тимофеева-Ресовского (1900–1981). 7 сентября состоялся круглый стол (мемориальная секция) под председательством академика В.А.Яблокова. На нем выступили участники конференции, близко знавшие Н.В.Тимофеева-Ресовского: Ц.М.Авакян, Д.Гантен, Н.А.Ляпунова, М.А.Реформатская, А.Н.Тюрюканов, П.Д.Усманов, А.В.Яблоков и др.

XV международный семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» проходил в Дубне 25–29 сентября. Главная проблема, стоящая перед релятивистской ядерной физикой, — исследование свойств высоковозбужденных состояний ядерной материи, поведение ядерной материи на малых расстояниях — выросла в масштабную проблему изучения

релятивистских многочастичных систем. Дальнейшие эксперименты в этой области имеют прямое отношение, возможно, к самой перспективной проблеме физики сильных взаимодействий — квантовой хромодинамике больших расстояний и проблеме удержания кварков.

На семинаре сделан 131 доклад, в том числе представлены доклады о первых результатах экспериментов на выведенном пучке из ускорителя сверхпроводящего типа — нуклотрона. Впервые доложены и результаты, полученные на только что запущенном коллайдере тяжелых ионов RHIC в США. Кроме сотрудников ОИЯИ, в семинаре принимали участие специалисты из Армении, Болгарии, Бразилии, Германии, Грузии, Ирана, Монголии, Польши, России, Словакии, США, Тайваня, Узбекистана, Франции, Чехии, Югославии.

27 октября в ОИЯИ состоялся Мемориальный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения выдающегося ученого, физика-экспериментатора, члена-корреспондента РАН, организатора и первого директора Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, основателя и почетного гражданина города Дубны Михаила Григорьевича Мещерякова. Семинар открыл директор Лаборатории информационных технологий И.В. Пузынин. Директор ОИЯИ академик В.Г.Кадышевский в своем выступлении отметил научные заслуги М.Г.Мещерякова и подчеркнул, что Михаил Григорьевич является прародителем Института. Своими впечатлениями от встреч с этим замечательным человеком поделились коллеги, ученики, друзья и родственники ученого. От администрации города выступил О.Г.Успенский.

На семинаре была представлена книга-сборник «Михаил Григорьевич Мещеряков», которая содержит публичные выступления, мемуарные заметки и письма М. Г. Мещерякова, а также воспоминания сотрудников, работавших с ним много лет. Среди них: В.П.Джелепов, Д.В.Ширков, Г.Д.Столетов, В.П.Зрелов, В.П.Дмитриевский, Л.С.Ажгирей, А.Н.Сисакян, Р.Позе, Е.П.Жидков, В.М.Цупко-Ситников и многие другие. В рамках семинара состоялось торжественное открытие фотовыставки Ю.А.Туманова, посвященной Михаилу Григорьевичу Мещерякову. На фотографиях запечатлены мгновения разных периодов жизни этого незаурядного человека.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2000 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 224 международных конференциях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на 34-й Зимней школе ПИЯФ (Россия, Репи-

но), 16-й Международной конференции по задачам нескольких частиц в физике (Тайвань, Тайбэй), европейской конференции «КХД и адронные взаимодействия при высоких энергиях» (Франция, Лез-Арк), международном совещании «Синтез сверхтяжелых

ядер» (Италия, Мессина), 5-й международной конференции по пучкам радиоактивных ядер (Франция, Дивон), международной конференции «Гало-2000» (Бельгия, Брюссель), 7-м Международном семинаре по исследованию конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов (Польша, Познань), XI Международном семинаре по физике высоких энергий (Россия, Пушкино), Международном совещании по динамике деления атомных кластеров и ядер (Португалия, Лусо), международной конференции «Структура ядра в начале XXI столетия» (Италия, Болонья), III международном симпозиуме «Ионная имплантация и другие применения ионов и электронов» (Польша, Казимеж Дольны), Совещании по технологии мишеней и ионных источников (Франция, Кан), 50-м Международном совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Россия, С.-Петербург), международном совещании «Поляризованные нейтроны в исследованиях твердого тела» (Россия, Гатчина), 9-м международном коллоквиуме «Квантовые группы и интегрируемые системы» (Чехия, Прага), 7-й Европейской конференции по ускорителям частиц (Австрия, Вена), 7-й Международной конференции по ядро-ядронным столкновениям (Франция, Страсбург), 7-м межгосударственном семинаре «Плазменная электроника и новые методы ускорения» (Украина, Харьков), международной конференции «Суперсимметрия и квантовая теория поля» (Украина, Харьков), XXX Международной конференции по физике высоких энергий (Япония, Осака), 8-й Летней школе по рассеянию нейтронов (Швейцария, Цуоц), 20-й Международной конференции по ядерным трекам в твердых телах (Словения, Портороз),

5-й Конференции по ядерной химии и радиохимии (Швейцария, Понтрезина), международной конференции «Резонансы в задачах нескольких тел» (Венгрия, Шарошпатак), 5-м Международном симпозиуме и выставке, посвященных проблемам загрязнения окружающей среды в Центральной и Восточной Европе (Чехия, Прага), Международной конференции по компьютерингу в физике ускорителей (Германия, Дармштадт), XVII Европейской конференции по физике нескольких тел (Португалия, Эвора), всероссийской конференции «Научный сервис в сети Интернет» (Россия, Новороссийск), Школе ЦЕРН по компьютерингу-2000 (Греция, Марафон), 2-й Европейской конференции по атомной физике на ускорителях: масс-спектрометрия (Франция, Каржез), конференции НАТО «Динамические симметрии интегрируемых квантовых теорий поля и решетчатых моделей» (Украина, Киев), 15-м Совещании по физике деления (Россия, Обнинск), международной конференции «Структура адронов-2000» (Словакия, Стара Лесна), 3-й международной конференции «Компьютерная алгебра и научные вычисления» (Узбекистан, Самарканд), Всероссийской конференции по ускорителям заряженных частиц (Россия, Протвино), 14-м Международном симпозиуме по спиновой физике (Япония, Осака), международной конференции «Современные проблемы ядерной медицины и радиофармацевтики» (Россия, Обнинск), 15-м совещании международной коллаборации «Передовые нейтронные источники» (Япония, Цукуба), международной конференции «Проблемы радиационной генетики на рубеже веков» (Россия, Москва), III Российской конференции по радиохимии (Россия, С.-Петербург).

**Справка о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований в 1965–2000 гг.**

	1965	1975	1985	1990	1995	1999	2000
1. Количество командировок в ОИЯИ специалистов из стран-участниц (без учета приездов на совещания)	203	1026	1469	1050	299	361	425
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	474	600	778	682	692	682
3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	42	49	44	52	45	54
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-участниц	69	131	119	437	1451	1830	1946
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	27	226	144	563	1036	639	990
6. Количество стипендиатов		11	3	16	28	20	17

**Перечень научных и научно-организационных совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 2000 г.**

№	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	87-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	13–15 января	106
2.	XXII Рабочее совещание по экспериментам на нейтринном детекторе ИФВЭ–ОИЯИ и эксперименту NOMAD	Дубна	19–21 января	30
3.	Седьмая международная конференция «Математика, компьютер, образование»	Дубна	24–29 января	220
4.	IV Научная конференция молодых ученых и специалистов	Дубна	31 января – 4 февраля	130
5.	X Совещание Координационного комитета по выполнению соглашения между ВМБФ и ОИЯИ о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ	Дубна	7–9 февраля	15
6.	Школа по современной нейтронографии (школа филиала МГУ, межфакультетского центра МГУ «Строение вещества и новые материалы» и ЛНФ ОИЯИ)	Дубна	7 февраля – 4 марта	55
7.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	17–19 февраля	64
8.	Заседание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	16–18 марта	101
9.	Рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	3–28 апреля	40
10.	V Международное совещание «Физика тяжелых кварков»	Дубна	6–8 апреля	50
11.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	7–8 апреля	70
12.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	10–12 апреля	40
13.	Научный семинар, посвященный памяти В.П.Джелепова	Дубна	12 апреля	80
14.	Сессия Программно-консультативного комитета по конденсированным средам	Дубна	14–15 апреля	69
15.	Совещание коллаборации SAD по исследовательской программе	Дубна	27–29 апреля	40
16.	Международное рабочее совещание «Изучение структуры экзотических ядер в релятивистских пучках методом ядерных фотоэмульсий»	Дубна	16–18 мая	40
17.	VIII Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами	Дубна	17–20 мая	100
18.	Рабочее совещание по проблемам динамики слияния атомных ядер в экстремальных условиях	Дубна	25–27 мая	40
19.	Международная школа-семинар «Новые направления в физике высоких энергий»	Украина, Мисхор	27 мая – 4 июня	45
20.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	30 мая – 2 июня	45
21.	2-е Международное рабочее совещание по системам сбора данных в экспериментах на нейтронных источниках (DANEFF'2000)	Дубна	5–7 июня	70

№	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
22.	Международная конференция «Структура ядра и связанные вопросы»	Дубна	6–10 июня	120
23.	Заседание контрольной комиссии Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	6–11 июня	16
24.	Международный семинар «40 лет первому пульсирующему реактору ИБР»	Дубна	8–10 июня	120
25.	88-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	8–9 июня	111
26.	Школа молодых ученых	Дубна	9–11 июня	103
27.	5-е рабочее совещание коллаборации CMS по разработке программы исследований с тяжелыми ионами	Россия, Гатчина	11–14 июня	65
28.	III Международный семинар по сегнетоэлектрикам-релаксорам	Дубна	14–17 июня	159
29.	Рабочее совещание коллаборации ATLAS	Дубна	21–26 июня	350
30.	Международное рабочее совещание «Физика больших множественностей»	Дубна	26–27 июня	50
31.	Рабочее совещание «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ»	Словакия, Стара Лесна	26 июня – 1 июля	60
32.	Международный симпозиум «Физика и детекторы на LHC»	Дубна	28–30 июня	220
33.	Объединенная школа ОИЯИ, России, США, ЦЕРН и Японии по ускорителям (JAS'2000)	С.-Петербург-Дубна (на теплоходе); Дубна	1–14 июля	158
34.	Рабочее совещание «Аналитические вычисления для современных и будущих коллайдеров»	Дубна	10–23 июля	65
35.	Международное рабочее совещание «Нейтрино и физика за пределами стандартной модели»	Дубна	19–22 июля	60
36.	Международная конференция «Симметрия и спин»	Чешская Республика, Прага	17–22 июля	90
37.	Международная конференция «Актуальные проблемы вычислительной физики»	Дубна	24–29 июля	100
38.	XXIII Международный коллоквиум по теоретико-групповым методам в физике	Дубна	31 июля – 5 августа	260
39.	VIII Европейская школа по физике высоких энергий (школа ЦЕРН–ОИЯИ)	Португалия, Карамуло	20 августа – 2 сентября	120
40.	Первая школа-семинар Монголии и ОИЯИ «Прикладные аспекты ядерной физики»	Монголия, Улан-Батор	20 августа – 2 сентября	70
41.	Международное рабочее совещание «Актуальные проблемы астрофизики»	Дубна	22–26 августа	58
42.	Рабочее совещание «Квантовая гравитация и суперструны»	Дубна	28 августа – 3 сентября	40
43.	Международная конференция «Современные проблемы радиобиологии, радиозологии и эволюции»	Дубна	6–9 сентября	188

№	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
44.	III Рабочее совещание «Интернет–Россия» («Интернет–Россия-2000»)	Дубна	19–22 сентября	100
45.	XV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий	Дубна	25–29 сентября	150
46.	Рабочее совещание «Измерение содержания природных и техногенных радионуклидов и тяжелых металлов в окружающей среде»	Дубна	3–6 октября	100
47.	Рабочее совещание коллаборации COMPASS	Дубна	10–15 октября	100
48.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	19–20 октября	63
49.	Мемориальный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения М.Г. Мещерякова	Дубна	27 октября	150
50.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	10–11 ноября	59
51.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	16–18 ноября	100
52.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	20–22 ноября	60
53.	Конференция «Физическая программа для детектора CMS»	Россия, Москва	22–24 ноября	80
54.	Семинар в честь 70-летия профессора И.А.Савина	Дубна	7 декабря	60



Дубна, 8 июня. Открытие памятника Д.И.Блохинцеву — первому директору ОИЯИ



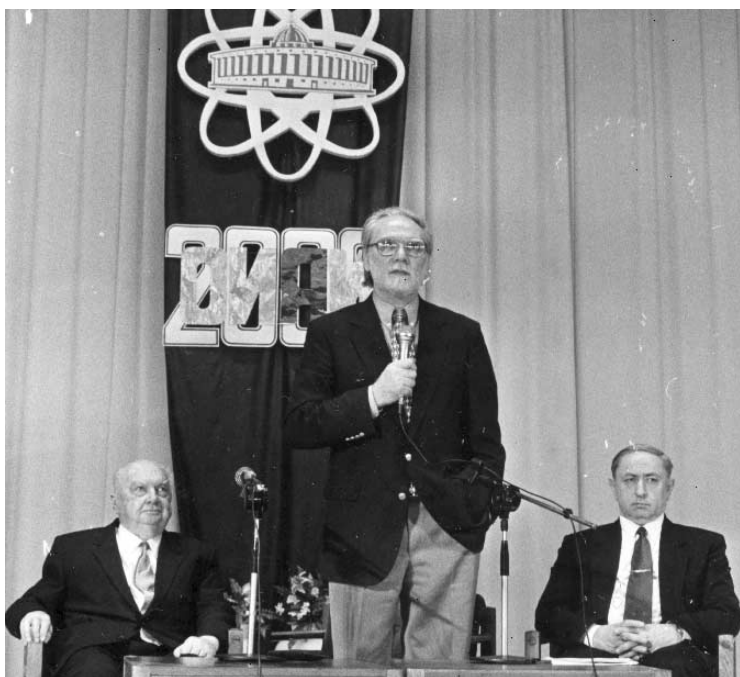
Дубна, 13–14 января.
87-я сессия Ученого совета ОИЯИ.
Заседание круглого стола
«Научно-техническое сотрудничество
ОИЯИ с институтами, университетами
и предприятиями РФ»

Дубна, 17–18 марта. Участники очередной сессии Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ в Лаборатории высоких энергий





Дубна, 8 февраля. Десятое заседание координационного комитета по выполнению Соглашения между ОИЯИ и ВМБФ (Германия) о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ



Дубна, 26 марта. Выступление директора Института В.Г.Кадышевского на торжественном собрании по случаю Дня основания Объединенного института ядерных исследований

Саров, 1 февраля. Рабочий визит вице-директора ОИЯИ А.Н.Сисакяна (третий справа) и и.о. директора ЛНФ В.Л.Аксенова (первый справа) во Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики





Дубна, 29 марта. Визит в ОИЯИ Чрезвычайного и Полномочного Посла Румынии в РФ доктора И.Дьякону (третий слева)



Дубна, 19 октября. На заседании Финансового комитета ОИЯИ

Дубна, 16 мая. Участники VIII Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами





Дубна, 21–22 июня.
Заседание Совета Международной
ассоциации академий наук (МААН)

Дубна, 17 марта.
Открытие польской фотовыставки
«Польша на Балтийском побережье»
в Доме ученых ОИЯИ

Дубна, 8 июня. Международный семинар
«40 лет первому пульсирующему
реактору ИБР»





Дубна, 21 июня. Участники международной конференции «ATLAS Week»



Дубна, 28–30 июня. Международный симпозиум «Физика и детекторы на LHC»

Санкт-Петербург — Дубна, 1–14 июля.
Слушатели международной школы «Физика и техника ускорителей заряженных частиц (JAS'2000)» на о. Кизи





Дубна, 7 сентября. Выступление директора ОИЯИ академика В.Г.Кадышевского на встрече с участниками семинара «Наукограды России»

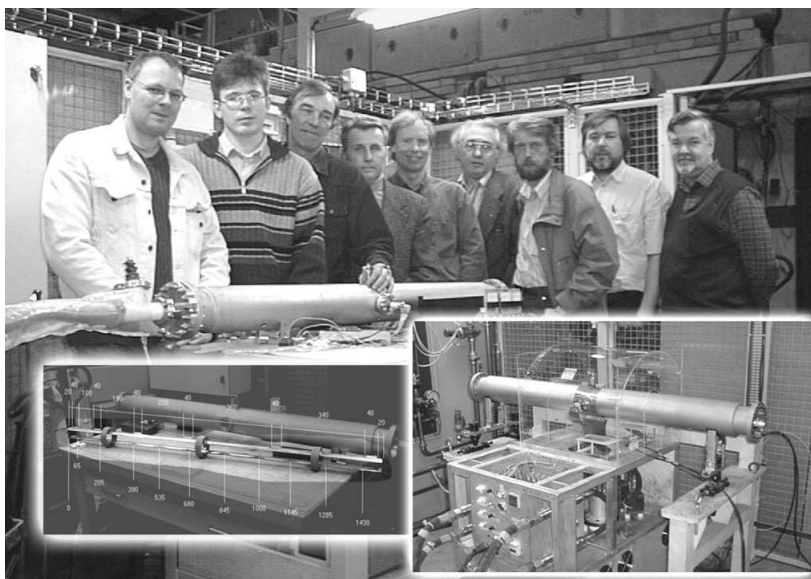


Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова. Визит в ОИЯИ нового Полномочного Представителя Республики Казахстан профессора К.К.Кадыржанова (второй слева)

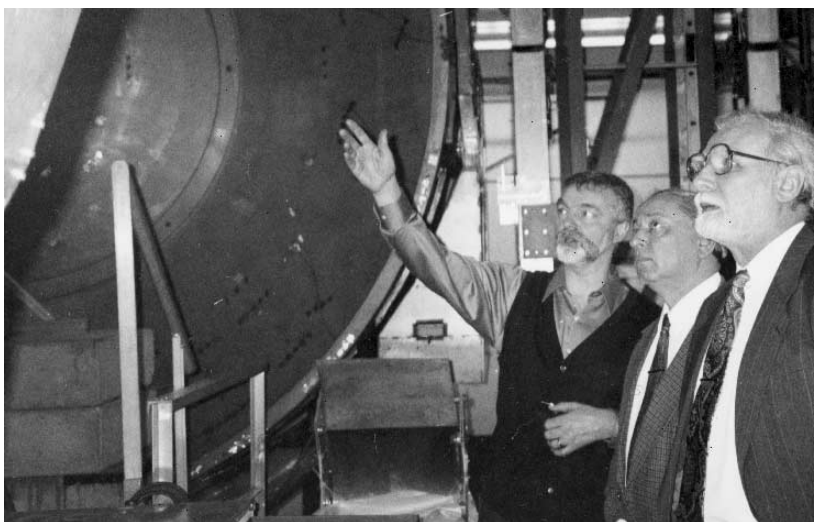


Дубна, 5 октября.
Встреча Чрезвычайного
и Полномочного Посла Украины
в РФ Н.П.Белоблоцкого (первый
слева) с сотрудниками ОИЯИ
из Украины во время визита в Дубну

ЦЕРН, апрель. Участники проекта «LHC Dampers» (ОИЯИ-ЦЕРН) после завершения испытаний модели



Национальная ускорительная лаборатория им. Э.Ферми (США). Визит директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского и вице-директора А.Н.Сисакяна. Пояснения относительно экспериментальной установки D0 дает руководитель коллаборации Х.Виртс (первый слева)



Женева, ЦЕРН. Делегация ОИЯИ во главе с вице-директором Института А.Н.Сисакяном (второй слева) в шахте LHC, на месте будущего спектрометра ATLAS





Цукуба (Япония), 27 ноября. Подписание Генерального соглашения о научном сотрудничестве ОИЯИ–КЕК.
На снимке (в центре): директор КЕК профессор Х.Сугавара и директор ОИЯИ академик В.Г.Кадышевский



Карамуло (Португалия), август.
Группа участников Европейской (ОИЯИ–ЦЕРН)
школы по физике высоких энергий 2000 года



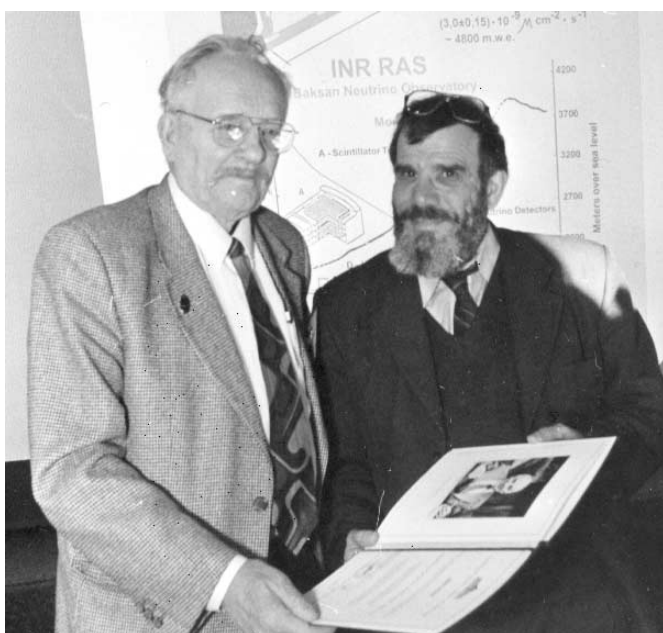
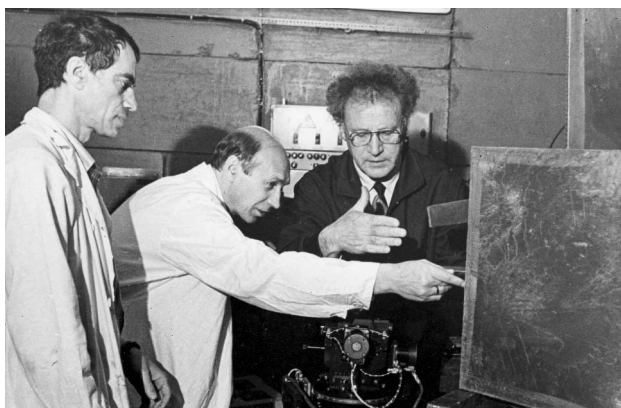
Брюссель, 11–15 сентября. Совместная ОИЯИ–ЦЕРН постерная выставка «Наука, сближающая народы» в здании Европарламента



Дубна, 22 ноября. Члены Программно-консультативного комитета ОИЯИ по ядерной физике

Дубна, 11–15 октября. Участники Международного рабочего совещания коллаборации COMPASS





Лауреаты Государственной премии РФ 2000 года в области науки и техники: Ю.М.Останевич (посмертно), А.М.Балагуров, В.Л.Аксенов (ОИЯИ), В.А.Трунов (ПИЯФ), В.В.Нитц (ОИЯИ)

Почетный директор Лаборатории теоретической физики имени Н.Н.Боголюбова академик Д.В.Ширков вручает В.Н.Гаврину (ИЯИ РАН, Москва) премию имени Б.М.Понтекорво за 2000 год

Лауреаты премии имени Л.Майтнер Европейского физического общества по ядерной физике Г.Мюнценберг (Германия), Ю.Ц.Оганесян (ОИЯИ), П.Армбрустер (Германия)



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

В 2000 г. в Лаборатории теоретической физики были продолжены исследования по трем темам первого приоритета — «Поля и частицы», «Теория ядер-

ных и других конечных систем», «Теория конденсированных сред», утвержденным на 85-й сессии Ученого совета ОИЯИ.

ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

Тема «Поля и частицы» включала широкий круг исследований проблем квантовой теории поля и физики частиц. Основная активность была сконцентрирована на следующих направлениях:

- квантовые симметрии, суперсимметрии и интегрируемые модели с применениями к струнам, гравитации и космологии;
- непертурбативные подходы в квантовой теории поля;
- стандартная модель и ее расширения;
- КХД: спиновые эффекты, правила сумм и структура вакуума;
- низкоэнергетические кварковые модели и спектроскопия адронов.

Интегрируемые модели продолжают играть существенную роль в теории струн и M -теориях, в калибровочных теориях и квантовой гравитации. Установлено происхождение построенных ранее бозонных и фермионных решений уравнений симметрий, соответствующих двумерным бозонной и $N = (2|2)$ суперсимметричной решеткам Тоды, и получена алгебра соответствующих симметрий. Предложена двумерная $N = (0|2)$ суперсимметричная решеточная иерархия Тоды и обсуждена ее $N = (0|2)$ суперполевая формулировка. Построены бозонные и фермионные решения уравнения симметрии, соответствующего $N = (0|2)$ суперсимметричному решеточному уравнению Тоды, и их алгебра. Обсужден бесконеч-

ный класс новых двумерных суперсимметричных иерархий тодовского типа [1].

Получено универсальное функциональное уравнение для собственных значений спектральных инвариантов широкого класса дискретных трехмерных спиновых моделей, ассоциированных с вейлевской алгеброй в корне из единицы. В наиболее простых случаях это уравнение эквивалентно бакстеровскому уравнению $T - Q$, в то время как в общем случае оно эквивалентно всей цепочке уравнений «вложенного бете-анзаца», и таким образом существенно упрощает таковую [2].

До сих пор **суперсимметрия** остается одной из наиболее привлекательных идей в теории элементарных частиц. Предложен новый метод вывода динамических уравнений суперструн и бран исходя из нелинейных реализаций суперсимметрии. В частности, получены суперполевые уравнения, описывающие динамику «пространство-заполняющих» дирихлебран в размерностях 3 и 4. Обнаружено новое полиномиальное представление для уравнений теории Борна-Инфельда [3].

Построена наиболее полная формулировка конформной $N = (4, 4)$, $2D$ -супергравитации в рамках гармонического суперпространства. Такую формулировку важно знать для построения суперструн с $N = (4, 4)$ суперсимметрией на мировом листе [4].

Динамика спиновой $N = 4$ частицы на искривленном фоне описана в рамках суперполевого фор-

мализма. Обнаружено, что среди допустимых многообразий содержатся пространства анти-де Ситтера [5].

Важную роль в непертурбативной динамике струн играют некоммутативные калибровочные теории. Изучена динамика возбуждений вдоль вакуума бран, реализованного некоммутативными решениями. Эти возбуждения описываются нелинейной сигма-моделью, для которой в пределе малой некоммутативности найдены классические решения и статистическое поведение [6].

На основе решения обратной задачи приведения полиномиальных гамильтонианов к нормальной форме сформулирован метод построения класса интегрируемых моделей с использованием пакета программ компьютерной алгебры REDUCE [7].

Проблемы **квантовой гравитации** привлекают все большее внимание теоретиков. Предложен новый метод описания квантово-полевых эффектов вблизи вращающихся черных дыр и в более общем случае на любом стационарном пространственно-временном фоне. Идея метода состоит в том, чтобы перейти к эквивалентной задаче на статическом фоне, но при наличии дополнительной калибровочной связности, которая обусловлена вращением. Такой переход от стационарной задачи к статической напоминает подход Калузы–Клейна. Новый метод имеет ряд важных приложений. Например, он позволяет получить тепловую часть тензора энергии–импульса квантовых полей вблизи горизонта черной дыры Керра–Ньюмана. Аналогичное вычисление другими методами чрезвычайно затруднено из-за сложности соответствующей геометрии [8].

Разработана эффективная техника построения спектральных дзета-функций для квантово-полевых систем с нетривиальными граничными условиями, имеющими сферическую или цилиндрическую симметрию. Используются контурное интегрирование в комплексной плоскости частот, равномерные асимптотические разложения и теоремы сложения для функций Бесселя. В рамках этого формализма предложена перенормировочная процедура, однозначно приводящая к конечному значению вакуумной энергии в рассматриваемых задачах [9].

Развит метод репараметризационно-инвариантного описания релятивистских струн, основанный на явном решении связей. Метод приводит к новому континуальному представлению для каузальных функций Грина и дает новую алгебру локальных связей [10].

Решеточные расчеты остаются наиболее мощным непертурбативным методом в КХД и других калибровочных теориях. Было исследовано влияние мод с нулевым импульсом (ZMM) на калибровочно-зависимые фермионные корреляторы в калибровочных теориях на решетке. Показано, что стандартная

процедура фиксации калибровки (Лоренца) поражена калибровочными копиями с ZMM. Предложенная ранее процедура фиксации калибровки (Лоренца), использующая непериодические калибровочные преобразования для подавления ZMM, позволяет достичь абсолютного максимума функционала, фиксирующего калибровку. В этом случае удается корректным образом извлечь массу фермиона, по крайней мере в случае значений «параметра перескока» κ , не слишком близкого к линии кирального перехода $\kappa_c(\beta)$ [11].

Построена **аналитическая теория возмущений** (АТВ), связывающая между собой ренорминвариантные эффективные функции связи $\tilde{\alpha}(s)$ и $\alpha_{\text{ан}}(Q^2)$, а также нестепенные разложения теории возмущений для наблюдаемых в минковской (т.е. времениподобной) и евклидовой областях, свободные от нефизических сингулярностей и отличающиеся улучшенной сходимостью в инфракрасной области. Основным средством является «двойное спектральное представление» (подобное представлению для функции Адлера), вытекающее из первых аксиом локальной КТП. Проведено «глобальное» обобщение новой схемы АТВ на случай реальной КХД, включающий области с различным числом активных кварков. Исследованы эффект π^2 -членов в разложениях АТВ для эффективной функции связи КХД $\tilde{\alpha}(s)$ и наблюдаемых в s -канале и его влияние на численные значения $\tilde{\alpha}(s)$, извлекаемые из экспериментов. Важный результат состоит в том, что двухпетлевое приближение, используемое в пятикварковой ($\sqrt{s} \gtrsim 10$ ГэВ) области для анализа формы распределений наблюдаемых, содержит систематическую отрицательную « π^2 -ошибку», занижающую $\bar{\alpha}_s^{(2)}$ на 1–2 %. В итоге учета π^2 -членов в известных данных по области $f = 5$ получено усредненное значение $\langle \bar{\alpha}_s(M_Z^2) \rangle_{f=5} \cong 0,124$, заметно отличающееся от «мирового среднего» (0,118) [12].

Аналитическая теория возмущений применена для описания инклюзивного распада τ -лептона. Метод дает не только самосогласованное описание процесса во времениподобной области с использованием исходного выражения для R_τ , но и в пространственноподобной области с применением аналитических свойств адронного коррелятора. Показано, что теоретические неопределенности, связанные с неизвестным вкладом высших петель и зависимостью от выбора схемы перенормировки, существенным образом снижаются [13].

Продолжалось исследование **минимальной суперсимметричной стандартной модели (МССМ)**. Изучено мягкое нарушение суперсимметрии в суперполевым формализме. Показано, что это приводит к

появлению мягких масс у вспомогательных полей, которые входят в уравнения ренормгруппы для масс скалярных суперпартнеров. Получены явные решения для масс нефизических частиц вплоть до трехпетлевого приближения в общем случае и в МССМ. Обсуждается произвол в выборе начальных условий [14].

Исследована роль высших поправок к распаду $b \rightarrow s\gamma$ в МССМ. Показано, что учет этих поправок позволяет значительно расширить разрешенную область пространства параметров. Найдены границы возможных значений масс хиггсовского бозона в МССМ $m_h = 115 \pm 3$ (масса стопа) $\pm 1,5$ (смешивание стопа) ± 2 (теория) ± 5 (масса топа) ГэВ. Эти ограничения справедливы для всех значений $\tan\beta$ больше 20. Значения $\tan\beta$ меньше 3,3 исключены прямым наблюдением хиггсовского бозона на LEP [15].

Исследования по КХД были направлены на теоретическое описание новых, более тонких свойств адронных процессов. С помощью предварительных данных DELPHI по измерению лево-правой асимметрии при фрагментации поперечно-поляризованного кварка и теоретических расчетов распределения поперечного спина кварков в киральной кварк-солитонной модели получено объяснение азимутальных асимметрий в полуинклюзивном рождении пионов в ГНР на продольно (HERMES) и поперечно (SMC) поляризованных мишенях без использования каких-либо подгоночных параметров. Основываясь на этом, можно заключить, что измерение распределения поперечного спина кварков вполне можно проводить и на продольно-поляризованной мишени одновременно с измерением распределения спина глюонов $Dg(x)$, например в эксперименте COMPASS [16].

Проанализирован ряд жестких эксклюзивных процессов (переход $\pi\gamma^*\gamma$, электромагнитные формфакторы пиона и нуклона) с аналитическим продолжением из пространственно-во времениподобную область. Показано, что для жестких пертурбативных вкладов КХД в адронные формфакторы не возникает усиливающего K -фактора. Для мягкой же части в модели, связанной с правилами сумм КХД, возникают несократимые судаковские дваждылогарифмы, приводящие к K -факторному усилению во времениподобной области. Такое усиление согласуется с экспериментом, что свидетельствует о доминировании мягкого механизма при современных энергиях [17].

Исследованы вклады твиста 3 в глубоко виртуальное комптоновское рассеяние. Получены явно калибровочно-инвариантные амплитуды в порядке $1/Q$ и рассчитаны их вклады в спиновые асимметрии. Этот результат в дальнейшем был развит в работах других авторов (Поляков, Белицкий, Радюшкин) и может оказаться важным при одновременном описа-

нии спиновых асимметрий, полученных коллаборациями HERMES и CLAS/E1 [18].

Дан обзор **физики процессов на фотон-фотонных коллайдерах**. Главное внимание уделено нелинейным эффектам в процессах комптоновского рассеяния назад циркулярно поляризованного лазерного пучка на высокоэнергетических продольно-поляризованных электронах. Получено выражение для светимости и поляризиционных характеристик. Рассмотрены калибрующие процессы. Кратко обсуждена физическая программа фотонных коллайдеров [19].

В третьем порядке теории возмущений КХД (NNLO) проведен анализ экспериментальных данных коллаборации CCFR (FNAL) по структурной функции xF_3 . Показано, что амплитуда x -зависимости твиста 4 уменьшается во втором и третьем порядках КХД, хотя в пределах статистических неопределенностей сохраняется некоторая зависимость этого вклада от x . Для константы сильного взаимодействия в NNLO-приближении при использовании для вклада твиста 4 приближения инфракрасного ренормалона получено значение $\alpha_s(M_Z) = 0,118 \pm 0,002$ (стат.) $\pm 0,005$ (сист.) $\pm 0,003$ (теор.) и $\alpha_s(M_Z) = 0,121^{+0,007}_{-0,010}$ (стат.) $\pm 0,005$ (сист.) $\pm 0,003$ (теор.) при модельно-независимом определении вклада твиста 4 [20].

Феноменологический подход в физике частиц комбинирует строгие результаты с дополнительными теоретическими идеями и экспериментальными фактами.

Исследование процессов с очень большой множественностью, когда множественность гораздо больше своего среднего значения и практически вся энергия сталкивающихся частиц «тратится» на образование масс рожденных частиц, открывает новую область физики адронов, в которой неприменимы обычные представления. Сформулирована феноменология таких процессов на базе формальной классификации асимптотик по множественности. Интерпретация асимптотических классов в рамках КХД позволяет утверждать, что в области асимптотически больших множественностей процесс рождения становится центральным (жестким). Найдена статистическая интерпретация процессов множественного рождения и найден экспериментально наблюдаемый критерий, сходный с критерием Н.Н.Боголюбова об ослаблении корреляций при приближении системы к равновесию, когда эта интерпретация приемлема. Показано, что каноническая теория возмущений КХД неспособна полностью описать процессы, в которых неупругость близка к единице и энергии всех рожденных частиц относительно малы. Для этого создана принципиально новая теория возмущений для теории Янга-Миллса. В результате это позволяет получить ряд экспериментально наблюдаемых предсказаний [21].

В киральной $U(3) \times U(3)$ кварковой модели, учитывающей радиальные возбуждения кваркониев, показано, что экспериментально наблюдаемые скалярные мезонные состояния в интервале энергий от 0,4 до 1,7 ГэВ могут быть интерпретированы как члены двух скалярных мезонных нонетов: основного и радиально-возбужденного, а также глюбол ($f_3(1500)$). В $U(3) \times U(3)$ кварковой модели без радиально-возбужденных кваркониев глюбол введен в эффективный мезонный лагранжиан с использованием дилатонной модели. Описаны массы и основные моды сильных распадов скалярных мезонов [22].

Показано, что абсолютная нормировка асимптотики пионного формфактора, предсказанная КХД, выражается в терминах фундаментального вакуумного параметра КХД — нелокального кваркового конденсата [23].

ТЕОРИЯ ЯДРА И ДРУГИХ КОНЕЧНЫХ СИСТЕМ

Исследования по теме «Теория ядра и других конечных систем» в 2000 г. проводились в рамках четырех проектов:

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

Следующие главные результаты были получены в области **теории структуры ядра**. Впервые в рамках микроскопической модели проведено систематическое исследование ангармоничности двойного гигантского дипольного резонанса (ДГДР) в ядрах из широкой области массовых чисел. Выявлено, что поправки к гармоническим значениям центроидов энергий компонент ДГДР с $J^\pi = 0^+$ и 2^+ отрицательны, по абсолютной величине составляют несколько сотен кэВ и обратно пропорциональны массовому числу [26].

Самосогласованное приближение случайной фазы (СПСФ) для конечных ферми-систем обобщено на ненулевые температуры, используя формализм термополевой динамики. Учтена связь уравнений теплового приближения Хартри–Фока с уравнениями движения для коллективных переменных, возникающая из-за наличия некоторого количества тепловых квазичастиц в тепловом фононном вакууме. Согласованным образом вычислялись и тепловые числа заполнения для хартри-фововских квазичастиц. Численные расчеты на примере двухуровневой модели Липкина, для которой известно точное решение, по-

казали, что в рамках теплового СПСФ тепловое поведение системы описывается с хорошей точностью при любой температуре, даже если поле Хартри–Фока фиксировано в «сферической» фазе [27].

Экспериментально обнаружено, что изомерное отношение (IR) для ядер ^{137}Ba и ^{139}Ce равно приблизительно 0,13 в то время как для ^{141}Nd и ^{143}Sm оно составляет меньше половины этой величины. Для объяснения этого эффекта структура возбужденных состояний в области энергий до 6,5 МэВ была рассчитана в рамках квазичастично-фононной модели ядра. За большие величины вероятностей переходов ответственны одночастичные компоненты волновых функций. Рассчитанные значения IR очень хорошо согласуются с экспериментальными данными во всех четырех ядрах. Наблюдаемую зависимость IR от массового числа объясняет слегка различное значение энергии возбуждения, которую имеет ядро после распада гигантского дипольного резонанса с вылетом нейтрона [28].

Модель структуры ядра, основанная на $U(6/12)$ -градуированной алгебре, описывает ядерную систему с коллективными квадрупольными колебаниями и нечетной частицей, занимающей одночастичные состояния с угловыми моментами $j = 1/2, 3/2$ и $5/2$. Показано, что хотя в общем случае модельный гамильтониан не обладает динамической симметрией, но часть собственных состояний четно-четного и соседних нечетных ядер образует суперсимметричные мультиплеты [29].

Модель гармонического осциллятора с самосогласованием, включающая трехмерный крэнкинг-член, обобщена таким образом, что можно описывать коллективные возбуждения в приближении случайной фазы. Найдено, что квадрупольные коллективные возбуждения, связанные с качаниями оси вращающегося ядра, ведут к появлению двух- и трехмерного вращения [30].

Глобальные характеристики двухъядерной системы, которая трактуется как два касающихся ядерных кластера, были сопоставлены с соответствующими характеристиками супер- и гипердеформированных ядер. Было обнаружено, что гипердеформированные состояния ядер близки к состояниям симметричной двухъядерной системы, в то время как супердеформированные состояния могут рассматриваться как состояния асимметричной двухъядерной системы. Супер- и гипердеформированные состояния, построенные из двух касающихся кластеров, имеют большую октапольную деформацию [31].

Методы теории ядра были использованы при теоретическом изучении **металлических кластеров**. Предсказано существование квадрупольного магнитного резонанса (твистовой моды) в щелочных металлических кластерах, где они представляют собой низкоэнергетические возбуждения валентных электронов с квантовыми числами $I^\pi = 2^-$ и сильным $M2$ -переходом в основное состояние. Для существования резонанса важна оболочечная структура кластеров ($8 \leq N_e \leq 1314$). В средних и тяжелых сферических кластерах твистовая мода доминирует над спин-дипольной и оказывается самой сильной из магнитных мод [32].

Различные проблемы были исследованы в рамках проекта «**Физика малочастичных систем**». Исследована прозрачность отталкивательного барьера для пар связанных частиц. Показано, что локальный минимум полного потенциала генерирует метастабильные связанные состояния, спектр которых определяет положение максимумов вероятности проникновения через барьер. Кроме того, показано, что вероятность туннелирования двух взаимодействующих частиц из ложного вакуума может оказаться значительно больше, чем это предполагалось ранее [33].

Исследован механизм образования ефимовских состояний тримера гелия ${}^4\text{He}$ при изменении силы межатомного взаимодействия. Показано, что ефимовские уровни образуются из виртуальных уровней, которые, в свою очередь, образуются из (квази)резонансов, сидящих на реальной оси энергии. Резонансы, включающие виртуальные уровни, рассчитывались методом, основанным на решении задачи на граничные значения при комплексных значениях энергии для дифференциальных уравнений Фаддеева, описывающих процессы рассеяния типа $(2 + 1 \rightarrow 2 + 1;$

$1 + 1 + 1)$. Показано также, что возбужденное состояние тримера — действительно ефимовское состояние [34].

Предсказан эффект резкого изменения скорости оже-распада долгоживущих состояний антипротонного гелия из-за смешивания волновых функций. Этот эффект имеет место для состояний, энергии которых близки к энергиям специфических короткоживущих уровней. Осенью 2000 г. после возобновления экспериментальной программы исследований антипротонных атомов в ЦЕРН это предсказание было подтверждено экспериментами коллаборации ASACUSA [35].

Упругое ηd -рассеяние исследовано в рамках AGS-формализма для различных входных данных для системы ηN . Близко от порога системы ηd обнаружено трехтельное резонансное состояние. Этот резонанс существует при различных значениях двухтельной длины рассеяния системы $\eta N - a_{\eta N}$. С увеличением реальной части длины рассеяния $\text{Re } a_{\eta N}$ резонанс приближается к порогу системы ηd и становится квазисвязанным состоянием при $\text{Re } a_{\eta N} = 0,733$ фм [36].

Анализ недавних данных JLab для реакции $p(e, e' p)\pi^0$ показал, что вплоть до значений квадрата переданного импульса $Q^2 = 4,0$ (ГэВ/с)² амплитуды спиральности $A_{3/2}$ и $A_{1/2}$ резонанса $\Delta(1232)$ имеют сравнимые величины. Следовательно, спиральность адронов не сохраняется и при указанных значениях Q^2 p QCD-предел еще не достигается [37].

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

Получено аналитическое выражение для эйковальной фазы рассеяния на типичном ядерном потенциале, имеющем вид симметризованного потенциала Вудса–Саксона. Это выражение может быть широко использовано для анализа ядро-ядерных столкновений при промежуточных энергиях порядка нескольких десятков МэВ/нуклон и позволит таким образом исследовать механизм рассеяния и быстро проводить численные расчеты [38].

Рождение ϕ -мезонов в области вблизи порога проанализировано в рамках обычной, т.е. «нестранной», динамики. ϕNN -взаимодействие может проявиться в различных поляризационных и иных наблюдаемых реакциях $\pi N \rightarrow N\phi$. Обнаружено нетривиальное сильное различие между наблюдаемыми в реакциях $pp \rightarrow pp\phi$ и $pn \rightarrow pn\phi$, вызванное различной ролью спин-синглета и триплета во входном канале. Сделан ряд предложений по экспериментальному изучению этого эффекта [39].

Сформулирована квантовая статистическая модель ядерной мультифрагментации. Использованный при этом метод рекуррентных уравнений для канони-

ческого ансамбля позволяет обойтись без техники Монте-Карло. Модель демонстрирует фазовый переход первого порядка. Эффекты квантовой статистики ясно видны на микроскопическом уровне через числа заполнения, но полностью размываются при рассмотрении интегральных термодинамических переменных и усредненных наблюдаемых. В последнем случае получены рекуррентные соотношения для рас-

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 **сильно коррелированных систем** изучались модели с сильными электронными корреляциями для выяснения физических свойств в таких материалах, как манганиты, ванадаты, купраты, в которых наблюдаются сложные фазовые превращения: металл–изолятор, магнитные и сверхпроводящие переходы.

Предложено объяснение «гигантского» изотопического эффекта по кислороду для температуры Кюри T_c в манганитах $(La-Pr-Ca)MnO_3$. Экспериментальные данные удастся описать в приближении слабого электрон-фононного взаимодействия в рамках модели, учитывающей близость ферромагнитного перехода к антиферромагнитной диэлектрической фазе [41].

Предложена теория сверхобмена для купратного соединения $Ba_3Cu_2O_4Cl_2$ и двухцепочечной системы NaV_2O_5 с зоной проводимости, заполненной на $1/4$. Для купратного соединения получен эффективный магнитный гамильтониан с помощью редукции многозонного гамильтониана Хаббарда, на основе которого описаны магнитные свойства в основном состоянии и предсказана неколлинеарная модуляция антиферромагнитной структуры [42].

На основе численных расчетов в рамках динамической теории среднего поля получено доказательство сосуществования металлической и диэлектрической фаз в модели Хаббарда при половинном заполнении на решетке Бете [43].

Исследована возможность сверхпроводящего спаривания в периодической модели Андерсона для

пределений множественности как всех фрагментов, так и фрагментов промежуточной массы. Обращено внимание на специфические изменения формы распределений множественности в узкой области переходных температур [40].

системы d - и f -электронов. Предполагается, что синглетное спаривание может возникнуть за счет кондо-взаимодействия, межорбитального туннелирования, нелинейных корреляций и кулоновского отталкивания [44].

Предложена феноменологическая теория для описания зависимости температуры сверхпроводимости от числа медно-оксидных плоскостей в ртутных купратах, которая дает количественное описание экспериментальной зависимости [45].

При помощи преобразования инверсии показано, что в модели **самоорганизованной критичности** вероятностное распределение диссипативных волн подчиняется степенному закону с критической экспонентой $5/8$. Критическая экспонента тех диссипативных волн, которые одновременно являются первыми и последними в лавине, оказывается равной единице. Результаты численных расчетов не только подтверждают эти значения, но также указывают на возможность применения преобразования инверсии к изучению вероятностных распределений двух и более волн [46].

При исследовании **неупорядоченных систем** сформулирована теоретико-полевая модель для описания электронных состояний молекул типа фуллеренов. Предсказано существование ровно одной нулевой моды в присутствии дисклинации. Для дисклинации с углом 60° обнаружено, что нормированная электронная плотность для состояния с нулевой энергией ведет себя по закону $R^{-5/3}$, где R — радиус фуллера [47].

В рамках калибровочной теории дисклинаций в упругом континууме изучено асимптотическое поведение вихревых решений. Установлено, что для 2π -вихрей важную роль играют две характерные длины, возникающие в калибровочной теории дефектов [48].

В области низких температур найден резко выраженный кроссовер в теплопроводности (с T на T^2), обусловленный фононным рассеянием на двухосных клиновых диполях дисклинаций конечной длины [49].

В рамках модели ансамбля случайных 3D-джоузефсоновских контактов рассчитан низкочастотный спектр магнитного шума гранулированного сверхпроводника. Предсказано существование вкладов, обусловленных как «белым» шумом, так и фликкершумом [50].

Основные исследования по **мезоскопическим и когерентным явлениям в квантовых системах** посвящены рассмотрению квантовых эффектов в конечных (мезоскопических) системах.

В теории бозе-конденсации атомов в ловушке обнаружена зависимость критической температуры T_c от деформации потенциала ловушки полем тяжести ввиду искажения потенциального барьера ловушки и, следовательно, переопределения спектра атомных состояний в ней. Обусловленное полем тяжести изменение T_c в 2D-модели таково, что температура возрастает от $\sim 5 \cdot 10^{-7}$ К в исходной ловушке до $\sim 2 \cdot 10^{-6}$ К в деформированной при фиксированном объеме и числе атомов в ловушке. Этот результат указывает на возможность нестабильности свойств мезоскопических систем, предполагаемых для отправки в космос [51].

Исследованы короткодействующие корреляции частиц с сильным отталкиванием для случая разреженного бозе-газа в рамках термодинамически согласованной модели. Это позволило получить правиль-

ные значения кинетической и потенциальной энергии для рассматриваемой системы. Полученные результаты согласуются с расчетами методом Монте-Карло для бозе-газа жестких сфер [52].

Энергия и эффективная масса полярона вычислены для электрона, заключенного в конечном симметричном объеме, сконструированном из слоев GaAs/Al_xGa_{1-x}As. Для упрощения исследования разработана модель, в которой параметры среды усреднены с волновой функцией основного состояния. Обнаружена плавная зависимость энергии полярона от глубины ограничивающего потенциала, а также пик эффективной массы [53].

Проведено детальное исследование электродинамики сильно коррелированных систем атомов, фононов и ядер [54].

Разработаны методы для изучения классических и квантовых спиновых систем, обладающих тороидальной поляризацией в дополнение к магнитной. Предложены обобщенные уравнения Максвелла для среды с двумя тороидальными и магнитными поляризациями. Получены патенты на мезоскопические устройства, основанные на предложенной теории. Мезоскопический и низкоразмерный электромагнетизм применен, в частности, в задачах квантовой гравитации [55].

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Впервые в ЛТФ установлен сервер на двух процессорах Alpha с тактовой частотой 750 МГц (<http://thsun1.jinr.ru/guide/alpha>). Пиковая производительность в 3 Гфлопса и 2 Гбайта оперативной памяти позволяет решать на новом компьютере самые сложные задачи с применением языков Fortran, C, C++, Reduce, Form.

С целью повышения производительности компьютерной сети ЛТФ смонтирована первая очередь новой проводки на витой паре (UTP) и установлен высокоскоростной коммутатор Fast Ethernet. Первая очередь проводки UTP охватывает около 100 комнат ЛТФ и обеспечивает подключение к коммутаторам более 200 компьютеров. В настоящее время новая проводка позволила соединить через сеть Fast Ethernet все серверы ЛТФ и около 30 наиболее мощных ПК (http://thsun1.jinr.ru/guide/lan/lan_2000.png).

В течение 2000 г. приобретено и установлено 13 современных персональных компьютеров на базе

Pentium-III. На кластере рабочих станций завершен переход на операционную систему Solaris 7, обновлены некоторые пакеты прикладного программного обеспечения. Внедрена разработанная в ЦЕРН объектно-ориентированная система ROOT, предназначенная для численных расчетов и графического представления результатов. Начато создание путеводителя по компьютерным ресурсам ЛТФ (<http://thsun1.jinr.ru/guide>).

Расширены ресурсы сервера JHEP (<http://jhep.jinr.ru>), акселератора доступа к xxx.itep.ru (<http://thsun1.jinr.ru:1081>) и файлового архива (<http://thsun1.jinr.ru/file-archive.html>). Внедрена система поиска документов в архиве по ключевым словам. Запущен кэш-сервер прокси (конфигурационный файл — <http://thsun1.jinr.ru/proxy.pac>). Работы по модернизации сети ЛТФ проводились при поддержке РФФИ.

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 2000 г. лаборатория участвовала в организации 11 международных конференций и рабочих совещаний, проходивших в Дубне, Праге и Харькове.

С 6 по 10 июня в Дубне проходила международная конференция «*Структура ядра и связанные вопросы*». Традиция проведения ОИЯИ международных конференций и школ по избранным проблемам структуры ядра берет свое начало в 60-х годах. Инициатором этих конференций был выдающийся теоретик профессор В.Г.Соловьев, внесший большой вклад в изучение теории структуры ядра. Благодаря его усилиям и авторитету дубненские конференции стали популярными и приобрели высокий статус в мировом научном сообществе. Организаторы нынешней конференции посвятили ее памяти профессора В.Г.Соловьева, которому 12 октября 2000 г. исполнилось бы 75 лет. В работе конференции приняли участие более 100 ученых из ОИЯИ, стран-участниц, многих стран Европы, а также Ирана, США и Японии. Ее программа включала более 50 получасовых докладов, так что наряду с пленарными были проведены и секционные заседания. Значительная часть докладов была посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям ядер, далеких от линии стабильности.

С 31 июля по 5 августа в Дубне проходил XXIII Международный коллоквиум *по теоретико-групповым методам в физике*. Первый коллоквиум этой серии состоялся в 1972 г. в Марселе (Франция), и с тех пор он регулярно проводится в разных странах. На территории России коллоквиум проводился лишь однажды в Москве в 1990 г., и поэтому решение о проведении XXIII группового коллоквиума в Дубне, принятое на заседании постоянного комитета коллоквиума в 1996 г., является признанием значительной роли ОИЯИ в развитии этого направления математической физики.

В работе коллоквиума приняли участие более 240 ученых из 36 стран, в том числе из 10 стран-участниц ОИЯИ, было представлено 15 пленарных и около 160 секционных докладов.

Лаборатория участвовала в работе и организации трех научных мероприятий в странах-участницах: IX международный коллоквиум «*Квантовые группы и интегрируемые системы*» (22–24 июня, Прага, Чехия); международное рабочее совещание «*Симме-*

трии и спин» (17–22 июля, Прага, Чехия); международная конференция «*Суперсимметрия и квантовая теория поля*» (25–29 июля, Харьков, Украина). Конференция в Харькове была посвящена памяти выдающегося физика-теоретика Дмитрия Васильевича Волкова (1925–1996). Активное участие сотрудников ОИЯИ, и в первую очередь ЛТФ, как в организации конференции, так и в ее работе явилось отражением давних и плодотворных связей Д.В.Волкова и его учеников с лабораторией и Институтом в целом.

В 2000 г. прошли традиционные рабочие совещания, организуемые в ЛТФ ежегодно: «*Теория нуклеации и ее применения*», «*Физика тяжелых кварков*», «*Аналитические вычисления для современных и будущих коллайдеров*», «*Актуальные проблемы астрофизики*», «*Квантовая гравитация и суперструны*». Финансовую поддержку совещаниям оказали РФФИ, ЮНЕСКО, ВММФ, а также программы международного сотрудничества «Гейзенберг–Ландау» и «Боголюбов–Инфельд».

На Европейской школе по физике высоких энергий (школа ОИЯИ–ЦЕРН) в Карамуло (Португалия) Д.И.Казаков прочитал курс лекций «*За пределами стандартной модели*».

Международное сотрудничество ЛТФ в 2000 г. было поддержано грантами полномочных представителей Болгарии, Венгрии, Словакии, Польши, Чехии и дирекции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками Германии проходило при поддержке программы «Гейзенберг–Ландау», а с теоретиками Польши — программы «Боголюбов–Инфельд». В конце 1999 г. была утверждена программа целевого использования чешского взноса в рамках средств по гранту Полномочного Представителя Чешской Республики в ОИЯИ. В области сотрудничества по теоретической физике эта программа получила название «Блохинцев–Вотруба».

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.

Во время визита А.Т.Филиппова в ЦЕРН состоялась его встреча с Г.Алтарелли, в ходе которой была достигнута договоренность о продлении соглашения о сотрудничестве между ЛТФ и теоретическим отделом ЦЕРН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kadyshevsky V.G., Sorin A.S. JINR Preprint E2-2000-270. Dubna, 2000; nlin. SI/0011009; to be published in Proc. of the NATO ARW «Integrable Hierarchies and Modern Physical Theories» (Chicago, USA, July 22–26, 2000), Kluwer Academic Publishers.
2. Сержеев С.М. // ТМФ. 2000. Т. 124. С. 391.
3. Bellucci S. (Frascati), Ivanov E., Krivonos S. // Phys. Lett. B. 2000. V. 482, P. 233.
4. Bellucci S., Ivanov E. // Nucl. Phys. B. 2000. V. 587. P. 445–480.
5. Donets E.E. et al. // Phys. Lett. B. 2000. V. 484. P. 337–346.
6. Donets E.E. et al. hep-th/0011090, ЖЕП (принято к печати).
7. Chekanov N.A. et al. // Comput. Physics. Commun. 2000. V. 126. P. 47.
8. Фурсаев Д.В. // hep-th/0006217 (принято в «Nucl. Phys. B»).
9. Nesterenko V.V., Pirozhenko I.G. // J. Math. Phys. 2000. V. 41. P. 4521–4531.
10. Barbashov B.M., Pervushin V.N. JINR Preprint E2-2000-100. Dubna, 2000 (submitted to «J. Mod. Phys. A»); Pawlowski M., Pervushin V.N. hep-th/0006116 (submitted to «Int. J. Mod. Phys. A»).
11. Bogolubsky I.L. et al. // Phys. Lett. B. 2000. V. 476. P. 448; hep-lat/0011024.
12. Shirkov D.V. JINR Preprint E2-2000-46. Dubna, 2000. hep-ph/0003242; JINR Preprint E2-2000-211. Dubna, 2000. hep-ph/0009106 (submitted to «Europ. J. Phys.»); JINR Preprint E2-2000-298. Dubna, 2000 (submitted to «ТМФ»).
13. Milton K.A. et al. // Eur. Phys. J. C. 2000. V. 14. P. 495.
14. Kazakov D.I., Velizhanin V.N. // Phys. Lett. B. 2000. V. 485. P. 393; hep-ph/0005185.
15. De Boer W. et al. hep-ph/0007078 (submitted to «Proc. of the ICHEP'2000», Osaka, 2000).
16. Efremov A.V. et al. // Phys. Lett. B. 2000. V. 478. P. 94; hep-ph/0001119.
17. Bakulev A.P., Radyushkin A.V., Stefanis N.G. // Phys. Rev. D. 2000. V. 62. P. 113001.
18. Anikin I.V., Pire B., Teryaev O.V. // Phys. Rev. D. 2000. V. 62. P. 071501.
19. Galynski M., Kuraev E., Levchuk M. // ЭЧАЯ. 2000. Т. 31. С. 157.
20. Kataev A.L., Parente G., Sidorov A.V. // Nucl. Phys. A. 2000. V. 666. P. 184.
21. Manjavidze J., Sissakian A. // Phys. Rep. (in press); J. Math. Phys. (in press).
22. Волков М.К., Юдичев В.Л. // ЯФ. 2000. Т. 63. С. 1924; Ebert D. et al. // Eur. Phys. J. A. 2000. V. 8. P. 567–576.
23. Anikin I.V., Dorokhov A.E., Tomio L. // Phys. Lett. B. 2000. V. 475. P. 361.
24. Gerasimov S.B. // Hadron Physics: Effective Theories of Low-Energy QCD, Coimbra, Portugal, 1999 / Ed. A.H. Blin et al. AIP Conf. Proc. N508. 2000.
25. Ivanov M.A. et al. // Phys. Rev. D. 2000. V. 61. P. 114010.
26. Ponomarev V.Yu. et al. // Phys. Rev. Lett. 2000. V. 85. P. 1400.
27. Vdovin A.I., Storozhenko A.N. // BgNS Transactions. 2000. V. 5. P. 157.
28. Tsoneva N. et al. // Phys. Rev. C. 2000. V. 61. P. 044303.
29. Jolos R.V., von Brentano P. // Phys. Rev. C. 2000. V. 62. P. 034310.
30. Heiss W.D., Nazmitdinov R.G. // Pis'ma v ZhETF. 2000. V. 72. P. 157.
31. Schneidman T.M. et al. // Nucl. Phys. A. 2000. V. 671. P. 119.
32. Nesterenko V.O. et al. // Phys. Rev. Lett. 2000. V. 85. P. 3141.
33. Пеньков Ф.М. // ЖЭТФ. 2000. Т. 118. С. 806.
34. Kolganova E.A., Motovilov A.K. // Computer Phys. Commun. 2000. V. 126. P. 88.
35. Kartavtsev O.I., Monakhov D.E., Fedotov S.I. // Phys. Rev. A. 2000. V. 61. P. 062507.
36. Shevchenko N.V. et al. // Eur. Phys. J. A. 2000. V. 9. P. 143.
37. Kamalov S.S., Yang S.N. // Nucl. Phys. A. 2000. V. 663. P. 405.
38. Lukyanov V., Zemlyanaya E. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2000. V. 26. P. 357.
39. Titov A.I., Kaempfer B., Reznik B.L. // Eur. Phys. J. A. 2000. V. 7. P. 543.
40. Parvan A.S., Toneev V.D., Ploszajczak M. // Nucl. Phys. A. 2000. V. 676. P. 409.
41. Плакида Н.М. // Письма в ЖЭТФ. 2000. Т. 71. С. 720.
42. Yushankhai V. et al. // Phys. Rev. B. 2000. V. 62. P. 14229–14236.
43. Oudovenko V. et al. // Phys. Rev. Lett. (submitted).
44. Moskalenko V.A. // Phys. Rev. B (submitted).
45. Kuzemsky A.L., Kuzemskaya I.G., Cheglokov A.A. // J. Low Temp. Phys. 2000. V. 118. P. 147.

46. *Chin-Kun Hu et al. // Phys. Rev. Lett. 2000. V. 85. P. 4048.*
47. *Осипов В.А., Кочетов Е.А. // Письма в ЖЭТФ. 2000. Т. 72. С. 199.*
48. *Pudlak M., Osipov V.A. // Nonlinearity. 2000. V. 13. P. 459.*
49. *Krasavin S.E., Osipov V.A. // Phys. Lett. A. 2000. V. 277. P. 245.*
50. *Sergeenkov S.A. // J. of Superconductivity. 2000. V. 13. P. 895.*
51. *Baranov D., Yarunin V. // JETP Lett. 2000. V. 71. P. 384.*
52. *Cherny A.Yu., Shanenko A.A. // Phys. Rev. E. 2000. V. 62. P. 1646.*
53. *Smondyrev M.A., Gerlach B., Dzero M.O. // Phys. Rev. B. 2000. V. 62. 15 December issue.*
54. *Юкалов В.И., Юкалова Е.П. // ЭЧАЯ. 2000. Т. 31. С. 1128–1211.*
55. *Dubovik V.M., Martsenyuk M.A., Saha B. // Phys. Rev. E. 2000. V. 61. P. 7087.*

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Основу научной программы ЛВЭ в настоящее время составляют исследования взаимодействий релятивистских ядер в энергетической области от нескольких сотен МэВ до нескольких ТэВ на нуклон с целью поиска проявлений кварк-глюонных степеней свободы в ядрах, асимптотических законов для ядерной материи и изучение спиновой структуры легчайших ядер. Эксперименты в этом направлении проводятся с использованием ускорительного комплекса синхрофазотрон–нуклотрон, а также на ускорителях в ЦЕРН (SPS, LHC), в Брукхейвенской национальной

лаборатории (RHIC), в GSI (SIS) в Дармштадте и на накопительном кольце CELSIUS в Упсале.

В последнее время программа исследований переходит в большей степени на нуклотрон, а синхрофазотрон используется практически только для исследований с поляризованным дейтронным пучком. Нуклотрон создан на основе уникальной технологии сверхпроводящих магнитных систем, которые были предложены и исследованы в лаборатории [1]. В ближайшем будущем планируется получить поляризованный пучок на нуклотроне.

РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

До 1999 г. для физических экспериментов, проводимых на нуклотроне, использовался только внутренний пучок. В конце 1999 г. получен выведенный пучок нуклотрона с помощью системы медленного вывода пучка, созданной на основе сверхпроводящих элементов. В настоящее время начаты первые эксперименты на выведенном пучке нуклотрона.

На нуклотроне проведена модернизация схемы криогенных гелиевых установок КГУ-1600/4,5. Предварительное охлаждение потока сжатого гелия посредством жидкого азота заменено адиабатическим расширением в дополнительно установленных турбодетандерах. В результате первых испытаний в 18 сеансе работы нуклотрона, проходившем с 16 ноября по 10 декабря 2000 г. вместо планируемого при обычной схеме работы расхода жидкого азота в объеме 357 т было израсходовано 236 т (см. рис. 1). При дальнейшей доводке системы экономия жидкого азота удвоится.

Проведенная модернизация не только существенно уменьшила стоимость работы ускорителя, но и сняла ограничения по длительности сеансов из-за дефицита жидкого азота: его расход на нужды нуклотрона перестал превосходить производительность азотного цеха ОГЭ. Общее время работы сверхпроводящего ускорителя в 2000 г. составило 949 часов.

Продолжительность работы синхрофазотрона — 384 часа. Затраты компенсировались потребителями пучков. Основным условием работы синхрофазотрона является привлечение средств заинтересованных пользователей. Это прежде всего потребители пучков поляризованных дейтронов. По-прежнему имеется большой интерес к традиционным пучкам легких релятивистских ядер.

В первых сеансах работы нуклотрона с выведенным пучком для физических исследований были использованы две основные экспериментальные установки «Стрела» и СКАН-2. Одновременно продолжают эксперименты на внутреннем пучке нуклотрона.

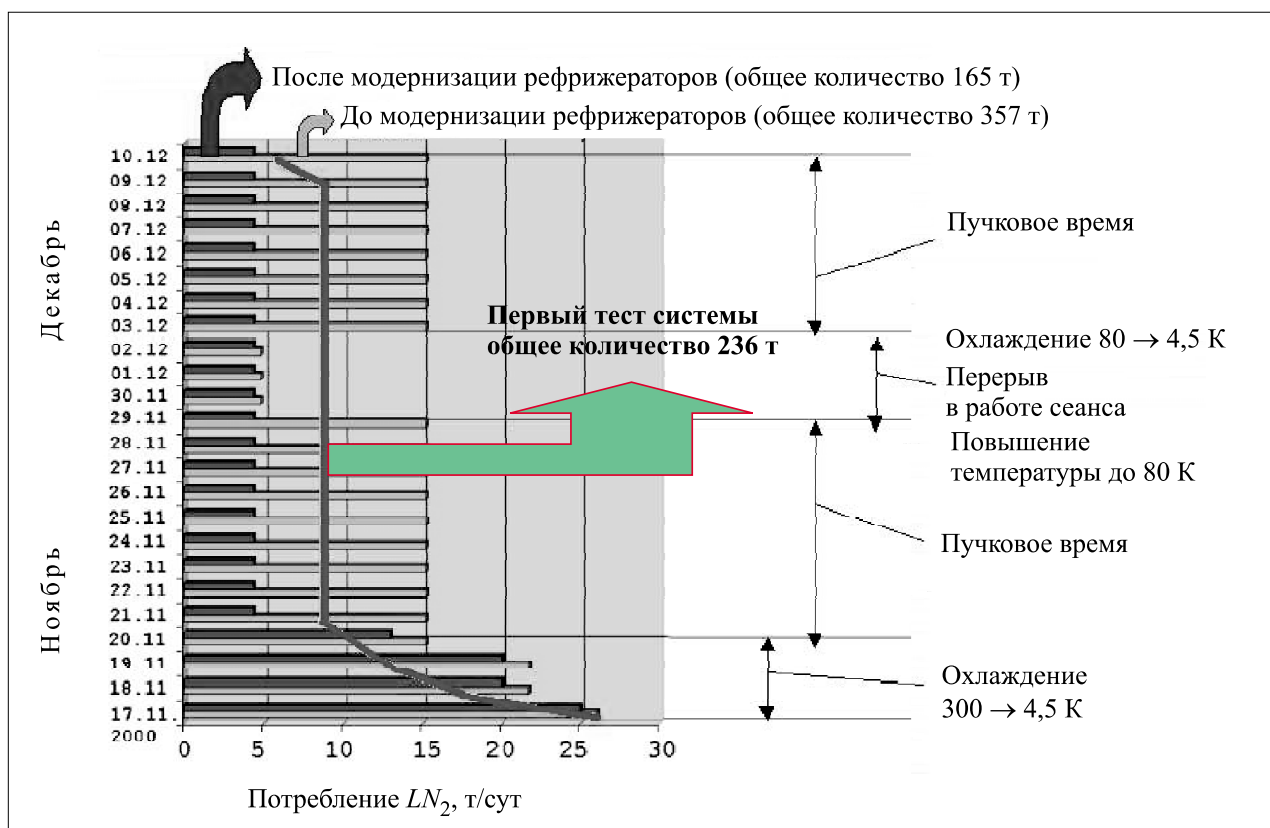


Рис. 1. Планируемый расход жидкого азота при обычной схеме работы и при экономичной схеме в 18-м сеансе работы нуклотрона

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВЫВЕДЕННОМ ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА

Эксперимент «Стрела» (руководители Глаголев В.В. и Пискунов Н.М.). Спектрометр «Стрела», включающий жидководородную мишень, анализирующий магнит и линейку из девяти сцинтилляционных и черенковских счетчиков, был подготовлен к работе на выведенном пучке нуклотрона. Проведены два сеанса облучения в марте и декабре 2000 г. Основной задачей является изучение зарядово-обменных процессов в реакции $dp \rightarrow (pp)n$ с целью определения вклада спин-зависящей части амплитуды элементарной np -перезарядки при импульсах дейтрона 3–4 ГэВ/с. Из-за больших размеров пучка в первых сеансах не удалось использовать водородную мишень и вся работа была проведена с мишенью из полиэтилена. Установка была выставлена на направление протонов стриппинга под углом нуль градусов с импульсом 1,75 ГэВ/с, что составляет половину импульса выведенных из ускорителя дейтронов для этого эксперимента.

Магнитный спектрометр «Стрела» с небольшим угловым акцептансом ($0,5^\circ$) позволяет при изменении тока в анализирующем магните настроиться на максимум кривой стриппинга. На рис. 2 приведено рас-

пределение по амплитудам сигналов с одного из черенковских счетчиков. Видно, что даже с одного черенковского счетчика при амплитудном разрешении 18,4 % можно выделить события с двумя протонами на уровне $3 \cdot 10^{-3}$. В спектрометре «Стрела» используется пять таких счетчиков.

Во втором сеансе работы установка также экспонировалась в пучке ядер углерода с импульсом 1,75 ГэВ/с/нуклон. На рис. 3 приведено двумерное распределение амплитуд с двух черенковских счетчиков. Получено хорошее разделение фрагментов по зарядам. Таким образом, проведенные исследования показали принципиальную возможность использования спектрометра «Стрела» для более широкого круга физических задач.

Установка **СКАН-2** (руководитель Афанасьев С.В.) предназначена для изучения длины формирования протона в реакции $d + A_T \rightarrow p_1(0^\circ) + p_2(0^\circ) + X$. Также в сеансах нуклотрона в 2000 г. с выведенным пучком дейтронов на установке СКАН-2 была получена экспериментальная информация, которая в настоящее время находится в процессе анализа.

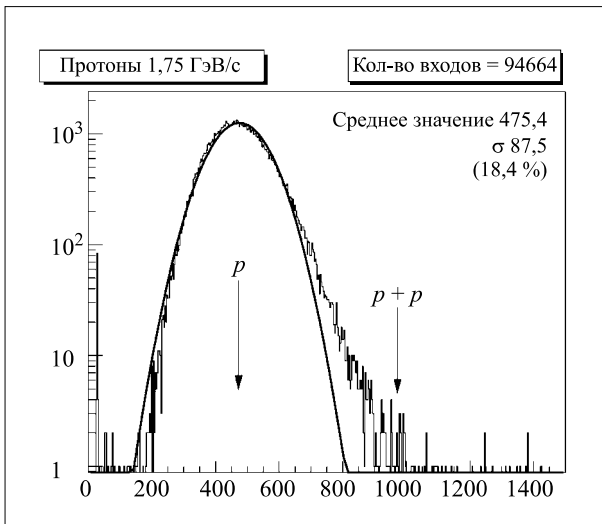


Рис. 2. Распределение по амплитудам сигналов с одного из черенковских счетчиков

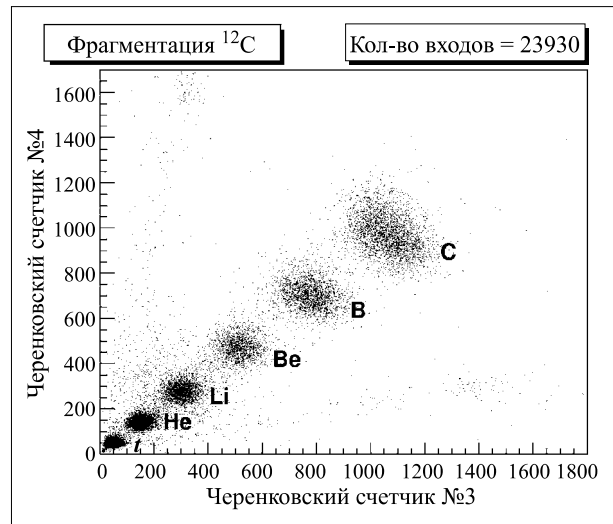


Рис. 3. Двумерное распределение амплитуд с двух черенковских счетчиков

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВНУТРЕННЕМ ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА

В процессе исследования находится фрагментация мишени в два кумулятивных протона с помощью установки **СКАН-1** (руководитель Афанасьев С.В.) на внутреннем пучке нуклотрона. Целью эксперимента является измерение поперечного размера области ядро-ядерных взаимодействий. Используется метод измерения корреляций кумулятивных протонов, испущенных при малых относительных импульсах. Корреляции протонов, испущенных в угловом интервале $106-112^\circ$ в лабораторной системе, изучаются в реакциях $dC \rightarrow p + p + X$ и $dCu \rightarrow p + p + X$ ($p_d = 2 A$ ГэВ). В результате этих измерений были получены приблизительно одинаковые радиусы для dC - и dCu -взаимодействий: $r_{dC} = 3,0^{+0,5}_{-0,4}$ фм и $r_{dCu} = 2,6^{+0,8}_{-0,7}$ фм. Эти исследования будут продолжены для другого набора падающих частиц и мишеней.

Группа коллаборации **МАРУСЯ** (руководитель Балдин А.А.) начала исследования выхода вторичных фрагментов в результате взаимодействия внутреннего пучка нуклотрона с тяжелыми мишенями, используя тонкий полупроводниковый детектор. Эта группа получила хорошее разделение вторичных фрагментов

(рис. 4). Данные находятся в процессе анализа и будут использованы для изучения эффекта полного разрушения ядер, так как энергии вторичных фрагментов очень низкие.

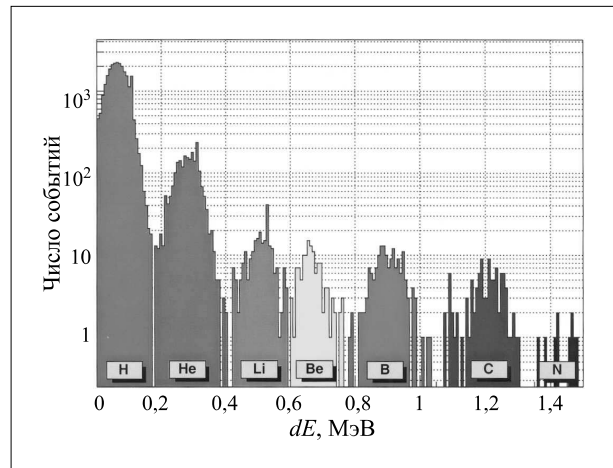


Рис. 4. Разделение вторичных фрагментов с очень низкими энергиями в области от 2 до 25 МэВ в d Au-взаимодействии при энергии дейтронов 1,044 ГэВ

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ЛВЭ

Проект «Сфера». Многие свойства атомных ядер можно описать в рамках нуклонной модели. Ясно также, что нуклонная модель имеет ограниченную область применимости. Проявлений ненуклон-

ных степеней свободы естественно ожидать для конфигураций ядра, когда нуклоны разделены расстояниями, сравнимыми с их размерами. В теоретическом плане вопрос описания состояния двух нукло-

нов на малых расстояниях связан с такими до конца не решенными вопросами, как проблема конфайнмента (КХД больших расстояний) и описания связанных состояний частиц с релятивистскими импульсами (малым расстояниям отвечают большие импульсы). При этом дейтрон как самое простое ядро («атом водорода» для ядерной физики) представляет особый интерес. Из-за нетривиальной спиновой структуры дейтрона (примесь D -волны) эксперименты с поляризованными дейтронами предоставляют большие возможности по изучению указанных эффектов. Нуклонная модель дейтрона дает широкий спектр предсказаний для реакций с поляризованными дейтронами. В качестве примера можно привести данные по изучению тензорной анализирующей способности T_{20} для реакции развала тензорно-поляризованных дейтронов $D \uparrow + A_t = p + X$. В экспериментах, проведенных в Сакле и Дубне, было показано, что T_{20} имеет заметную величину и описывается расчетами в импульсном приближении до внутренних импульсов $k \leq 0,2-0,3$ ГэВ/с. Однако к настоящему времени нет расчетов в рамках нуклонной модели, описывающих данные по T_{20} во всей измеренной области.

Отклонения экспериментальных данных от расчетов могут быть связаны с проявлением ненуклонных степеней свободы для малых расстояний ($k = 0,5$ ГэВ/с соответствует расстоянию $l = 0,4$ фм). В таком случае естественно в качестве пробника использовать адроны с отличным от протона кварковым содержанием. Это один из аргументов в пользу проведения на пучке поляризованных дейтронов ЛВЭ ОИЯИ (имеющих самую высокую в мире энергию) измерений по изучению поляризационных наблюдае-

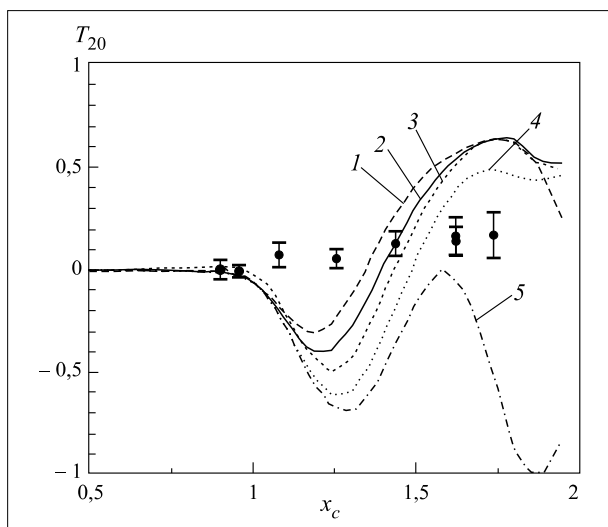


Рис. 5. Тензорная анализирующая способность T_{20} для реакции фрагментации дейтронов в пионы [2, 3]. Результаты расчетов сравниваются с экспериментальными данными при импульсе налетающего протона $P_p = 4,45$ ГэВ/с. 1 — ДВФ; 2 — Париж; 3 — $\rho_{NN} = 1$; 4 — Бонн (полный); 5 — Бонн (релят.)

мых для реакции фрагментации тензорно-поляризованных дейтронов в пионы $D \uparrow + A_t = \pi(0^\circ) + X$. В проведении этих измерений принимали участие физики из Болгарии, Японии и некоторых институтов России. Результаты для тензорной анализирующей способности T_{20} [2, 3] представлены на рис. 5. Из рисунка видно, что T_{20} имеет малую, по сравнению с предсказаниями нуклонной модели, величину [4]. Для таких процессов ненулевая величина T_{20} связана с анизотропией волновой функции дейтрона (ДВФ). В рамках нуклонной модели невозможно понять, почему D -волна (в некоторых моделях и P -волна) не проявляет себя, как это происходит в реакции развала дейтрона. Следует отметить, что роль перерасеяний для пионов заметно меньше, чем для протонов, хотя бы из-за меньшей величины пион-нуклонного сечения, по сравнению с нуклон-нуклонным.

Для прояснения механизма реакции в сеансе 2000 г. коллаборацией были проведены измерения тензорной анализирующей способности A_{yy} для реакции фрагментации дейтронов в кумулятивные пионы под углами, не равными нулю градусам. Физический смысл A_{yy} близок к физическому смыслу T_{20} (для нулевых углов имеется равенство $A_{yy} = -\sqrt{2}T_{20}$). Предварительные данные (полученные в on-line) показаны на рис. 6. Видно, что A_{yy} имеет заметную величину, связанную (как отмечалось выше) с анизотропной частью ДВФ. Однако данные не следуют предсказаниям (другой знак) нуклонной модели. Следует отметить, что дополнительные к импульсному приближению механизмы (вроде перерасеяний), если они играют какую-то роль, скорее всего, должны привести к уменьшению абсолютной величины A_{yy} .

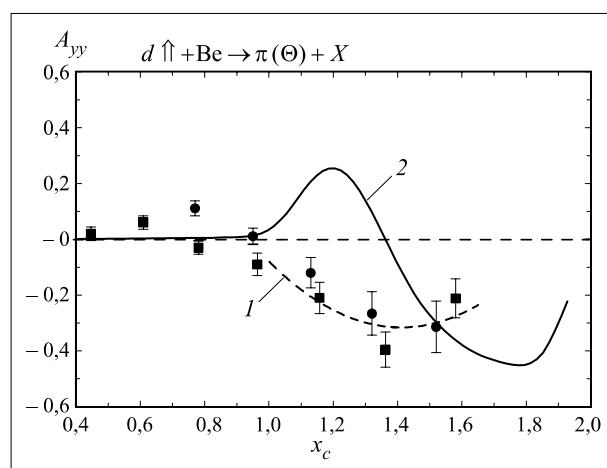


Рис. 6. Тензорная анализирующая способность A_{yy} для реакции фрагментации дейтронов в пионы под углами, не равными 0° (предварительные результаты). 1 — аппроксимация экспериментальных данных квадратичной зависимостью; 2 — вычисления в импульсном приближении [4]; ■ — 180 мрад; ● — 135 мрад

Если рассматривать данные для T_{20} (рис. 5), полученные под нулевыми углами, и данные для A_{yy} (рис. 6), полученные под углами, не равными нулю градусов, возникают следующие вопросы: почему T_{20} имеет малую величину, как это должно быть для почти изотропного источника пионов, и в то же время A_{yy} имеет большую абсолютную величину, как это должно быть для сильно изотропного источника? Почему знак A_{yy} противоположен предсказаниям, полученным в рамках нуклонной модели?

В качестве очевидного ответа можно заключить, что для таких больших внутренних импульсов ($k \geq 0,5$ ГэВ/с) следует учитывать ненуклонные степени свободы. Другими словами, для описания структуры кора дейтрона нужны более совершенные модели дейтрона, учитывающие внутреннюю структуру составляющих его нуклонов (типа кварковой кластерной модели с учетом спина).

Кроме того, для понимания ненуклонной структуры необходимо получить информацию для аналогичных наблюдаемых при фрагментации дейтронов в адроны с отличными от пиона квантовыми числами. В этом отношении особенно интересны K^- -мезоны, состоящие из валентных кварков, не входящих в состав валентных кварков ядра. В методических измерениях было показано, что регистрация K^- -мезонов возможна на имеющейся установке, но для измерений с требуемыми точностями необходимо проведение более длительных (около месяца) сеансов с поляризованными пучками на ускорительном комплексе ЛВЭ.

Эксперимент МГУ–«Сфера». На синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ начат эксперимент по изучению рассеяния поляризованных протонов на внутриядерных нуклонах. Это работа выполняется в рамках экспериментальной программы «Лидирующие частицы» физиками НИИ ядерной физики Московского государственного университета и ЛВЭ ОИЯИ. Основная задача эксперимента состоит в измерении подавления анализирующей способности при рассеянии на внутриядерных нуклонах по сравнению со свободными. Это позволит осуществить критическую проверку описания адрон-ядерного взаимодействия в рамках РИА-модели, которая предсказывает значительные спиновые эффекты в исследуемом явлении, и получить новую информацию о кластеризации нуклонов. Кроме того, эти измерения необходимы в методическом отношении для конструирования и оптимизации углеродных поляриметров, работающих в области энергий порядка нескольких ГэВ.

Для формирования пучка поляризованных протонов используется методика стриппинга поляризованных дейтронов, развитая в 1992–1995 гг. на экспериментальной установке СМС МГУ. Поляризация пучка постоянно контролируется дополнительным пучковым поляриметром. Во время первого сеанса была измерена анализирующая способность в реакции

$d \uparrow + C \rightarrow p_L + X$ (включая контрольное измерение на водороде (полиэтиленовая мишень)) для двух значений начальной энергии и ряда значений импульса лидирующего протона. Полученные данные были представлены на Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий (Дубна, 2000).

Целью проекта «Фаза» является исследование механизма «ядерной тепловой мультифрагментации», вызываемой легкими релятивистскими пионами. В работах коллаборации «Фаза» в 1994 г. было впервые доказано, что этот процесс является новым многотельным типом распада очень горячих ядер, а не последовательным независимым испарением частиц. Это было сделано путем тонких измерений угловых корреляций для фрагментов промежуточной массы (ФПМ, $2 < Z < 20$). В 2000 г. упор сделан на изучение энергетических спектров ФПМ, так как они отражают геометрию и динамику (расширение) источника фрагментов. Путем сравнения данных, полученных для соударений протонов, ^4He и ^{12}C с Au, показано, что с увеличением массы бомбардирующей частицы наблюдается переход от чисто статистического процесса к более сложному, с проявлением коллективного потока. Анализ коллективной компоненты кинетической энергии ФПМ дает информацию о пространственном распределении фрагментов в системе.

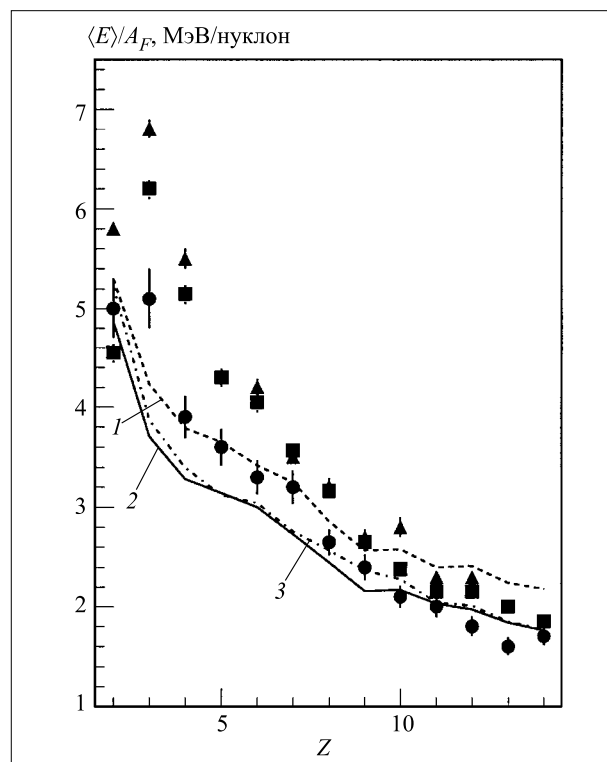


Рис. 7. Средние кинетические энергии на нуклон для фрагментов с зарядом Z , измеренные под углом $\theta = 89^\circ$ для соударений $p(8,1 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$ (1, ●), $^4\text{He}(14,6 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$ (2, ■) и $^{12}\text{C}(22,4 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$ (3, ▲). Линии получены с помощью комбинированной модели INC* + CMM в предположении отсутствия коллективного потока

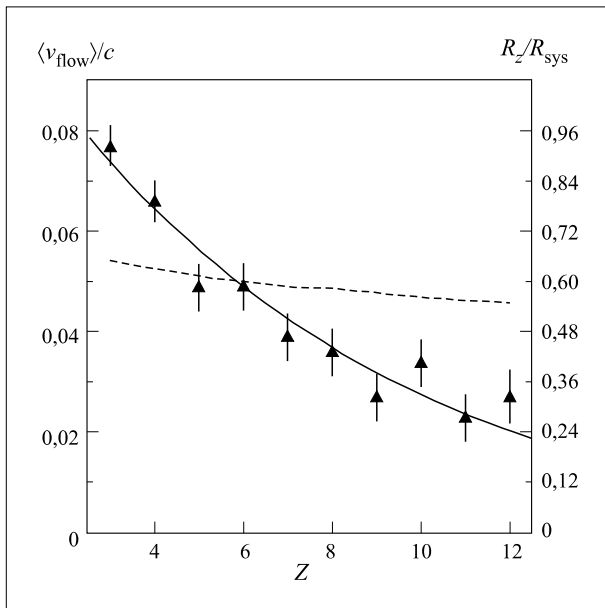


Рис. 8. Экспериментальные значения средней скорости потока фрагментов с зарядом Z (\blacktriangle) для соударений $^{12}\text{C} + \text{Au}$ (левая шкала). Правая шкала — средние относительные радиальные координаты фрагментов, полученные в предположении линейного радиального профиля скорости расширения системы. Пунктирная линия — средние радиальные координаты фрагментов, предсказываемые СММ

Эксперименты выполнены с использованием 4л-установки «Фаза» на пучке синхрофазотрона ОИЯИ. Рис. 7 показывает величины средних энергий на нуклон для фрагментов, возникающих в соударениях p (8,1 ГэВ), ^4He (14,6 ГэВ) и ^{12}C (22,4 ГэВ) с Au. Расчетные значения $\langle E \rangle / A_{\text{IMF}}$ (линии) получены с помощью комбинированной модели, включающей эмпирически модифицированный внутриядерный каскад (INC*) и статистическую модель мультифрагментации (СММ) [5]. Для протонного пучка измеренные энергии близки к расчетным значениям, но данные

для пучков ^4He и ^{12}C заметно превышают как расчетные величины, так и полученные для p Au-соударений. Это превышение связано с радиальным коллективным потоком, вызванным тепловым давлением в системе (спектатор мишени), которая оказывается более горячей в случае более тяжелых бомбардирующих частиц. Величина потока находится как разница измеренной энергии ФПМ и рассчитанной в модели без какого-либо потока (см. рис. 7) [5, 6]. Для соударений C с Au энергия потока уменьшается с ростом Z фрагмента от ~ 2 МэВ/нуклон для Be до $\sim 0,4$ МэВ/нуклон для Ne.

Соответствующие значения средних скоростей потока для различных фрагментов представлены на рис. 8. Правая шкала дает средние относительные радиальные координаты фрагментов. Они получены в предположении «самоподобного» радиального расширения, когда локальная скорость линейно зависит от расстояния частицы до центра масс системы. Пунктирная линия показывает средние радиальные координаты фрагментов согласно СММ. Наблюдается значительное отклонение данных от предсказаний СММ, что может быть вызвано тем, что модель предполагает равномерное распределение плотности и, следовательно, практически одинаковую вероятность образования фрагментов в любой доступной точке системы в момент развала. Из данных следует, что это не так: более тяжелые фрагменты преимущественно образуются ближе к центру системы.

Проведенные исследования указывают на то, что несмотря на общий успех СММ описание условий в момент развала системы слишком упрощено. Исследование энергетических спектров фрагментов является эффективным способом получения информации о конфигурации и динамике ядерной системы в момент развала. В этом аспекте следует рассматривать и работу [7], посвященную изучению корреляции между формой энергетического спектра фрагментов и их множественностью.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Предложено обобщение корректного KNO-скейлинга, позволяющее описать распределения по множественности как π^+ , так и π^- -мезонов в разных нуклон-нуклонных и неаннигиляционных антинуклон-нуклонных взаимодействиях с одной и той же скейлинговой функцией $\Psi(z)$ и зависимостью масштабного параметра от энергии. Другой функцией $\Psi(z)$ описываются распределения по множественности в разных антинуклон-нуклонных реакциях аннигиляции. Наклон энергетической зависимости масштабного параметра в этом случае примерно в 1,5 раза больше, чем для нуклон-нуклонных взаимодействий [8].

Было продолжено исследование квантово-механического эффекта Ааронова–Бома при дифракции заряженных частиц на тороидальном соленоиде, внутри которого сосредоточено магнитное поле [9]. Интегральное и дифференциальное сечения упругого рассеяния зависят от магнитного потока внутри соленоиде даже при наличии кольцеобразного «черного» экрана, не пропускающего заряженные частицы в область локализации магнитного поля. В эйкональном приближении и в рамках унитарной модели рассеяния с резким скачком парциальных амплитуд получены соотношения, описывающие транспортное сечение упругого рассеяния заряженных частиц на

тороидальном соленоиде. Транспортное сечение рассеяния пропорционально средней передаче продольного импульса рассеянной частице и может быть выражено через оператор силы. Показано, что при отсутствии экрана транспортное сечение рассеяния на тороидальном соленоиде действительно определяется только той частью падающего пучка, которая пересекает внутреннюю область тороидального соленоида, где напряженность магнитного поля, а следовательно, и сила Лоренца не равны нулю. В то же время транспортное сечение рассеяния заряженных частиц на тороидальном соленоиде, закрытом кольцеобразным «черным» экраном, не зависит от магнитного потока внутри соленоида и совпадает с транспортным сечением дифракции на самом экране. При этом вклад от рассеяния на отверстии в экране, зависящий от магнитного потока, полностью компенсируется вкладом интерференции амплитуд рассеяния на отверстии и на «черном» экране.

Проведен анализ экспериментальных данных **адронных резонансов в системах, распадающихся на обычные и странные частицы** (руководитель Троян Ю.А.). Показано, что ни в каких системах не выполняется закон квадратичной зависимости спина резонанса от его массы. Сконструирован феноменологический потенциал, с помощью которого удалось найти универсальную зависимость спина резонанса от его массы для всех исследованных резонансов, содержащих u -, d - и s -кварки. Также исследована зависимость спинов от масс астрофизических объектов (астероиды, планеты, звезды, галактики). Сделано сравнение полученных расчетов с результатами Мурадяна Р.М.

На 45388 событиях реакции $np \rightarrow n\pi^+\pi^-$, выделенной в np -взаимодействиях при $P_n = (5,20 \pm \pm 0,16)$ ГэВ/с в однометровой водородной пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ, произведены поиск и исследования резонансов в системе $\pi^+\pi^-$. При использовании критериев $\cos \Theta_p^* > 0$ и $|X_{\pi^+\pi^-}^*| \leq 0,5$ выделено девять особенностей при массах (350 ± 11) , (405 ± 10) , (505 ± 8) , (609 ± 5) , (665 ± 11) , (754 ± 4) , (878 ± 10) , (1155 ± 11) и (1235 ± 23) МэВ/с² (см. рис. 9). Превышение над фоном составляет 2,3, 4,8,

4,1, 2,5, 2,9, 7,8, 2,2, 4,9 и 4,7 стандартных отклонений соответственно. Экспериментальные ширины резонансов меняются в пределах от 16 до 43 МэВ/с², что сравнимо с экспериментальным разрешением по массам. Сравнение со спектром эффективных масс $\pi^+\pi^-$ -комбинаций из реакции $np \rightarrow n\pi^+\pi^-$ показывает, что соответствующие особенности в этом спектре отсутствуют. Поэтому найденным особенностям в спектре масс $\pi^+\pi^-$ надо приписать значение изотопиче-

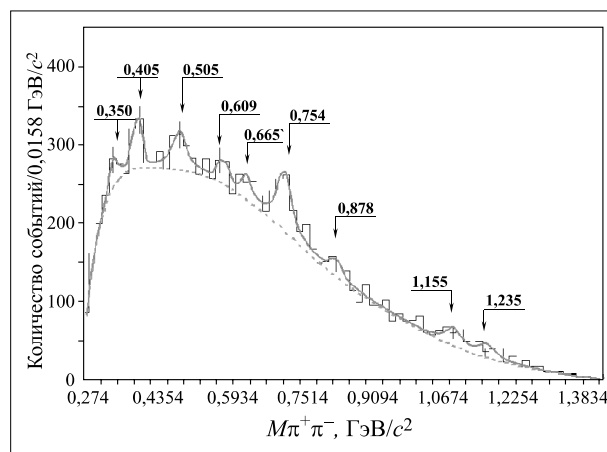


Рис. 9. Распределение эффективных масс $\pi^+\pi^-$. Количество отобранных событий 11299

ского спина $I = 0$. Оценка спина произведена для наиболее статистически обеспеченных резонансов при массах 405, 505 и 754 МэВ/с². Для $M_R = 754$ МэВ/с² с высокой степенью достоверности $J = 0$; для $M_R = 405$ и $M_R = 505$ МэВ/с² наиболее вероятное значение $J = 0$. Таким образом, можно утверждать, что обнаружено по крайней мере три состояния с квантовыми числами σ_0 мезона $0^+(0^{++})$ при массах 405, 505 и 754 МэВ/с² [10]. Предварительные данные о резонансе с массой, равной 754 МэВ/с², опубликованные в 1998 г., включены в «Eur. Phys. Jour. C» 2000. V. 15. P. 1 (Particle Data Group).

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2000 г. продолжались работы по проектированию ускорителя для электроядерного реактора. Разработана общая концептуальная схема, включающая:

- десять изохронных инжекторных циклотронов с многодуантной системой, обеспечивающей режим ускорения с разделенными орбитами (МД ЦРО); каждый циклотрон обеспечивает ускорение протонов с током 10 мА до энергии 30 МэВ;

- один бустерный ЦРО со сверхпроводящей (СП) 10-уровневой магнитной системой и двенадцатью теплыми высокочастотными резонаторами, доускоряющий десять инжектированных пучков до энергии 300 МэВ;
- один основной ЦРО с подобной СП магнитной системой и 44 ВЧ-резонаторами, сообщающий пучкам конечную энергию 1 ГэВ;

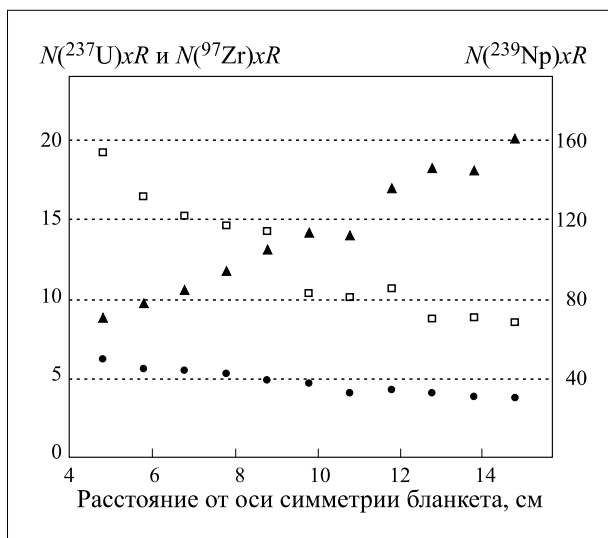


Рис. 10. Пространственное распределение относительных выходов (n, f) -, (n, γ) - и $(n, 2n)$ -реакций в активационных детекторах из естественного урана, размещенных по радиусу модели U/Pb-сборки. Значения по оси ординат приведены в произвольных единицах. ▲ — $^{239}\text{Np}-^{238}\text{U}(n, \gamma)$, $E_\gamma = 277,6$ кэВ; □ — $^{237}\text{U}-^{238}\text{U}(n, 2n)$, $E_\gamma = 208,0$ кэВ; ● — $^{97}\text{Zr}-^{238}\text{U}(n, f)$, $E_\gamma = 743,3$ кэВ

— десять СП-каналов транспортировки ускоренных пучков в активную зону реактора.

В работе [11] даны основные параметры ускорительного комплекса для получения протонного пучка с энергиями 1 ГэВ и током 100 мА. Описано сопряжение с реактором тепловой мощностью 3 ГВт. Обсуждаются связанные с проектом проблемы и проектные параметры.

«Энергия плюс трансмутация». На протонном пучке синхрофазотрона при энергии 1,5 ГэВ проведены эксперименты по облучению свинцовой мише-

ни-конвертора и двухсекционного уранового бланкета с применением активационной и трековой томографии и термометрической калориметрии [12]. Определены парциальные интегралы деления ядер урана с помощью оригинальной методики-интегратора деления урана. Использование комбинации кадмиевых экранов и радиаторов (обедненных или обогащенных изотопами ^{235}U) с твердотельными трековыми детекторами позволяет провести раздельное определение числа делений нейтронами из различных энергетических областей. Анализ полученных данных указывает на основной вклад быстрых нейтронов в процесс деления ядер ^{238}U . Этот вывод хорошо согласуется с результатом, который получен в работе [13], относительно выбора положений, оптимальных для размещения образцов при изучении сечений трансмутации радиоактивных отходов атомной энергетики тепловыми и резонансными нейтронами. Были исследованы относительные вклады тепловых, резонансных и быстрых нейтронов в процесс деления естественного урана в объеме бланкета.

Проведено компьютерное моделирование основных характеристик U/Pb-сборки (эффективный коэффициент размножения нейтронов, спектр нейтронов, коэффициент усиления мощности) гибридной электроядерной установки «Энергия плюс трансмутация».

Из обработки гамма-спектров активационных детекторов из естественного урана, экспонировавшихся в составе U/Pb-сборки, определена радиальная зависимость выходов (n, f) -, (n, γ) - и $(n, 2n)$ -реакций на ядре ^{238}U . Примеры таких зависимостей показаны на рис. 10. Массовые распределения осколков деления и продуктов, образовавшихся в реакции радиационного захвата, позволяют получить сведения о мощности энерговыделения в бланкете из урана естественного изотопного состава [13].

СОТРУДНИЧЕСТВО С ДРУГИМИ УСКОРИТЕЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ

В последнее время совместные работы проводились в ЦЕРН в экспериментах NA45 (CERES), NA49, WA98, EMU0, работающих на ядерных пучках SPS. Значительный вклад был сделан в эти установки различными детекторами. Эксперименты ALICE и CMS на LHC дадут новую интересную информацию, и физики ЛВЭ активно участвуют в подготовке этих экспериментов.

Некоторые результаты экспериментов NA45, NA49, WA98 наряду с результатами других экспериментов на пучке свинца в ЦЕРН были интерпретированы как сигналы от кварк-глюонной плазмы.

Соруководителем коллаборации WASA на ускорителе CELSIUS в Упсале избран Морозов Б.А., и его

группа из ЛВЭ активно участвует в этом эксперименте.

В течение 2001–2003 гг. мы планируем продолжить участие в этих экспериментах за исключением проекта WA98, который закончился к настоящему времени.

Коллаборацией NA45 (CERES) (руководитель от ЛВЭ Панебратцев Ю.А.) будут продолжены работы со свинцовым пучком для получения большей статистики по рождению ω - и ϕ -мезонов.

Планируется продолжить деятельность в коллаборации STAR (руководитель от ОИЯИ Панебратцев Ю.А.) на RHIC (BNL), которая получила первые экспериментальные данные в этом году.

Первоочередные задачи программы эксперимента **NA49** (руководитель от ЛВЭ Мелкумов Г.Л.) следующие:

- получение большей статистики для Pb + Pb-столкновений при энергии 158 А ГэВ, что необходимо для редких процессов;
- изучение Pb + Pb-столкновений при более низких энергиях (40 и 80 А ГэВ) для того, чтобы установить энергетическую зависимость сигналов от QGP;
- исследование столкновений более легких ионов (C + C, Si + Si и Ag + Ag) для понимания того, как свойства материи зависят от размеров сталкивающихся объектов.

Для эксперимента **ALICE** (руководитель от ОИЯИ Водопьянов А.С.) будет спроектирован и создан теплый дипольный магнит мюонного плеча спектрометра в ОИЯИ при поддержке ЦЕРН. Наши физики также участвуют в развитии программного обеспечения эксперимента ALICE и моделировании.

Для разрабатываемого детектора **TRD/ALICE** создан макет (40×40 см) проекционной дрейфовой камеры со считыванием информации со «стриппового» катода с помощью быстрых (50 мГц) FADS. Начаты исследования различных газовых смесей для оптимизации работы детектора на пучке.

Получены первые результаты совместного эксперимента **ОИЯИ-RIKEN** по исследованию спиновой структуры ${}^3\text{He}$ на малых расстояниях. Основной целью совместного эксперимента R308n(OA) ОИЯИ-Япония, принятого программным комитетом RIKEN в декабре 1999 г., является изучение спиновой структуры ${}^3\text{He}$ (${}^3\text{H}$) на расстояниях, недостижимых на настоящий момент, с использованием электромагнитных пробников посредством измерения угловых зависимостей тензорных анализирующих способностей A_{yy} , A_{xx} и A_{xz} в реакциях $dd \rightarrow {}^3\text{He}n$ и $dd \rightarrow {}^3\text{H}p$.

Данные поляризационные наблюдаемые величины чувствительны к спиновому распределению нейтрона (протона) в ${}^3\text{He}$ (${}^3\text{H}$) на малых расстояниях в рамках приближения однонуклонного обмена [14, 15]. Предсказания поведения тензорных анализирующих способностей A_{yy} , A_{xx} и A_{xz} при начальной энергии дейтрона 270 МэВ для различных волновых функций трехнуклонного связанного состояния показаны на рис. 11 [16]. Наблюдается сильная чувствительность данных поляризационных наблюдаемых к использованной волновой функции трехнуклонной связанной системы, в особенности при малых углах испускания.

Так как ${}^3\text{He}$ и ${}^3\text{H}$ являются зеркальными образами относительно зарядовой симметрии, то отличие в их наблюдаемых может быть интерпретировано в терминах нарушения зарядовой симметрии. Измерение тензорных анализирующих способностей, которые в первом порядке не чувствительны к кулонов-

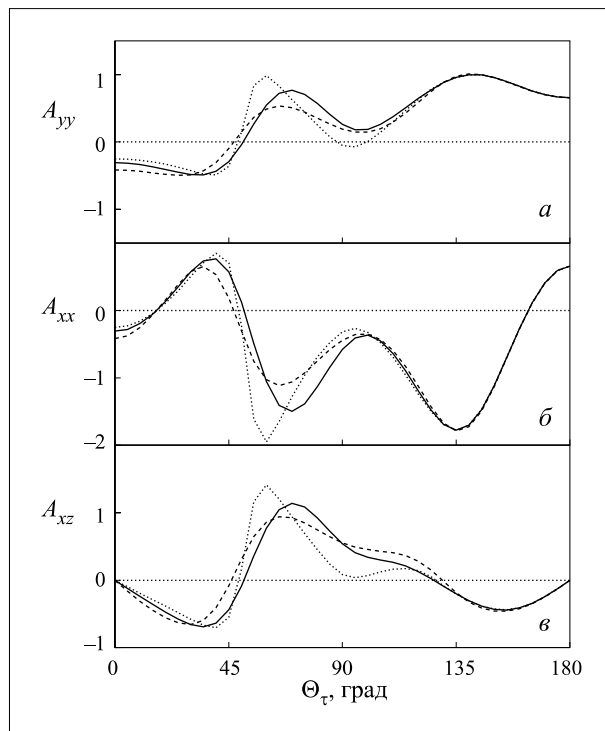


Рис. 11. Тензорные анализирующие способности A_{yy} , A_{xx} и A_{xz} в реакции $dd \rightarrow {}^3\text{He}n$ при 140 МэВ (а), 200 МэВ (б) и 270 МэВ (в) соответственно. Сплошная, штриховая и точечная линии — результаты вычислений в рамках однонуклонного обмена с использованием различных волновых функций ${}^3\text{He}$

ским коррекциям, в реакциях $dd \rightarrow {}^3\text{He}n$ и $dd \rightarrow {}^3\text{H}p$, особенно при больших импульсах, могло бы обеспечить дополнительную информацию о природе нарушения зарядовой симметрии.

Коллаборация ЛВЭ-RIKEN провела измерение тензорных A_{yy} , A_{xx} и A_{xz} и векторной A_y анализирующих способностей на пучке поляризованных дейтронов циклотрона RIKEN на спектрометре SMART с 26 ноября по 11 декабря 2000 г. Данные наблюдаемые были измерены со статистической погрешностью $\pm 0,02$ при энергиях 200 и 270 МэВ во всем угловом диапазоне для реакции $dd \rightarrow {}^3\text{H}p$. Тот же самый набор анализирующих способностей был получен для канала $dd \rightarrow {}^3\text{He}n$ при энергии 270 МэВ между углами 0 и 120° в системе центра масс. Такая высокая точность экспериментальных данных позволит дискриминировать различные модели трехнуклонного связанного состояния до внутреннего импульса нуклона ≈ 600 МэВ/с.

Эти исследования могут быть в будущем продолжены, используя пучок поляризованных дейтронов ускорительного комплекса ЛВЭ [17].

Для эксперимента **HADES** (руководитель от ЛВЭ Заневский Ю.В.) было сделано следующее:

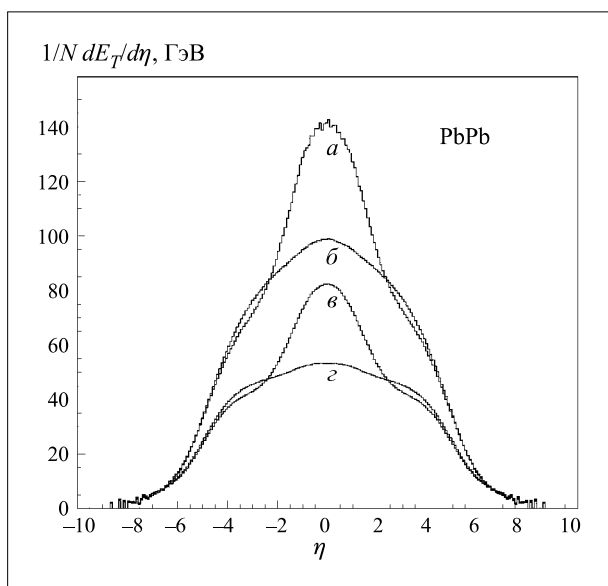


Рис. 12. Распределение полной поперечной энергии dE_T в ГэВ по псевдобыстроте η для 10000 событий РbРb-взаимодействия при энергии в с.ц.м. 5,5 ТэВ/нуклон. Сверху вниз: нет экранирования, учтен эффект гашения струй (а); эффекты среды полностью игнорируются (б); учтены и эффект экранирования, и эффект гашения струй (в); экранирование учтено, нет потерь в ядерной среде (з)

— Созданы и исследованы в лабораторных условиях семь модулей дрейфовых камер с малым количеством вещества. Шесть таких модулей собраны в полном комплекте с электроникой считывания информации и установлены внутри сверхпроводящего магнита спектрометра HADES. Камеры испытывались в составе установки HADES в эксперименте при взаимодействии $C + C$ (1,5 А ГэВ) в ноябре 2000 г. Полученные результаты обрабатываются.

— После изготовления в промышленности около 30 тыс. каналов аналоговой электроники дрейфовых камер (16-канальные усилители-дискриминаторы), разработанных в ЛВЭ ОИЯИ, 14 тыс. каналов было отлажено и установлено на дрейфовые

камеры перед сеансом работы в октябре 2000 г. Для мониторинга сигналов со всех камер использовались модифицированные платы FEE, также созданные в ЛВЭ.

— Разработан алгоритм и написана программа быстрой оценки эффективности дрейфовых камер, позволяющая следить за работой камер и считывающей электроники во время сеанса облучения установки. Программа использовалась для анализа экспериментальных данных, полученных в 2000 г. Разработан алгоритм и написана первая версия программы поиска кандидатов в треки в дрейфовых камерах, расположенных за магнитом спектрометра HADES. Программа опробована на экспериментальных данных, полученных в ноябре 2000 г.

В рамках участия Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в физической программе экспериментов с тяжелыми ионами коллаборации CMS (компактный мюонный соленоид) на большом адронном коллайдере (LHC) было проведено исследование глобальных характеристик ядро-ядерных взаимодействий при ультрарелятивистских энергиях. Основные результаты включены в проект научно-технического обоснования исследований на пучках тяжелых ионов коллаборации CMS и в материалы рабочего совещания по программе экспериментов с тяжелыми ионами коллаборации, проходившего в Гатчине (ПИЯФ).

Наши предложения по исследованию динамики ядро-ядерных взаимодействий включают в себя следующие основные аспекты:

- наблюдение и изучение эффектов гашения струй и партонного экранирования (в области малых x ; $x \approx 10^{-4}, 10^{-5}$) при столкновении ядер с помощью глобальных наблюдаемых (полной поперечной энергии и зарядовой множественности) (рис. 12) [18–20];
- изучение зависимости этих эффектов от прицельного параметра [18];
- использование глобальных наблюдаемых для оценки начальных условий ядро-ядерных взаимодействий на ранних стадиях [18, 20].

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ

В 2000 г. с участием ЛВЭ было организовано несколько научных конференций.

16–18 мая в Дубне проведено рабочее совещание, посвященное изучению структуры легких экзотических ядер с использованием метода ядерных эмульсий. Были обсуждены и перспективы облучения на ускорительном комплексе ЛВЭ — формирование пучков протонноизбыточных изотопов бора, углерода. Основной вопрос — существование протонного гало в ядрах для ядер вблизи границы протонной стабиль-

ности. Эта задача особенно привлекательна для эмульсионной методики вследствие лучшей наблюдаемости этих взаимодействий при рекордном пространственном разрешении. Можно предполагать, что классическая эмульсионная методика позволит начать новую главу исследований по структуре ядра уже на пучках нуклотрона.

Совещание собрало опытных специалистов по эмульсионной методике. Были обсуждены планы по исследованию взаимодействия тяжелых ядер на

нуклотроне и в других центрах. Таким образом, экспериментальный метод, зародившийся сто лет назад одновременно с открытием радиоактивности А.Беккерелем, продолжает работать на перспективные исследования по физике ядра.

С 11 по 14 июня в Петербургском институте ядерной физики (Гатчина) состоялось рабочее совещание сотрудничества CMS по развитию программы исследований на пучках сталкивающихся тяжелых ионов при ультрарелятивистских энергиях большого адронного коллайдера ЦЕРН (LHC).

Согласно теоретическим представлениям, картина множественного рождения частиц при столкновении ядер на LHC будет в доминирующей степени описываться на языке взаимодействия кварков и глюонов, которое приводит к рождению мини-струй (minijets). Такие адронные струи необязательно различимы в угловом анализе, однако сечение их рождения можно оценить в рамках квантовой хромодинамики. Рост энергии столкновения на LHC несомненно приведет также и к доминирующей роли партонов с малыми долями импульса нуклонов. По существу, ядерная физика при ультрарелятивистских энергиях превратится в физику адронных столкновений с ядерным «ароматом». Возможные эффекты излучения и перераспределения кварков и глюонов в образующейся ядерной среде, их экранировка в ядерной материи могут привести к ярким эффектам, недостижимым при энергиях существующих ускорителей.

Совещание в ПИЯФ стало уже пятым по счету. Предыдущие проводились в Лионе (1996), Дубне (1997), ЦЕРН (1998, 1999). Программа совещания включала в себя следующие вопросы:

- прогресс в понимании процессов образования кварк-глюонной плазмы и перспектив физики тяжелых ионов при ультрарелятивистских энергиях; развитие теоретических концепций и программных генераторов;
- последние экспериментальные достижения в этой области, в том числе результаты на пучках ядер свинца в суперпротонном синхротроне ЦЕРН, статус релятивистского коллайдера тяжелых ионов и экспериментов в Брукхейвенской национальной лаборатории, статус LHC как ядерного коллайдера, обзор проекта ALICE как специализированного эксперимента по поиску кварк-глюонной плазмы;
- физическая программа экспериментов с тяжелыми ионами сотрудничества CMS, учитывающая особенности спектрометра — измерение глобальных характеристик столкновений ядер (потoki частиц), изучение кварк-глюонной плазмы с помощью так называемых жестких пробников: кваркониев, димюонов, струй. Кроме того, рассматривалась физика протон-ядерных столкновений, физика электромагнитных и дифракционных взаимодействий ядер;

- состояние дел по подготовке эксперимента CMS, прежде всего аспекты, имеющие особенное значение для проведения экспериментов с тяжелыми ионами: трековая система, калориметрия, мюонный детектор, триггер и система сбора данных, развитие программного обеспечения.

Совещание собрало 65 участников стран-участниц ОИЯИ, Франции, Италии, США. Оно прошло на высоком научном и организационном уровне и дало новый импульс разработке проблем первоочередных исследований на LHC. Его проведение было поддержано руководством сотрудничества CMS, Российским центром фундаментальных исследований, дирекциями ОИЯИ и ПИЯФ, завода «Красный выборжец».

С 26 июня по 1 июля в Словакии (Стара Лесна) прошло традиционное рабочее совещание «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ». Совещание было организовано ОИЯИ и Физическим институтом Словацкой академии наук и посвящено прогрессу исследований в области релятивистской ядерной физики. ФИ САН внес значительный вклад в успех первых экспериментов на внутренней мишени нуклотрона. Успешный вывод пучка из нуклотрона сделал актуальным рассмотрение на этом совещании перспектив совместных исследований и решение практических вопросов проведения новых экспериментов. Был дан подробный обзор физической программы исследований на нуклотроне и развития ускорительного комплекса. Среди новых предложений, рассмотренных на совещании, перспективы исследований по структуре экзотических ядер на релятивистских пучках. В рамках обсуждения участия физиков ЛВЭ в экспериментах по ядро-ядерным соударениям были представлены результаты эксперимента NA49 в ЦЕРН по рождению легких ядер и антиядер и перспективы изучения глобальных характеристик реакций на LHC (коллаборация CMS). Участники совещания из США и Франции дали обзор первых физических результатов, полученных на ускорителях SEBAF и RHIC.

XV международный семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» проходил в Дубне 25–29 сентября.

История этих семинаров началась в 1969 г. Первый семинар состоялся как одно из ряда относительно небольших мероприятий Отделения ядерной физики Академии наук СССР, инициированных в 60-е годы академиком М.А.Марковым. Целью этих мероприятий, известных как Марковские семинары, было обсуждение последних достижений и наиболее актуальных задач по конкретной выбранной тематике достаточно узким, но авторитетным научным коллективом. Основу семинаров составляли обзорные доклады ведущих физиков — теоретиков и экспериментаторов, в том числе приглашенных из-за рубежа.

Именно с одного из таких семинаров стартовала 30 лет назад серия дубненских конференций (с неофициальным названием «Балдинская осень»), которые проводятся с тех пор регулярно с двухлетней периодичностью. Нынешняя конференция — уже 15-я по счету. За свою историю она приобрела известность как авторитетная конференция по физике сильных взаимодействий, прежде всего по актуальным проблемам квантовой хромодинамики и соударений ядер при релятивистских энергиях. Можно с уверенностью утверждать, что релятивистская ядерная физика превратилась в одно из основных направлений научного будущего ОИЯИ.

На этот раз конференция «переехала» из Лаборатории теоретической физики в конференц-зал экспериментальной лаборатории. Теперь теоретики смогли поближе познакомиться с практическими возможно-

стями экспериментаторов, включая и организационные. Площадка Лаборатории высоких энергий имеет немало зданий, которые мы можем считать историческими для ОИЯИ. Лаборатория теоретической физики начинала свою работу в 1958 г. именно здесь.

На 15-м семинаре был сделан 131 доклад, в том числе представлены доклады о первых результатах экспериментов на выведенном пучке из ускорителя сверхпроводящего типа — нуклотрона. Впервые были доложены и результаты, полученные на только что запущенном коллайдере тяжелых ионов RHIC в США.

Кроме сотрудников ОИЯИ в семинаре принимали участие специалисты из Армении, Болгарии, Бразилии, Германии, Грузии, Ирана, Монголии, Польши, России, Словакии, США, Тайваня, Узбекистана, Франции, Чехии, Югославии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kovalenko A.D. // *Proc. of the Intern. Symposium «The 50th Anniversary of the Discovery of Phase Stability Principle», Dubna–Moscow, July 12–15, 1994 / Ed. A.M.Baldin et al. Dubna, 1996. P. 44–55.*
2. Afanasiev S. et al. // *Nucl. Phys. A. 1997. V. 625. P. 817.*
3. Afanasiev S. et al. // *Phys. Lett. B. 1998. V. 445. P. 14.*
4. Illarionov A.Yu., Litvinenko A.G., Lykasov G.I. Will be published in *Proc. of Intern. Workshop «Spin and Symmetry», Praha, 2000.*
5. Avdeyev S.P. et al. *Multifragmentation of Gold Nuclei by Light Relativistic Ions—Thermal Break-up Versus Dynamic Disintegration: JINR Preprint E1-2000-152, Dubna, 2000; Yad. Fyz. (in press).*
6. Avdeyev S.P. et al. *Collective Flow in Multifragmentation Induced by Relativistic Helium and Carbon Ions // Particles and Nuclei, Letters. 2000. No. 2[99]. P. 62–69.*
7. Avdeyev S.P. et al. *Variation of the Coulomb Repulsion in Multifragmentation // Particles and Nuclei, Letters. 2000. No. 2[99]. P. 70–77.*
8. Голохвастов А.И. Препринт ОИЯИ P4-2000-48. Дубна, 2000 (направлено в «ЯФ»).
9. Любошиц В.В., Любошиц В.Л. Препринт ОИЯИ P4-2000-48. Дубна, 2000 (направлено в «ЖЭТФ»).
10. Troyan Yu.A. et al. *The Search and Study of the Resonances in the System of $\pi^+\pi^-$ -Mesons from the Reaction $np \rightarrow n\pi^+\pi^-$ at $P_n = 5.20$ GeV // Particles and Nuclei, Letters. 2000. No. 6[103]. P. 25–33.*
11. Шелаев И.А. и др. Ускоритель и реактор // *Письма в ЭЧАЯ. 2000. № 6[103]. С. 70–85.*
12. Кривоустов М.И. и др. Препринт ОИЯИ P1-2000-168. Дубна, 2000 (направлено в «Kern-technik»).
13. Брандт Р. и др. Сообщение ОИЯИ P1-99-117. Дубна, 1999.
14. Ladygin V.P., Ladygina N.B. // *Phys. Atom. Nucl. 1996. V. 59. P. 789.*
15. Ladygin V.P., Ladygina N.B. // *Nuovo Cim. A. 1999. V. 112. P. 855.*
16. Ladygin V.P. et al. // *Particles and Nuclei, Letters. 2000. No. 3[100]. P. 74.*
17. Ladygin V.P., Ladygina N.B. // *JINR Rapid Commun. 1995. No. 4[72]. P. 19.*
18. Savina M.V. et al. *Manifestation of the Jet Quenching and Parton Shadowing Effects in Global Characteristics of Nucleus–Nucleus Collisions in Ultrarelativistic Domain // Proc. of 5th CMS Heavy Ion Meeting, Gatchina, June 11–14, 2000.*
19. Zarubin P.I. et al. *Global Energy Flows in Heavy Ion Collisions in CMS // Proc. of 5th CMS Heavy Ion Meeting, Gatchina, June 11–14, 2000.*
20. Zarubin P.I., Savina M.V., Shmatov S.V. *An Influence of a Parton Shadowing on Global Observables: JINR Preprint P2-2000-112. Dubna, 2000 (submitted to «Yad. Fyz.»).*

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

В 2000 г. деятельность Лаборатории физики частиц была сосредоточена на проведении текущих экспериментов в области физики частиц, подготовке

новых экспериментов, разработке, создании и исследовании детекторов частиц, а также различных ускорительных систем.

ТЕКУЩИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В рамках темы **OSCAR** на установке **ЭКСЧАРМ** продолжается изучение образования очарованных барионов в нейтрон-ядерных взаимодействиях. Эксперимент ЭКСЧАРМ является развитием научной программы исследований, проводимых на ускорителе У-70 в Протвино. Она включает в себя поиск экзотических состояний в адронных реакциях; изучение адронного образования странных и очарованных частиц, включая поляризационные явления; изучение характеристик одиночного и парного рождения ϕ -мезонов, а также нарушения правила ОЦИ.

В поперечной системе покоя распадов $K^*(892)^\pm \rightarrow K^0\pi^\pm$ измерена относительная интенсивность рождения векторного мезона $K^*(892)^\pm$ с нулевой Z -компонентой спина (элемент спиновой матрицы плотности ρ_{00}) [1]. Получены следующие средние значения ρ_{00} : $0,393 \pm 0,011(\text{стат.}) \pm \pm 0,018(\text{сист.})$ для $K^*(892)^+$ и $0,363 \pm 0,025(\text{стат.}) \pm \pm 0,018(\text{сист.})$ для $K^*(892)^-$. Очевидное отклонение полученного среднего значения ρ_{00} от $1/3$, наблюдающегося для лидирующего мезона $K^*(892)^+$, указывает на выстроенность спина. Получены некоторые указания на выстроенность спина для нелидирующего мезона $K^*(892)^-$, однако уровень их статистической достоверности достаточно низок. Как показано на рис. 1, значение $\rho_{00}(P_T)$ возрастает с увеличением P_T для обоих каонов. В предположении линейной зависимости $\rho_{00}(P_T) = a + bP_T$, при фиксированном

значении параметра $a = 1/3$, получены следующие значения параметра наклона b : $0,137 \pm 0,022(\text{стат.}) \pm \pm 0,043(\text{сист.})$ для $K^*(892)^+$ и $0,085 \pm 0,059(\text{стат.}) \pm \pm 0,039(\text{сист.})$ для $K^*(892)^-$ (в $(\text{ГэВ}/c)^{-1}$).

Измерены следующие значения сечений инклюзивного рождения гиперонов во взаимодействиях нейтронов с углеродом: Λ^0 — (3370 ± 190) ; Ξ^- —

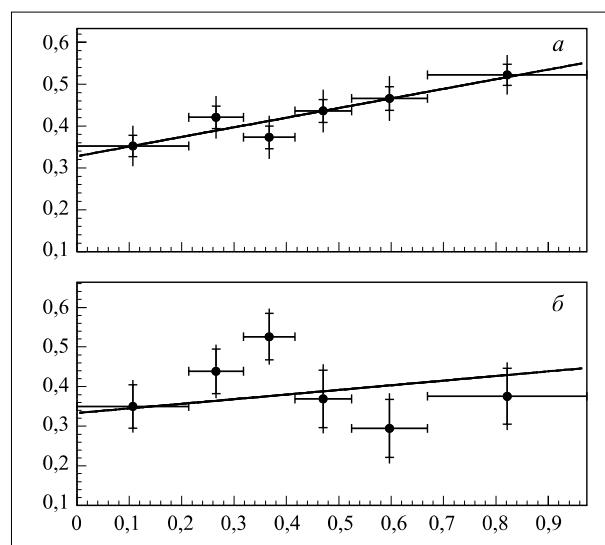


Рис. 1. P_T -зависимость матричного элемента ρ_{00} для спиновой плотности резонанса $K^*(892)^+$ (а) и $K^*(892)^-$ (б) в поперечной системе. Систематические ошибки включены квадратично в статистические

(76 ± 5) ; $\Sigma(1385)^- \text{ — } (286 \pm 20)$; $\Sigma(1385)^+ \text{ — } (252 \pm 18)$; $\Xi(1530)^0 \text{ — } (13,5 \pm 1,4)$ мкб/нуклон [2]. Получены предварительные результаты для сечений инклюзивного рождения антигиперонов: $\bar{\Lambda}^0 \text{ — } (175 \pm 10)$; $\bar{\Xi}^+ \text{ — } (6,5 \pm 0,5)$ мкб/нуклон. Продолжаются исследования ассоциативного рождения пар $\phi - \Lambda$ и $\phi - K$ в нейтрон-нуклонных взаимодействиях.

Поляризация Λ^0 -гиперонов, инклюзивно рожденных в нейтрон-нуклонных взаимодействиях, была изучена в широком диапазоне энергий реакции и при различных углах рождения Λ^0 [3]. Зависимость поляризации P от угла θ между плоскостью рождения Λ^0 и направлением вылета протона в системе покоя Λ показана на рис. 2 для различных параметров x_F . Для измерения поляризации использовался метод сокращения аппаратных функций. Полученные результаты являются наиболее точными измерениями поляризации Λ^0 в нейтронных пучках. Они хорошо согласуются с данными, полученными в протонных пучках. Необходимо подчеркнуть, что значения поля-

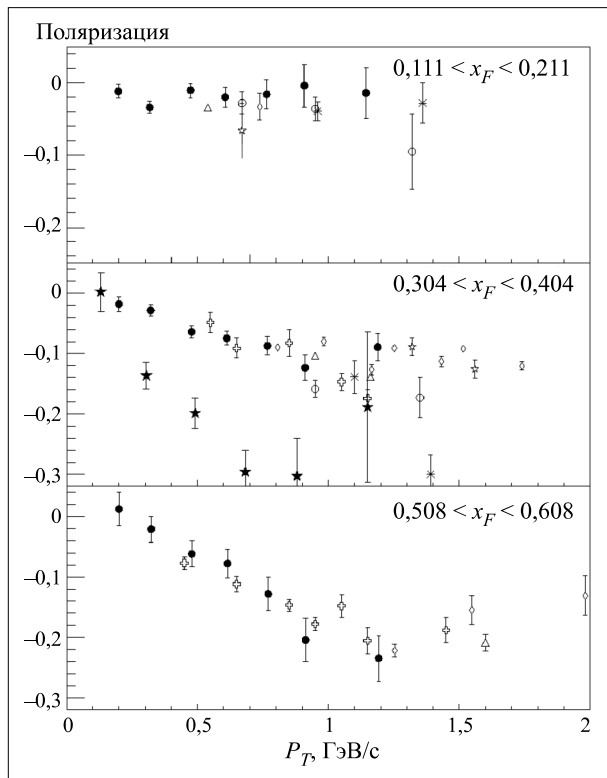


Рис. 2. Поляризация инклюзивных Λ^0 как функция от P_T для ограниченных x_F . ● — данный эксперимент, $nC \rightarrow \Lambda X$, 57 ГэВ; ★ — Алеев (1983), $nC \rightarrow \Lambda^0 X$, 40 ГэВ; † — Абе (1986), $p\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 X$, 12 ГэВ; ◇ — Лундберг (1989), $p\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 X$, 400 ГэВ; ☆ — Рамберг (1994), $p\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 X$, 800 ГэВ; △ — Геллер (1978), $p\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 X$, 400 ГэВ; ★ — Боннер (1988), $p\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 X$, 18,5 ГэВ; ○ — Боннер (1988), $p\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 X$, 13,3 ГэВ

ризации Λ^0 получены и в области малых P_T , при которых отсутствуют какие-либо другие экспериментальные данные.

Физики ЛФЧ активно работают в эксперименте NA48 (ЦЕРН), посвященном точному измерению отношения ϵ'/ϵ , которое характеризует прямое CP -нарушение в распадах K^0 -мезонов на $\pi^+\pi^-$ и $\pi^0\pi^0$. Новый предварительный результат, полученный на основе обработки данных сеанса 1998 г., был доложен на семинаре ЦЕРН и представлен на конференцию ICHEP-2000 в Осаке (Япония) [4] (см. рис. 3): $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (12,3 \pm 2,9(\text{стат.}) \pm 4,0(\text{сист.})) \cdot 10^{-4}$. Объединенная оценка по результатам сеансов 1997 и 1998 г. (с учетом частично коррелированных систематических ошибок) составляет $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (14,0 \pm 4,3) \cdot 10^{-4}$. Этот результат, подтверждающий ненулевое и положительное значение $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon)$, находится на верхней границе предсказаний стандартной модели (СМ). Таким образом, дальнейшее повышение экспериментальной точности оказывается очень важным для окончательного вывода и применимости основных моделей, используемых для оценки прямого CP -нарушения. На конференции ICHEP-2000 были также представлены новые результаты, полученные в эксперименте NA48 для редких распадов нейтральных каонов: $K_S^0 \rightarrow \gamma\gamma$, $K_S^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$, $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$, $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \gamma\gamma$, $K_L^0 \rightarrow e^+ e^- e^+ e^-$, $K_L^0 \rightarrow e^+ e^- \mu^+ \mu^-$ и $K_L^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma\gamma$ [5].

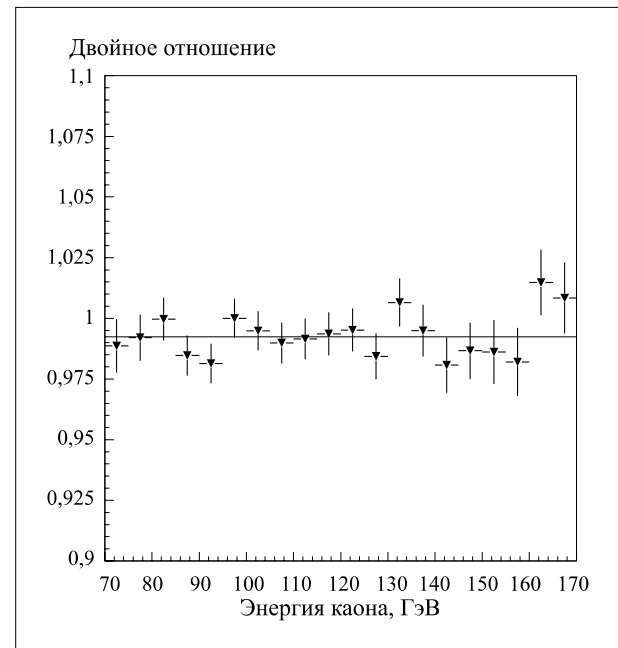


Рис. 3. Двойное отношение $R = \frac{\Gamma(K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0) / (K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)}{\Gamma(K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-) / (K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-)}$, полученное из данных сеанса 1998 г.

Были выполнены новые точные измерения массы Ξ^0 -гиперона, которая составила $(1314,82 \pm 0,06$ (стат.) $\pm 0,2$ (сист.)) МэВ/ c^2 . Измерены парциальные вероятности радиационных распадов Ξ^0 -гиперонов: $\text{Br}(\Xi^0 \rightarrow \Lambda\gamma) = (1,90 \pm 0,34$ (стат.) $\pm 0,19$ (сист.)) $\cdot 10^{-3}$ и $\text{Br}(\Xi^0 \rightarrow \Sigma^0\gamma) = (3,14 \pm 0,76$ (стат.) $\pm 0,32$ (сист.)) $\times 10^{-3}$ [6].

Группа ОИЯИ принимала активное участие в проведении сеанса эксперимента в 2000 г. В течение всего сеанса мониторингирование физических данных осуществлялось дубненской группой в режиме on-line. На ферме персональных компьютеров в ЛФЧ налажена массовая генерация данных Монте-Карло для установки NA48.

Разработана новая программа физических исследований редких распадов K_S^0 -мезонов и нейтральных гиперонов в эксперименте NA48 с использованием модифицированного K_S^0 -пучка. Проведен первый сеанс эксперимента в соответствии с этой программой. Подготовлена новая физическая программа точного измерения параметров распадов заряженных каонов (включая один из них, связанный с прямым CP -нарушением) на расширенной установке NA48.

Дубненская группа принимала активное участие в наборе экспериментальных данных и их анализе, а также в профилактическом ремонте системы вершинных мини-дрейфовых камер, расположенных в передней части спектрометра установки HERMES на $e-p$ -коллайдере HERA в DESY (Гамбург). В течение 2000 г. в эксперименте HERMES набрано $6 \cdot 10^6$ событий глубоконеупругого рассеяния (ГНР) на поляризованной дейтериевой мишени и около $15 \cdot 10^6$ событий ГНР на неполяризованной мишени с различными типами ядер.

Впервые в резонансной и ГНР областях измерен интеграл Герасимова–Дрелла–Херна (ГДХ), который является одним из наиболее фундаментальных правил сумм в спиновой физике высоких энергий [7, 8]. Это позволило извлечь Q^2 -зависимость интеграла ГДХ в области $1,2 < Q^2 < 12$ ГэВ². Отдельно выделены вклады в этот интеграл резонансной и ГНР областей. Найдено, что последний вклад доминирует при $Q^2 > 3$ ГэВ², в то время как оба вклада одинаково важны при малых Q^2 . Для полного интеграла не наблюдается никакого существенного отклонения от $1/Q^2$ -поведения во всей области измеренных значений Q^2 , а также каких-либо больших эффектов, обусловленных возбуждением нуклонных резонансов или нелидирующими твистами (см. рис. 4). Начат анализ данных, набранных в эксперименте HERMES на поляризованной мишени, с целью извлечения Q^2 -зависимости интеграла ГДХ для дейтрона и нейтрона.

На установке HERMES также выполнены измерения эксклюзивного фоторождения ρ^0 -мезонов на водороде [9, 10]. Основной целью этих измерений являлось изучение W -зависимости полного сечения, угловые распределения распадов и отношение $R = \sigma_L/\sigma_T$. Полученные результаты показаны на рис. 5, 6.

Одной из наиболее интересных проблем, изучение которой начато на основе анализа данных с установки HERMES в 2000 г. — это глубоко виртуальное комптоновское рассеяние (ГВКР) [11]. Процесс ГВКР можно изучать с помощью асимметрий, которые выделяют вклады в сечение лепторождения реального фотона, связанные с интерференцией между фоном. Возможно изучение нескольких асимметрий. Одна из них, первоначально исследованная на установке HERMES, это — азимутальная асимметрия одиночного спина (см. рис. 7), которая обеспечивает уникальную возможность получения информации о распределениях партонов, связанных с вкладом полного

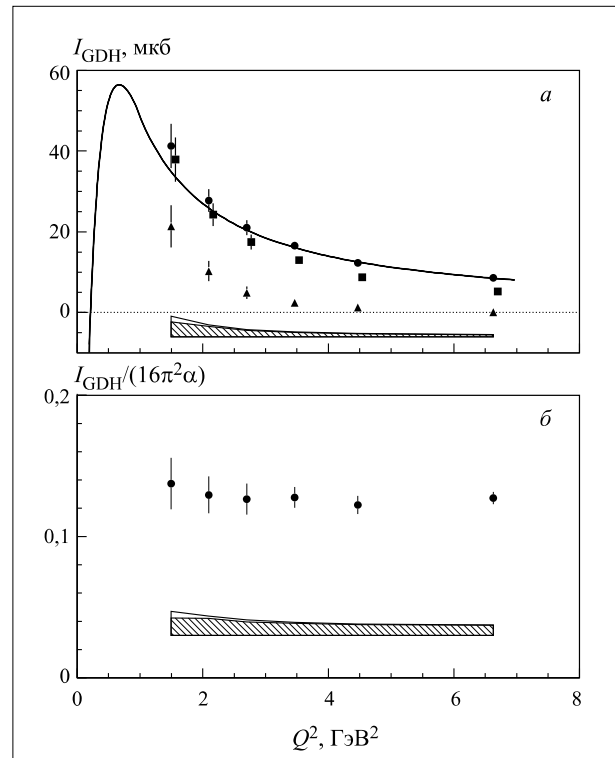


Рис. 4. а) Интеграл ГДХ (I_{GDH}) как функция от Q^2 для различных верхних пределов интегрирования: $W^2 < 4,2$ ГэВ² (\blacktriangle), $W^2 < 45,0$ ГэВ² (\blacksquare) и полный интеграл ГДХ (\bullet). Кривая рассчитана в модели Шоффера–Теряева для полного интеграла. б) $I_{\text{GDH}} / (16\pi^2\alpha)$ как функция от Q^2 . Нанесенные на экспериментальные точки интервалы погрешностей показывают статистические неопределенности. Пустые и заштрихованные области внизу — систематические неопределенности для полного интеграла с учетом вклада A_2 (а) и без него (б)

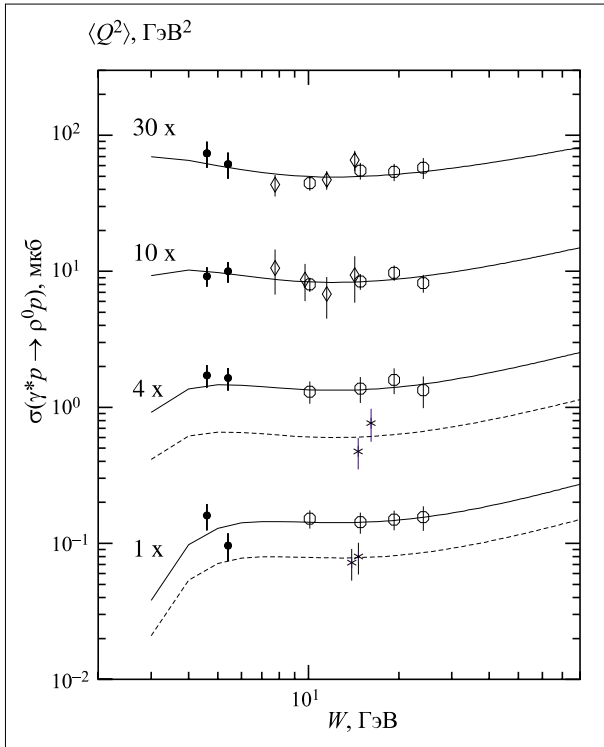


Рис. 5. Полное сечение виртуального фоторождения p^0 в зависимости от W при средних значениях Q^2 : 0,83, 1,3, 2,3 и 4,0 ГэВ² (сверху вниз). Сплошные и штриховые линии показывают результаты вычислений Л.Хаакмана и др. Для сплошных (штриховых) линий были использованы данные коллабораций HERMES (●), E665 (○), NMC (×), SMC (◇) для нормировки кривых. Как данные, так и вычисления были умножены на факторы, показанные слева

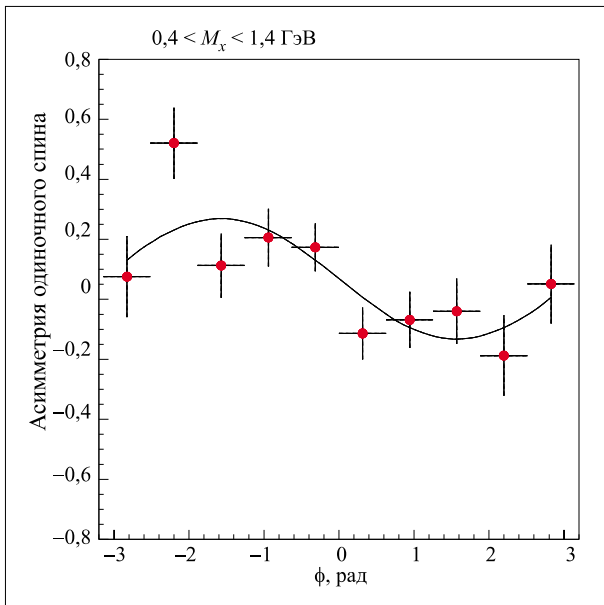


Рис. 7. Фитирование зависимости азимутальной асимметрии одиночного спина от азимутального угла

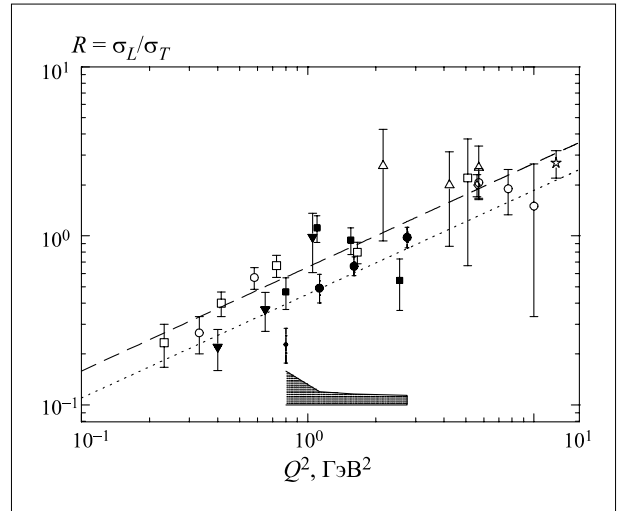


Рис. 6. Отношение $R = \sigma_L / \sigma_T$. Все погрешности только статистические. Заштрихованные области показывают систематические неопределенности представленных данных. Штриховые и точечные линии — результаты самосогласованного фитирования с помощью функции $R = c_0(W)(Q^2/M_p)^{c_1}$ данных со средними значениями $W > 4$ и $W > 7$ ГэВ соответственно. ● — HERMES (^3He), ■ — Cornell, ▼ — DESY, □ — E665, ◇ — NMC (D), △ — EMC (H), ○ — ZEUS, ☆ — H1

орбитального момента кварков и глюонов в спин нуклона.

ЛФЧ участвует в модернизации установки **H1**, предназначенной для исследования глубоконеупругого рассеяния на $e-p$ -коллайдере HERA (DESY), в частности, в развитии программного обеспечения и детекторной базы спектрометра вперед летящих протонов (ВЛП) [12] и адронного PLUG-калориметра. Группа сотрудников ОИЯИ внесла основополагающий вклад в физический анализ дифракционных процессов ГНР и фоторождения. Было измерено полное сечение для процессов полуинклюзивного фоторождения с образованием лидирующего протона в конечном состоянии в кинематической области $0,66 < z < 0,90$ [13]. Проведено сравнение измеренного сечения с данными по глубоконеупругому e^+p -рассеянию с образованием лидирующего протона в конечном состоянии. Для совместного описания процессов фоторождения и ГНР была использована так называемая модель насыщения, в рамках которой структура протона состоит из двух компонент: структурной функции F_2^{VDM} , соответствующей процессам образования векторных мезонов и доминирующей при малых значениях виртуальности фотона, и партонной структурной функции F_2^{QCD} , определяющей поведение сечения в области $Q^2 > 1$ ГэВ² (см. рис. 8). Получено, что полуинклюзивное сечение фоторождения лидирующих протонов подавлено сильнее отно-

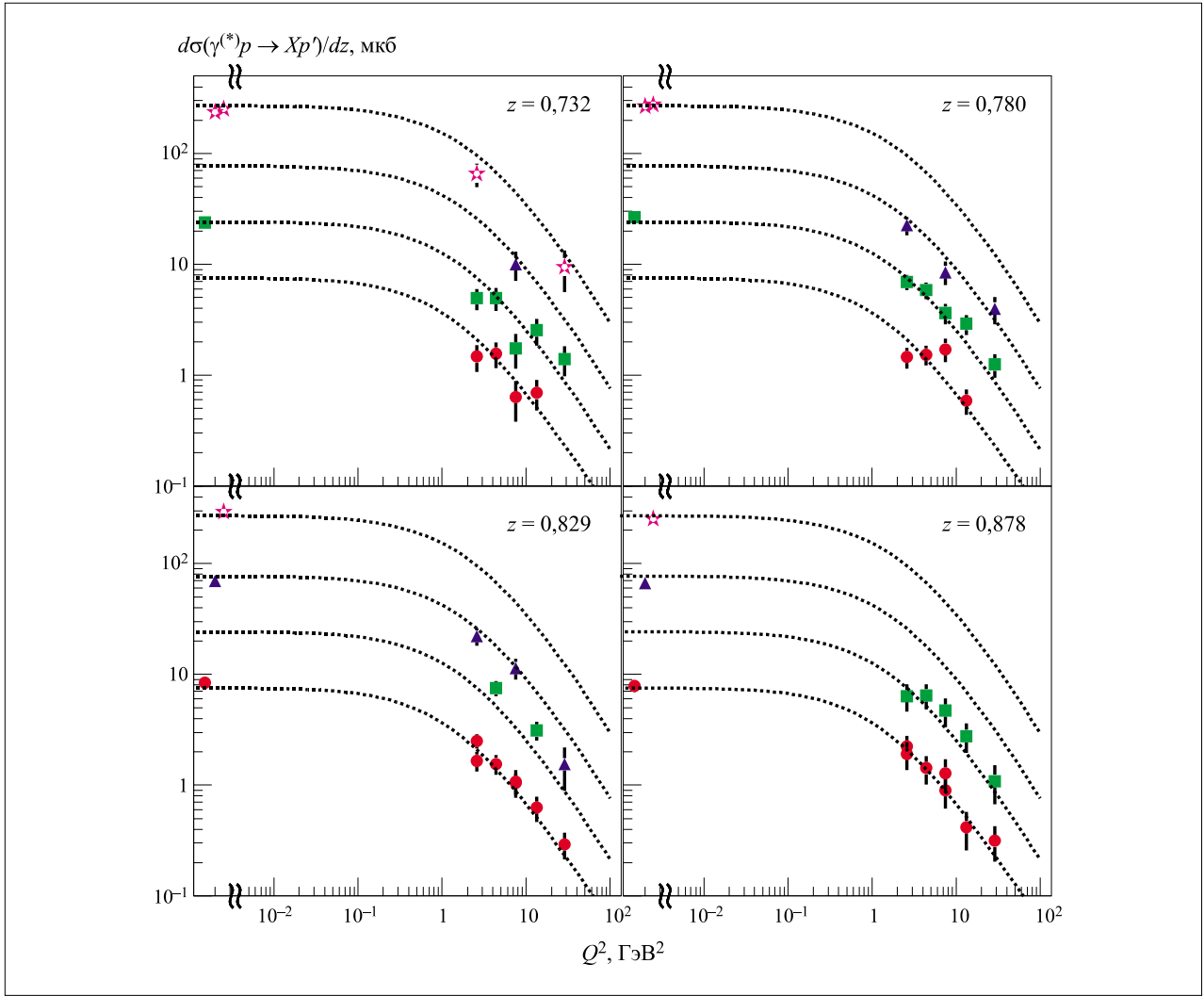


Рис. 8. Сечение полуинклюзивного фоторождения и ГНР для четырех интервалов разбиения по z и по адронной массе M_X как функции Q^2 . Кривые получены в результате фитирования на основе модели насыщения. ● — $M_X < 40$ ГэВ ($\times 1$); ■ — $40 < M_X < 60$ ГэВ ($\times 3$); ▲ — $60 < M_X < 80$ ГэВ ($\times 9$); ★ — 80 ГэВ ($\times 30$)

сительно инклюзивных процессов по сравнению с полуинклюзивным сечением образования лидирующих протонов в процессах ГНР. Была измерена структурная функция $F_2^{LP(3)}$ в глубоконеупругом e^-p -рассеянии в полуинклюзивных процессах с образованием лидирующего протона в дифракционной кинематической области ($z > 0,90$). Измерено сечение фоторождения p -мезонов и их угловые распределения в дифракционных процессах с лидирующим протоном, зарегистрированным в горизонтальных детекторах спектрометра ВЛП.

В эксперименте Н1 измерено сечение процесса $e^+p \rightarrow e^-X$ в области Q^2 от 200 до 30000 ГэВ² и проведено сравнение с предсказаниями СМ для сильных и электрослабых взаимодействий для процессов, описываемых нейтральными токами [14]. Данные пока-

зывают отсутствие значительного отклонения от предсказаний СМ.

В рамках изучения возможных эффектов проявления квантовой гравитации через взаимодействие гравитонов с СМ-частицами и трансформацию в пространство с дополнительными размерностями получены нижние пределы 0,48 и 0,72 ТэВ на эффективную шкалу Планка M_s для положительной и отрицательной интерференции соответственно. Отношение измеренных сечений к предсказаниям СМ приведено на рис. 9.

Измерены инклюзивные дифференциальные сечения процессов, описываемых нейтральными и заряженными токами, в e^-p - и e^+p -взаимодействиях в кинематической области Q^2 от 150 до 30000 ГэВ² и переменной Бьеркена x от 0,0032 до 0,65 [15, 16]. Измеренное сечение $d\sigma/dQ^2$ для процессов, описываемых

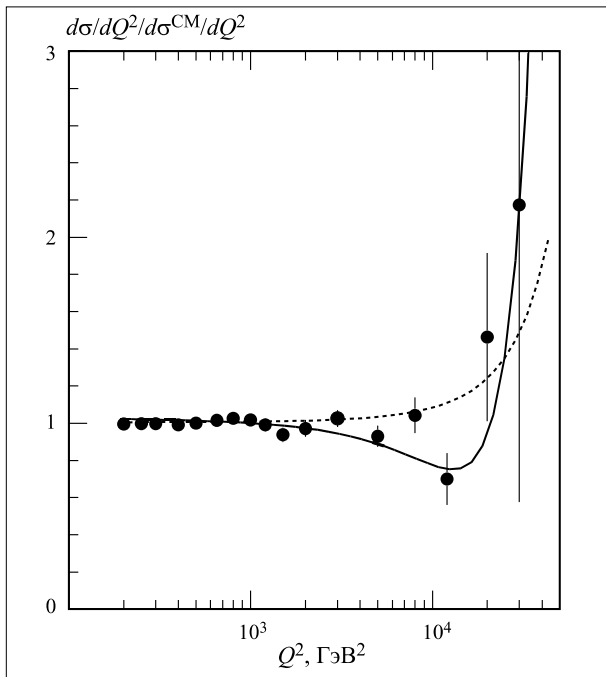
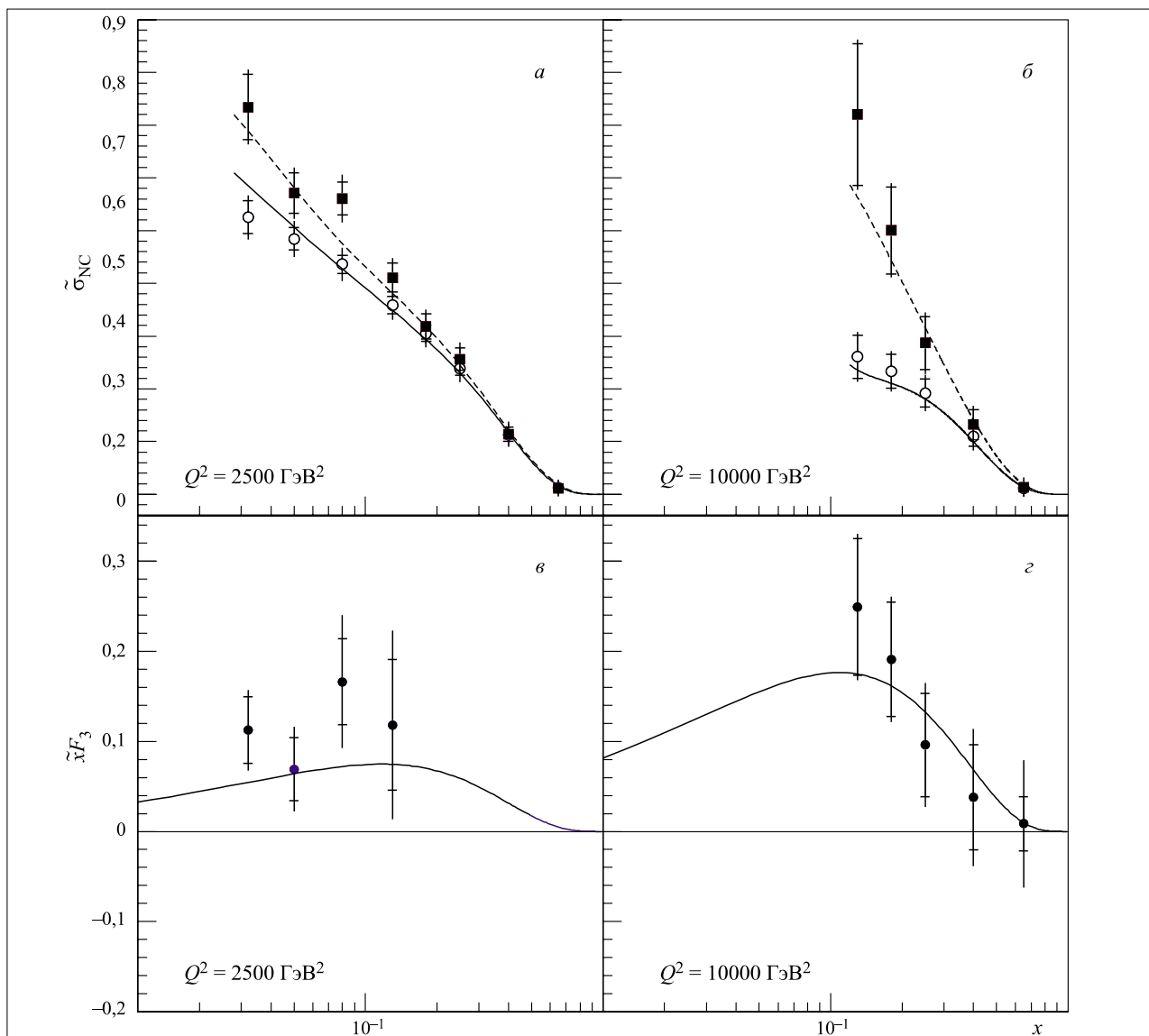


Рис. 9. Полные сечения процессов с нейтральными токами, нормированные на предсказания СМ. e^+p -данные для эксперимента H1 (●) сравниваются с эффектом обмена гравитоном, определенным нижним пределом шкалы M_S для положительной ($\lambda = +1$ при $M_S = 0,48$ ТэВ, сплошная линия) и отрицательной ($\lambda = -1$ при $M_S = 0,76$ ТэВ, пунктирная линия) связи

Рис. 10. Редуцированные сечения $\tilde{\sigma}_{\text{NC}}$ и нарушающая четность структурная функция \tilde{F}_3 в сравнении с предсказаниями СМ, основанные на фитировании в рамках КХД e^+p -данных эксперимента H1. ○ — e^+p , $\sqrt{s} = 300$ ГэВ; ■ — e^-p , $\sqrt{s} = 320$ ГэВ



ных нейтральными токами в e^-p -взаимодействиях, значительно превышает аналогичное сечение в e^+p -взаимодействиях при больших Q^2 , что согласно предсказаниям СМ определяется вкладом процессов обмена Z^0 -бозоном, нарушающим четность. В результате была измерена структурная функция xF_3 , вклад которой приводит к нарушению четности (см. рис. 10). Сечение процессов, описываемых заряженными токами в электрон-протонном рассеянии, на порядок превосходит аналогичное сечение в протон-протонном рассеянии при больших Q^2 . В рамках СМ это объясняется взаимодействием W -бозона с кварками разных ароматов в этих реакциях. В области относительно малых Q^2 сечение процессов, описываемых нейтральными токами, примерно в 1000 раз превосходит сечение процессов, описываемых заряженными токами, что в рамках СМ определяется вкладом пропагаторного члена, зависящего от M_W^2 (см. рис. 11). В области предельно больших $Q^2 \sim M_Z^2$, M_W^2 сечения процессов, описываемых нейтральными и заряженными токами, становятся близкими по величине, что также предсказывается СМ (электрослабое объединение).

ПОДГОТОВКА НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Спектрометр **COMPASS (NA58)** был разработан для проведения серии экспериментов с мюонами высоких энергий и адронными пучками в ЦЕРН. ЛФЧ участвует в конструировании и сборке адронного калориметра HCAL1, состоящего из 480 модулей, из которых 160 были полностью оснащены электроникой и использованы в исследованиях триггера в течение технического сеанса облучения в мае–сентябре 2000 г. ЛФЧ также участвовала в конструировании и изготовлении трековой straw-станции. Создана специализированная зона для сборки straw-камер, первые образцы которых были изготовлены в ЛФЧ и доставлены в ЦЕРН. Коллаборация COMPASS планирует начать набор данных в 2001 г.

В соответствии с обязательствами ОИЯИ по созданию установки **ATLAS** ЛФЧ участвует в создании жидкоаргонового адронного торцевого калориметра и связанных с ним подсистем детектора. В центральных мастерских ОИЯИ были изготовлены медные поглотители и сборочные элементы модулей из нержавеющей стали для четырех серийных модулей переднего кольца адронного калориметра. Серийные модули были собраны и проверены в ЦЕРН на тестовом пучке пионов, электронов и мюонов, а также без пучка частиц в холодных условиях. Анализ экспериментальных данных показал хорошую работоспособ-

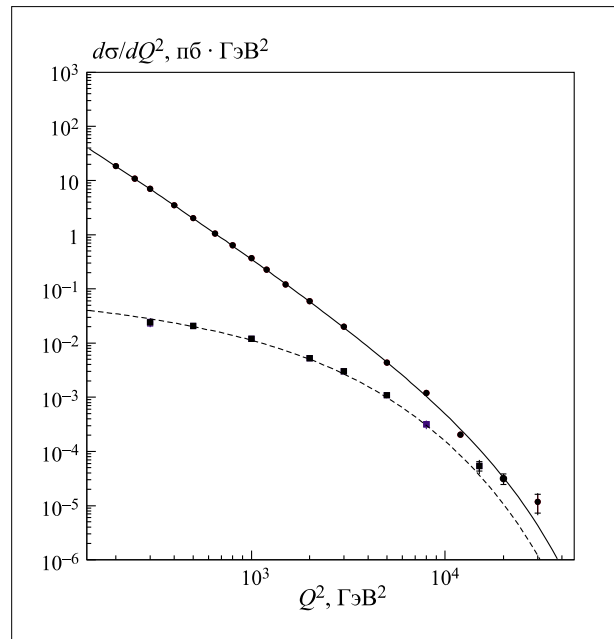


Рис. 11. Q^2 -зависимость полных сечений процессов с нейтральными (●) и заряженными (■) токами для объединенных измерений e^+p в эксперименте H1 1994–2000 гг. Данные сравниваются с предсказаниями СМ, полученными фитированием в рамках КХД в следующем за лидирующим порядке

ность модулей. На реакторе ИБР-2 ОИЯИ было измерено загрязнение жидкого аргона, которое может возникнуть из-за облучения конструкционных материалов калориметров детекторов ATLAS потоком нейтронов до $1,5 \cdot 10^{16}$ нейтронов·см⁻². Многочисленные исследования показали, что уровень возможного загрязнения жидкого аргона не превышает 2 ppm. Как элемент цепи электроники, была разработана принципиальная схема и изготовлена первая группа преформирователей. Их качество и характеристики исследованы на пучке SPS ЦЕРН. Было показано, что разработка и исполнение электроники прошли успешно. Около 700 температурных датчиков для жидкоаргонного калориметра детектора ATLAS были откалиброваны с точностью до нескольких мК.

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). В соответствии с графиком создания установки CMS в 2000 г. начато массовое производство торцевого адронного калориметра и станции вперед летящих мюонов ME1/1 [17, 18].

ОИЯИ координирует деятельность коллаборации RDMS CMS по конструированию и созданию адронного торцевого калориметра и несет полную ответственность за его поглотитель. Производство сцинтилляторных тайлов для адронного калориметра ME1/1 будет завершено до конца февраля 2001 г. Полномасштабный прототип сектора PPP2 адронного калориметра [19] дополнен 36 новыми мегатайлами и готов для тестирования в ЦЕРН.

Монтаж камер для ME1/1 будет начат в 2001 г. В этом же году налажено производство панелей для стрипповых камер с катодным считыванием (СККС), причем уже в июле скорость производства достигнет 10 панелей в неделю. Анализ экспериментальных данных, полученных на прототипе P4 станции ME1/1 [20], оснащенной разработанной в Минске электронной, показал, что основные параметры СККС удовлетворяют требованиям эксперимента CMS.

ОИЯИ и другие институты стран-участниц ОИЯИ участвуют в подпроекте предливневого детектора. Разработаны окончательная спецификация для массового производства кремния, а также технология массового производства силиконовых детекторов. Произведено 165 кремниевых детекторов общей площадью $0,4 \text{ м}^2$. Изготовлены две сборки предливневого детектора (2×8 кремниевых детекторов) с механическими характеристиками в пределах, требуемых по проекту. Продолжаются исследования радиационной стойкости кремниевых стрипповых детекторов.

Физики ОИЯИ участвуют в группе RDMS CMS по разработке программного обеспечения и моделированию физических процессов в торцевой и передней областях [21]. Программы CMSIM и ORCA были оттестированы и модифицированы для реконструкции мюонных треков в торцевой мюонной системе. Компьютерная группа принимает участие в разработ-

ке концепции распределенных региональных центров. Проводится моделирование столкновений тяжелых ионов в детекторе CMS для исследований триггерных условий.

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 $B^0 \rightarrow J/\Psi K_S^0$. Дубненская группа внесла значительный вклад в подготовку и монтаж суперслоев внешнего трекера, завершившегося в конце 1999 г. В 2000 г. физики ЛФЧ участвовали в эксплуатации суперслоев внешнего трекера и сеансах облучения детектора, проверке кабельных соединений и юстировке геометрии с использованием реальных данных. Дубненская группа внесла вклад в ARTE (пакет общего программного обеспечения для детектора HERA-B), систему считывания данных и пакет программ для контроля качества данных, поступающих с внешнего трекера.

ЛФЧ участвует в разработке и создании торцевого электромагнитного калориметра (ТЭМК) для 4п-детектора **STAR**, который создается на коллайдере RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории. В 2000 г. начались первые экспериментальные сеансы облучения, в которых участвовали физики ЛФЧ. В опытном производстве ОИЯИ начато производство полномасштабного прототипа 30-градусного модуля ТЭМК.

Специалисты ЛФЧ активно участвуют в создании малошумящего нейтринного детектора **BOREXINO**, размещенного в подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия). В сферу ответственности группы ОИЯИ входит система сбора данных, калибровка детектора и проверка, очистка и монтаж ФЭУ.

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В соответствии с планами работ по разработке системы подавления поперечных колебаний пучка ЛНС деятельность специалистов ОИЯИ была сосредоточена на создании и испытаниях прототипа системы. В ходе этих работ в ОИЯИ были изготовлены электростатический дефлектор и широкополосный усилитель мощности для системы подавления поперечных когерентных колебаний пучка ЛНС. Испытания системы проведено на специальном стенде ЛФЧ ОИЯИ совместно с коллегами из ЦЕРН. После этого прототип был доставлен в ЦЕРН для продолжения испытаний в соответствии со стандартами, принятыми в ЛНС, а также для исследования устойчивости кикера по отношению к тепловым нагрузкам. В целом было подтверждено полное соответствие характери-

стик установки требованиям проекта. В настоящее время начата подготовка к следующему этапу работ: производству предпромышленной серии устройств. В рамках этой же темы продолжались работы по созданию технической и исследовательской базы, разработке технологии создания модельных сверхпроводящих резонаторов (СПР) и оптимизации их электрофизических параметров. Спроектирован, изготовлен и запущен в работу макет магнетрона осевого (цилиндрического) типа на базе постоянных магнитов с корпусом из ниобия. Магнетрон стабильно работает при давлении рабочего газа аргона в диапазоне от $6 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. и напряжении источника питания

от 700 до 300 В. Размеры магнетрона позволяют оперировать с резонаторами на частоте 3 ГГц.

Продолжен теоретический анализ амплитудной зависимости поверхностного сопротивления СПР типа Nb/Cu. Показано, что границу возникновения неквадратичных потерь в таких резонаторах можно существенно отодвинуть путем уменьшения шероховатости рабочего слоя. Проведен анализ поведения квантового флюксоида вблизи гладкой поверхности сверхпроводника. Показано, что такая поверхность создает барьер для проникновения флюксоидов в сверхпроводник, превышающий первое критическое поле в 2–3 раза. Полученные результаты согласуются с известными экспериментами по намагничиванию гладких сверхпроводящих образцов.

В течение 2000 г. группа по исследованиям **лазеров на свободных электронах** (ЛСЭ) проводила изучение генерации СВЧ-излучения с помощью генераторов типа ЛСЭ и лампы бегущей волны (ЛБВ) для проекта **СЛС** (ЦЕРН). В соответствии с тематическим планом ЛФЧ в этих исследованиях, проводимых с использованием ускорителя ЛИУ-3000, решались следующие задачи: регистрация в видимом свете группировки электронного пучка на основной частоте около 20 ГГц и экспериментальное наблюдение в предложенной схеме ЛСЭ [22] плавной подстройки частоты генератора. Группировка электронного пучка была зарегистрирована в экспериментах с ЛСЭ-генератором, в цепи обратной связи которого впервые был использован брэгговский резонатор нового типа. В этой схеме ЛСЭ-генератора была осуществлена генерация СВЧ-излучения на моде H_{11} на частоте 30,7 ГГц с рекордно высокой эффективностью (больше 30 %) и зарегистрирована группировка пучка на этой частоте. Кроме того, группировка электронного пучка была осуществлена и зарегистрирована в экспериментах с ЛБВ-усилителем, работающем в моде E_{01} на частоте 36,4 ГГц.

Продолжались работы по написанию технического отчета по проекту **TESLA** — технической основы для создания нового коллайдера в DESY. Сотрудниками ЛФЧ была создана аппаратура для регенеративного ЛСЭ (RAFEL), который должен существенно повысить мощность и узкополосность излучения в рентгеновской и вакуумной ультрафиолетовой областях спектра [23]. В настоящее время аппаратура RAFEL смонтирована на ускорителе TESLA Test Facility (ТТФ), предварительно отлажена и в декабре 2000 г., а также в марте 2001 г. запланированы сеансы работы ТТФ для ее окончательной наладки.

Создан новый вариант ВЧ-датчика круглого сечения диаметром 72 мм. Этот датчик отличается высокой однородностью электрического поля внутри его измерительного объема. Датчик и измерительная система были разработаны, изготовлены, испытаны и откалиброваны для использования в ТТФ. Это единственная система для измерения соотношения фаз в

двухфазном потоке сверхтекучего гелия. Разработаны, изготовлены и сертифицированы устройства и метрологические системы для контроля термодинамического состояния двух- и однофазных криоагентов. Эти системы и разработанная методология обеспечивают точность калибровки не хуже ± 5 мК для термометров сопротивления в диапазоне от 1,5 до 300 К и $\pm 1,5$ % или меньше для ВЧ-датчиков паросодержания, предназначенных для гелия, водорода, азота и других криоагентов. Общий темп калибровки термометрической системы — около 100 штук в месяц и, при необходимости, может быть увеличен на 75 %.

В рамках работ по проекту **TESLA** коммерчески доступные криогенные температурные датчики были облучены цезиевым гамма-источником до огромной дозы 1 МГр при 77,3 и 239 К. Было оценено послерадиационное поведение этих датчиков. Испытанные платиновые и углеродные датчики продемонстрировали высокую радиационную стойкость. В соответствии с соглашением между DESY и ОИЯИ 50 ТВО-температурных датчиков доставлены в DESY для использования в ТТЛ. Было продолжено исследование ТВО-температурных датчиков в магнитных полях до 9 Тл в диапазоне от 1,6 до 4,2 К.

В ЛФЧ ведется разработка и исследования нового нетрадиционного направления в технике **ускорителей для радиационных технологий**. Для проверки новых технических решений была создана масштабная модель ускорителя со следующими параметрами: энергия электронов — 200 кэВ, импульсный ток пучка — 1 А, длительность импульса — 10 мкс, частота повторения импульсов — 18 кГц, средняя мощность пучка — 20 кВт. Опыт экспериментальной работы с этой моделью ускорителя был использован для создания полномасштабной модели ускорителя с энергией 500–700 кэВ и выходной мощностью 25–35 кВт. Параметры электронного пучка ускорителя: суммарный пиковый ток — 0,5 А, длительность импульса — 10–20 мкс, частота повторения — 10–20 кГц. Завершена разработка конструкции источника ускоряющего напряжения — вакуумного коаксиального спирального резонатора — и начато его изготовление.

Были проведены работы по изучению возможности повышения эффективности радиационных технологий с помощью использования вторичных электронов для возбуждения молекул газовой смеси. В разрабатываемом в ЛФЧ ускорителе импульсный ток электронного пучка формируется ВЧ-полем. Средняя скважность импульсов тока примерно равна 10, поэтому можно использовать постоянное электрическое поле для ускорения вторичных частиц. При длительности импульса тока 10 мкс электрический пробой не успевает развиваться и напряженность поля может возрасти до величины, достаточной для получения требуемой энергии вторичных электронов. Полученные предварительные результаты указывают на прин-

ципиальную возможность существенного увеличения эффективности возбуждения молекул электронным пучком и повышения производительности

радиационно-стимулированных процессов в конверсии вредных примесей газовой смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aleev A.N. et al. // *Phys. Lett. B.* 2000. V. 485. P. 334.
2. Zinchenko A.I. // *IV Intern. Conf. «Hyperons, Charm and Beauty Hadrons», Valencia, Spain, June 27–30, 2000.*
3. Aleev A.N. et al. // *Eur. Phys. J. C.* 2000. V. 13. P. 427.
4. Ceccucci A. (NA48 Collaboration). *New Measurement of Direct CP Violation in Two Pion Decays of Neutral Kaons by Experiment NA48 at CERN // Talk at CERN Particle Physics Seminar, February 29, 2000;*
Gorini B. (NA48 Collaboration). *New Results on Direct CP Violation // Talk at the ICHEP-2000, Osaka, Japan, July, 2000.*
5. Kekelidze V.D. (NA48 Collaboration). *New Results on the Neutral Kaon Rare Decays, Obtained in the NA48 Experiment // Talk at ICHEP-2000, Osaka, Japan, July, 2000.*
6. Fanti V. et al. // *Eur. Phys. J. C.* 2000. V. 12. P. 69.
7. Akopov N., Nagaitsev A. // *HERMES Internal Note 00-033, DESY, Hamburg, September, 2000.*
8. Airapetian A. et al. // *Eur. Phys. J. C (in press); hep-ex/0008037; DESY-00-096.*
9. Airapetian A. et al. // *Eur. Phys. J. C (in press); hep-ex/0004023; DESY-00-058.*
10. Ackerstaff K. et al. // *Submitted to «Eur. Phys. J. C»; hep-ex/0002016; DESY-99-199.*
11. Amarian M., Nagaitsev A. // *HERMES Internal Note 00-006, DESY, Hamburg, January, 2000.*
12. Van Esch P. et al. // *Nucl. Instr. and Meth. A.* 2000. V. 446. P. 409.
13. H1 Collaboration. *Measurement of the Photoproduction Cross-Section with a Leading Proton at HERA // Talk at ICHEP-2000. Osaka, Japan, July, 2000.*
14. Adloff C. et al. // *Phys. Lett. B.* V. 479. 2000. P. 358.
15. H1 Collaboration. *Measurement of Neutral and Charged Current Cross Sections in Electron-Proton Collisions at High Q^2 at HERA // Talk at ICHEP-2000. Osaka, Japan, July, 2000.*
16. H1 Collaboration. *Inclusive Measurement of Deep Inelastic Scattering at High Q^2 in Positron-Proton Collisions at HERA // Talk at ICHEP-2000. Osaka, Japan, July, 2000.*
17. Zarubin A. et al. *HE Engineering and Safety Note 2000-007, CMS Document. CERN, February 23, 2000.*
18. Kudinov V. et al. *HE Installation. Engineering and Safety Note 2000-045, CMS Document. CERN, October 4, 2000.*
19. Abramov V.V. et al. *CMS-NOTE-2000-03, July, 2000; hep-ex/0007045.*
20. Erchov Y. et al. *JINR Preprint E13-2000-26. Dubna, 2000;*
Мовчан С. и др. *Препринт ОИЯИ P10-2000-108. Дубна, 2000.*
21. Golutvin I. et al. // *Comput. Phys. Comm.* 2000. V. 126. P. 72;
Golutvin I. et al. // *Proc. of CHEP-2000, Padova, Italy, 2000. P. 128.*
22. Filin S.V. et al. // *Nucl. Instr. and Meth. A.* 2000. V. 445. P. 25;
Ginzburg N.S. et al. // *Nucl. Instr. and Meth. A.* 2000. V. 445. P. 253;
Goldenberg C.A. et al. // *Nucl. Instr. and Meth. A.* 2000. V. 445. P. 257;
Ginzburg N.S. et al. // *Phys. Rev. Lett.* 2000. V. 84. P. 3574.
23. Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. // *Nucl. Instrum. and Meth. A.* 2000. V. 445. P. 40; P. 178; P. 320;
Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. *Preprint TESLA-FEL 2000-02. Hamburg, 2000;*
Pagani C. et al. *Preprints DESY 00-015, 00-115. DESY, Hamburg, 2000;*
Andruszkow J. et al. *Preprint DESY 00-66. DESY, Hamburg, 2000;*
Faatz B. et al. *Preprints DESY 00-94, 00-95. DESY, Hamburg, 2000.*

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В.П.ДЖЕЛЕПОВА

Сфера научной деятельности сотрудников Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова уникальна для ОИЯИ. Она включает в себя эксперименты в области физики элементарных частиц (при высоких, промежуточных и низких энергиях); исследования по физике ядра (в том числе релятивистскую ядерную физику и ядерную спектроскопию); экспериментальное изучение конденсированных сред; теоретическую поддержку по всему спектру экспериментальных исследований; медико-биологические исследования; разработку новых методов ускорения элементарных частиц и новых экспериментальных установок и приборов.

В настоящее время только в одной лаборатории ОИЯИ — Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова — проводятся современные прецизионные неускорительные эксперименты (такие, например, как поиск безнейтринной моды двойного бета-распада ядер), нацеленные на обнаружение редких распадов элементарных частиц и эффектов за рамками стандартной модели. Всестороннее изучение свойств нейтрино, которые играют центральную роль в современной физике частиц, традиционно (начиная с Бруно Понтекорво) ведется только в ЛЯП. Три международных конференции по физике нейтрино, рабочее совещание по нейтринным осцилляциям колла-

борации NOMAD, совещание коллаборации NEMO и международная конференция по проявлениям новой физики в свойствах нейтрино (NANPino) прошли в 2000 г. в ЛЯП ОИЯИ. Конференция «NANPino» посвящена обсуждению современных тенденций в физике частиц, связанных в основном с поиском проявлений эффектов за рамками стандартной модели в так называемых неускорительных экспериментах, значимость которых в последние годы становится все более очевидной.

Одновременно лаборатория участвует в проведении современных и подготовке будущих исследований в области физики (сверх)высоких энергий. Впервые в истории коллаборации ATLAS «Неделя ATLAS» проходила в Дубне. Другая крупная конференция «LHC Physics and Detectors» также была в Дубне. В подготовке и проведении этих конференций центральную роль играла ЛЯП. В настоящее время в лаборатории, к сожалению, отсутствует современная базовая установка. Однако на фазотроне ОИЯИ проводятся физические (например, μ -катализ, DUBTO, μ SR-исследования и др.) и медико-биологические эксперименты, а также ведутся исследования по лечению онкологических больных на базе созданного в Дубне медико-технического комплекса.

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

В эксперименте NOMAD на нейтринном канале SPS (ЦЕРН) получены новые данные для поиска $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ -осцилляций. Увеличение статистики и использование усовершенствованного кинематического анализа для выделения актов взаимодействия позволили значительно повысить чувствительность эксперимента к параметрам осцилляций. Было найдено 58 кандидатов на взаимодействие τ -нейтрино в реак-

ции $\nu_\tau N \rightarrow \tau^- X$ и $55 \pm 5,4$ фоновых событий во всех рассмотренных модах распада τ -лептонов. Данное количество кандидатов согласуется с числом фоновых событий. Осцилляций $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ не обнаружено, что в предположении о двух типах нейтрино позволяет получить верхние границы на амплитуду осцилляций

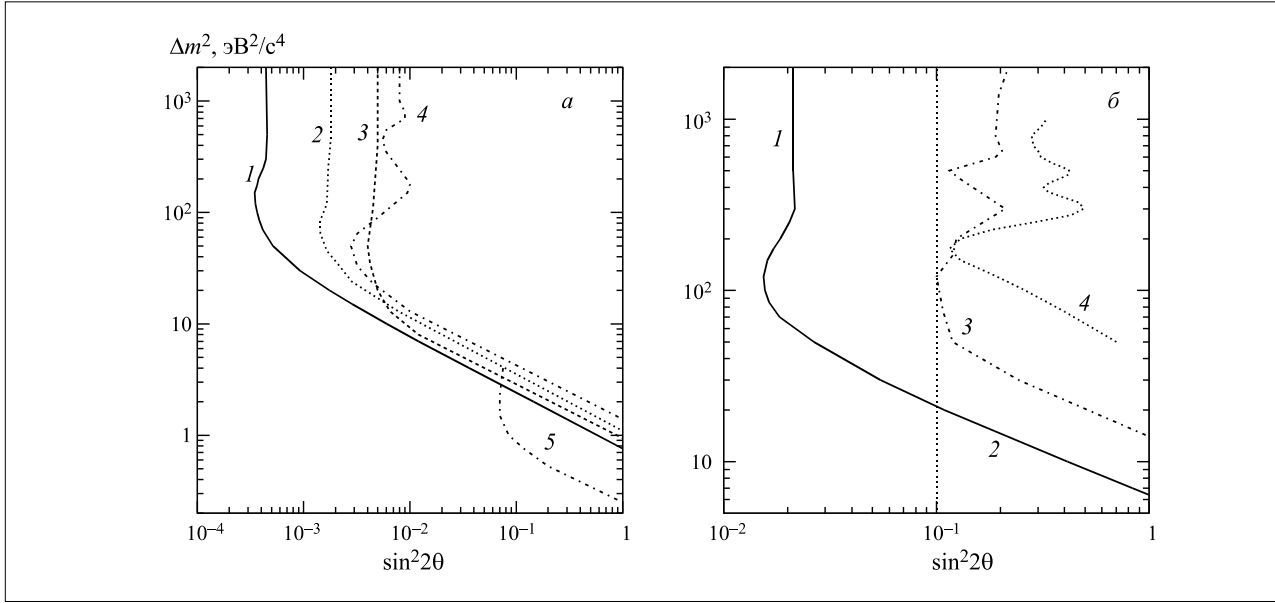


Рис. 1. Исключенные в эксперименте NOMAD области параметров осцилляций $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ (а) и $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$ (б) расположены справа от кривых 1. Данные остальных экспериментов представлены в виде кривых: 2 — CHORUS, 3 — E531, 4 — CCFR, 5 — CDHS (а); 2 — CHOOZ; 3 — CCFR; 4 — IHEP/JINR (б)

в интервале разности квадратов масс $1 < \Delta m_{12}^2 < 1000 \text{ эВ}^2$.

В области больших значений Δm_{12}^2 ($\Delta m_{12}^2 > 50 \text{ эВ}^2$) пределы (90 %-й уровень достоверности) на амплитуду и вероятность $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ -осцилляций (рис. 1,а) равны [1]:

$$\sin^2 2\theta_{\nu_\mu \nu_\tau} < 4,0 \cdot 10^{-4}, P_{\nu_\mu \nu_\tau}(\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau) < 2 \cdot 10^{-4}.$$

Полученное значение $P_{\nu_\mu \nu_\tau}(\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau)$ более чем в 10 раз превосходит прежний лучший предел в области больших масс: $P_{\nu_\mu \nu_\tau}(\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau) < 2,5 \cdot 10^{-3}$ (FNAL, E531–1986). Аналогично пределы на амплитуду и вероятность $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$ -осцилляций (рис. 1,б) для $\Delta m_{12}^2 > 50 \text{ эВ}^2$ равны [1]:

$$\sin^2 2\theta_{\nu_e \nu_\tau} < 2,0 \cdot 10^{-2}, P_{\nu_e \nu_\tau}(\nu_e \rightarrow \nu_\tau) < 1,0 \cdot 10^{-2},$$

что также в 10 раз превосходит прежние ограничения на параметры $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$ -осцилляций (FNAL, CCFR–1994).

В эксперименте NOMAD [2] получены новые данные о поляризации Λ^0 -гиперонов в нейтринных взаимодействиях заряженного тока $\nu_\mu N \rightarrow \mu^- \Lambda^0 X$. Проанализировано 8087 событий с Λ^0 -гиперонами, что в 30 раз больше, чем во всех прежних нейтринных экспериментах. Продольная поляризация Λ^0 -гиперонов измерена (рис. 2) как в области фрагментации мишени:

$$P_x(x_F < 0) = -0,21 \pm 0,04 \text{ (стат.)} \pm 0,02 \text{ (сист.)},$$

так и в области фрагментации тока:

$$P_x(x_F > 0) = -0,09 \pm 0,06 \text{ (стат.)} \pm 0,03 \text{ (сист.)}.$$

Измерение продольной поляризации в области фрагментации тока позволяет оценить коэффициент передачи спина u -кварка Λ^0 -гиперону $C_u^\Lambda = -P_x = 0,09 \pm 0,06 \text{ (стат.)} \pm 0,03 \text{ (сист.)}$. Впервые в нейтринных экспериментах наблюдалась значительная поперечная поляризация в направлении, перпендикулярном к плоскости образования Λ^0 -гиперона: $P_y = -0,22 \pm 0,03 \text{ (стат.)} \pm 0,01 \text{ (сист.)}$. Новые, значительно более точные экспериментальные данные позволяют проверить в области $x_F < 0$ различные модели, предполагающие существование поляризованной странности в нуклоне, а в области $x_F > 0$ — механизм передачи поляризации кварка Λ^0 -гиперону.

С целью определения сечений образования фермионных пар, асимметрий и угловых распределений в процессах рождения лептонов в 2000 г. были проанализированы данные, полученные на детекторе DELPHI в реакциях $e^+e^- \rightarrow e^+e^-(\gamma)$, $\mu^+\mu^-(\gamma)$, $\tau^+\tau^-(\gamma)$ и $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}(\gamma)$ при энергиях 183 и 189 ГэВ. Никаких свидетельств физики за пределами стандартной модели обнаружено не было, что позволило установить новые ограничения на интенсивность контактного взаимодействия фермионов на параметры нарушения R -четности в процессе обмена суперсимметричными снейтрино, на массы Z -бозонов и вероятность существования гравитационного взаимодействия за счет так называемых дополнительных размерностей.

В случае обмена снейтрино с нарушением R -четности лептонная константа связи суперпотенциала

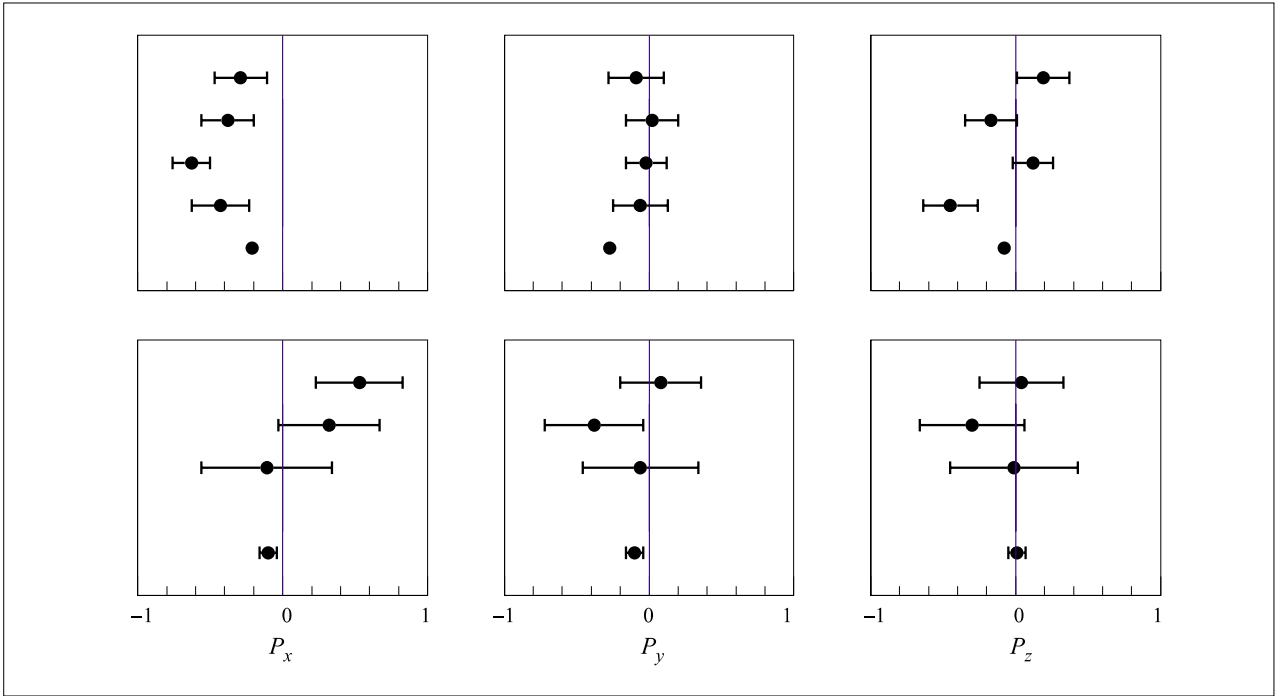


Рис. 2. Поляризация Λ^0 -гиперонов в области фрагментации мишени ($x_F < 0$, сверху) и тока ($x_F > 0$, внизу), измеренная в экспериментах (сверху вниз) WA 21 ($\nu_\mu - p$), WA 21 ($\bar{\nu}_\mu - p$), WA 59 ($\bar{\nu}_\mu - \text{Ne}$), E632 ($\nu_\mu - \text{Ne}$, только сверху) и NOMAD

$\lambda > 0,1$ исключается для масс $m_{\tilde{\nu}}$ в области 130–190 ГэВ для всех лептонных конечных состояний (95 % С.Л.). Исключаются дополнительные Z -бозоны, массы которых не превышают 300 ГэВ/ c^2 (95 % С.Л.). Нижние пределы в 542 и 680 ГэВ (95 % С.Л.) получены для масштаба струны M_S в гравитационных моделях с дополнительными размерностями соответственно в случаях $\mu^+\mu^-$ и $\tau^+\tau^-$ конечных состояний [3].

На базе данных, накопленных с помощью детектора DELPHI при энергиях 188,6–201,6 ГэВ и суммарной светимости LEP соответственно 151,9–40,1 пб $^{-1}$, была исследована реакция $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$. Измерялись дифференциальные и полное сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ (рис. 3). Получено хорошее согласие данных и предсказаний КЭД. Извлечены следующие ограничения на параметры возможного отклонения от КЭД. Для параметров КЭД-обрезания определены нижние пределы $\Lambda_+ > 330$ и $\Lambda_- > 320$ ГэВ (95 % С.Л.). В рамках составных моделей найден нижний предел на массу возбужденного состояния электрона (95 % С.Л.) $M_e^* > 311$ ГэВ/ c^2 для случая, когда эффективная константа связи положительна ($\lambda_\gamma = 1$). Исследован возможный вклад виртуальных гравитонов в процесс $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$, откуда получено ограничение на масштаб струны (95 % С.Л.) $M_S > 713$ и $M_S = 691$ ГэВ/ c^2 соответственно для $\lambda = +1$ и $\lambda = -1$ (где λ — параметр порядка единицы в квантово-гравитационных моделях) [4].

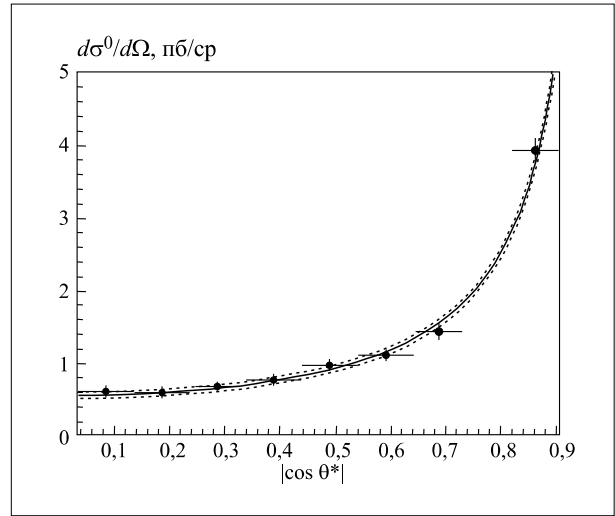


Рис. 3. Сравнение борновского дифференциального сечения с предсказаниями квантовой электродинамики (сплошная линия). Точечными линиями показаны разрешенные отклонения от дифференциальных сечений КЭД, которые отвечают нижним пределам (95 % С.Л.) Λ_+ и Λ_- соответственно в 330 и 320 ГэВ; нижнему пределу для массы возбужденного состояния электрона $M_e^* = 311$ ГэВ/ c^2 (95 % С.Л.); нижним пределам (95 % С.Л.) для массового масштаба струны в 713 ГэВ/ c^2 (когда константа связи положительна) и 691 ГэВ/ c^2 (отрицательна). Кружками обозначены данные, полученные с помощью детектора DELPHI при энергии $\sqrt{s_{\text{eff}}} = 193,8$ ГэВ и светимости LEP $L = 375,7$ пб $^{-1}$

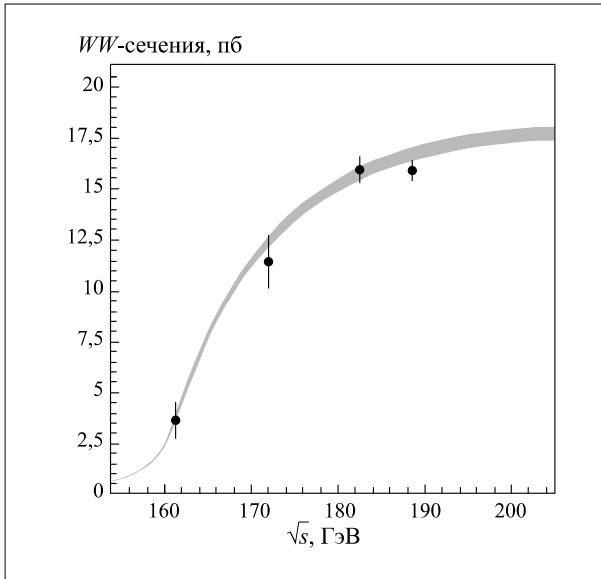


Рис. 4. Измеренные сечения образования W^+W^- -пар в сравнении с предсказаниями стандартной модели (выделенная серым цветом область) при $M_W = 80,41$ ГэВ/ c^2 в рамках возможной неточности вычислений $\pm 2\%$

Из анализа данных DELPHI (интегральная светимость 155 пб^{-1} и энергия центра масс $188,63$ ГэВ) получено, что относительные вероятности лептонных мод распада согласуются с лептонной универсальностью и относительная вероятность адронной моды распада W -бозона составляет $BR(W \rightarrow q\bar{q}) = 0,680 \pm 0,008(\text{стат.}) \pm 0,004(\text{сист.})$, что согласуется с предсказанием стандартной модели $0,675$ и результатами измерений при меньших энергиях [5]. Измеренное полное сечение резонансного рождения двух W -бозонов (рис. 4) в предположении, что относительные вероятности вычислены в стандартной модели, составляет $\sigma_{WW}^{\text{total}} = 15,83 \pm 0,38(\text{стат.}) \pm 0,20(\text{сист.})$ пб.

Целью эксперимента **DIRAC** является измерение времени жизни основного состояния $\pi^+\pi^-$ -атома ($A_{2\pi}$) с погрешностью не более 10% для определения с рекордной точностью (на уровне 5%) значения разности длин $\pi\pi$ -рассеяния в S -состоянии с изотоп-спинами 0 и 2 . Экспериментальное измерение этой разности важно для проверки современных представлений о механизме нарушения киральной симметрии в КХД.

Экспериментальная установка расположена на протонном пучке с энергией 24 ГэВ ускорителя PS (ЦЕРН). Установка — двухплечевой магнитный спектрометр. Вблизи от мишени, до спектрометрического магнита, расположены координатные детекторы: микрострипповые газовые камеры, сцинтилляционные фиберные детекторы и сцинтилляционные ионизационные годоскопы. Два плеча спектрометра, расположенные после магнита, предназначены для регистрации положительно и отрицательно заряженных ча-

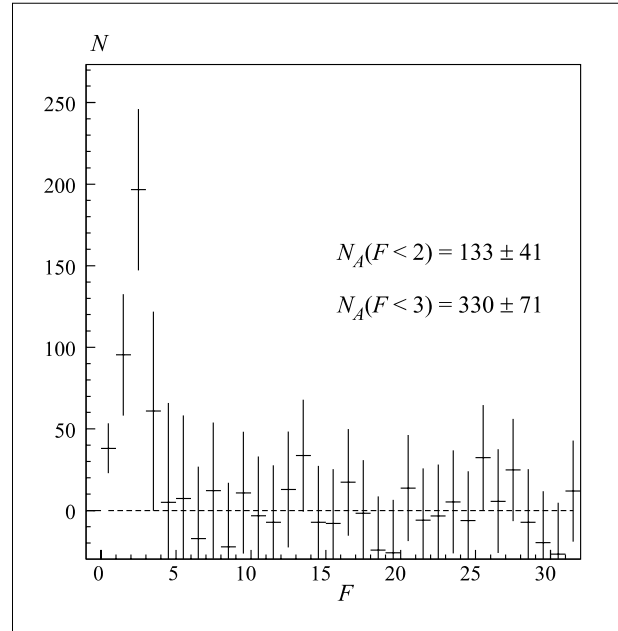


Рис. 5. Разность N между экспериментальным распределением $\pi^+\pi^-$ -пар и аппроксимирующей функцией, описывающей распределение пар, образованных только в свободном состоянии. Переменная F связана с относительным импульсом пионов Q в СЦИ-пары

стиц. Каждое плечо состоит из телескопа, включающего дрейфовые камеры, вертикальный и горизонтальный сцинтилляционные годоскопы, газовые черенковские счетчики, ливневые и мюонные детекторы. Последние три детектора используются для подавления электронов и мюонов. Разрешение установки по относительному импульсу пары σ_Q составляет около 1 МэВ/ c и обеспечивается высоким координатным разрешением детекторов перед магнитом, а также малым количеством вещества в канале регистрации частиц.

Первое указание на наблюдение $A_{2\pi}$ было получено после обработки данных, набранных на мишени из платины в 1999 г. На рис. 5 показана разность между экспериментальным распределением $\pi^+\pi^-$ -пар и аппроксимирующей функцией, которая описывает распределение пар только в свободном состоянии. Пик в области $F \leq 3$ обусловлен дополнительными парами пионов, образовавшихся в результате развала (ионизации) $\pi^+\pi^-$ -атомов в веществе мишени. Пере-

менная $F = \sqrt{\frac{Q_X^2}{\sigma_{Q_X}^2} + \frac{Q_Y^2}{\sigma_{Q_Y}^2} + \frac{Q_L^2}{\sigma_{Q_L}^2}}$, где $Q_{X,Y,L}$ обозна-

чают проекции относительного импульса, а $\sigma_{Q_{X,Y,L}}$ — разрешение установки по соответствующим проекциям: $\sigma_{Q_X} = \sigma_{Q_Y} = 1$ и $\sigma_{Q_L} = 0,65$ МэВ/ c .

В начале 2000 г. установка была модернизирована. Изготовлен и включен в триггер установки специальный аппаратный процессор для отбора треков в

дрейфовых камерах. Была модернизирована программа приема данных, что позволило удвоить скорость приема. Полное время набора данных в 2000 г. составило шесть месяцев, при этом число записанных триггеров достигло 10^9 .

Детектор ATLAS создается на большом адронном коллайдере LHC для проведения уникальных экспериментов в области физики элементарных частиц (обнаружение и исследование бозонов Хиггса, изучение механизмов образования и распада топ-кварков, исследование физики B -кварков, обнаружение суперсимметричных частиц и т. д.). Установка ATLAS состоит из внутреннего детектора (так называемого трекера), электромагнитного (ECAL) и адронного (HCAL) калориметров и мюонного спектрометра.

Внутренний трекер, создаваемый на базе детектора переходного излучения (TRT), служит для идентификации электронов путем измерения фотонов переходного излучения и реконструкции треков частиц. Электромагнитный калориметр из жидкого аргона (LiAr) обладает очень хорошими координатным и энергетическим разрешениями и способен регистрировать частицы в области псевдобыстрот $|\eta| < 3,2$. Адронная калориметрия осуществляется новым сцинтилляционным tile-калориметром. Главная задача адронного tile-калориметра состоит в измерении энергий электронов, гамма-квантов и струй, а также недостающей энергии ($E_e, E_\gamma, E_{jet}, E_{mis}$). Калориметры позволяют добиться очень хорошей эффективности регистрации детектором недостающей энергии и энергии струй. Вся система калориметрии окружена мюонным спектрометром. Для точного определения координат треков в мюонной системе будут использоваться детекторы на базе управляемых дрейфовых трубок (MDT-детекторы), которые состоят из плоскостей дрейфовых трубок, наполненных газом под давлением и снабженных специальной системой мониторинга пространственного положения детектора.

На этапе создания установки ATLAS ЛЯП отвечает главным образом за производство 84 мюонных камер (20 % от полного числа камер мюонной системы ATLAS), производство и монтаж поглотителя barrel-части tile-калориметра, проведение расчетов магнитных полей и разработку программного обеспечения.

В 2000 г. в ОИЯИ было собрано 24 модуля (примерно 6 м в длину и весом 20 т) адронного калориметра установки ATLAS. В целом уже собрано 33 модуля (250 submodule) из полного числа, 65 модулей (308 submodule) по плану и 30 модулей уже отправлены в ЦЕРН. Еще 24 модуля и 58 submodule будет собрано в ОИЯИ в 2001 г. Качество сборки модулей контролируется с помощью специально разработанной системы с использованием лазера. Все произведенные модули удовлетворяют налагаемым на них

требованиям (отклонение от идеальной формы менее 0,3 мм при максимальном отклонении 0,6 мм).

С помощью нового « e/h -метода» было выполнено восстановление энергии адронов в прототипе комбинированного адронного barrel-калориметра ATLAS, включающего в себя свинцово-жидкоаргонную электромагнитную и железосцинтилляционную адронную части [8]. Данный метод использует только известные e/h -отношения и калибровочные постоянные (для электронов) и не требует определения каких-либо параметров путем процедуры минимизации.

Исследованы продольные и поперечные профили адронных ливней, регистрируемые прототипом железосцинтилляционного адронного tile-калориметра ATLAS [9]. В калориметре используется специфическая продольная конфигурация сцинтилляторных ячеек. С помощью сканирования пучком пионов при энергии 100 ГэВ получена детальная картина распространения адронного ливня в поперечной плоскости. При этом реконструировано распределение плотности энергии в радиальном направлении как для отдельных сегментов, расположенных на разных глубинах, так и для всего калориметра. Определены трехмерные параметры адронного ливня. Изучены возможности адронных калориметров установки ATLAS при регистрации заряженных пионов [10].

В 2000 г. группа ОИЯИ в рамках мюонной части проекта ATLAS выполнила следующие работы. Изготовлено, установлено и налажено оборудование участка сборки и испытания мюонных детекторов. В состав участка входят: 1) установка для измерения наружного диаметра и эллиптичности алюминиевых труб до сборки детекторов (точность 2 мкм); 2) полуавтоматизированная линия для сборки детекторов (производительность линии до 20 детекторов в час); 3) прибор для измерения величины натяжения анодной нити в собранном детекторе (точность 1 %); 4) прибор на базе рентгеновских трубок и рентгеночувствительных CCD для измерения положения нити относительно оси трубки с точностью 3 мкм (рис. 6); 5) установка для быстрого (скорость измерения 5 мин) измерения величины негерметичности собранного детектора на уровне 10^{-8} бар л/с.

Завершены монтажные и юстировочные работы на участке сборки мюонных камер. В состав участка входят: 1) высокоточная гранитная плита размером $2,7 \times 3,6 \times 0,6$ м; 2) набор из семи высокоточных (3 мкм) эталонных «линеек» длиной 2,2 м каждая для прецизионной установки горизонтального слоя детекторов; 3) оптическая система для юстировки «линеек» на гранитном столе с точностью 0,3 мрад; 4) набор устройств (башен) для взаимного позиционирования склеенных слоев детекторов по вертикали и горизонтали; 5) пневматическая система с обратной связью для компенсации прогиба камеры в процессе сборки; 6) оптико-электронная система контроля точ-

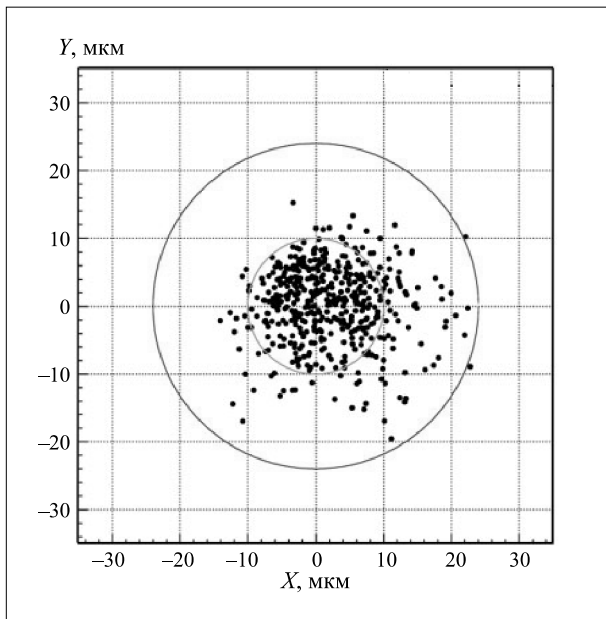


Рис. 6. Результаты измерения координат (положения) анодной проволоочки в собранных детекторах

ности (5 мкм) взаимного расположения элементов камеры в процессе сборки; 7) автомат для нанесения эпоксидного клея при сборке слоев детекторов.

Проведена успешная сдача обоих участков (сборки и испытания детекторов и сборки камер) приемной комиссии коллаборации в июне 2000 г. Начато массовое производство и испытание детекторов. Достигнут проектный уровень производительности участка — 500 детекторов за две недели. Произведено свыше 2700 детекторов.

Эксперимент с детектором **D0** проводится на коллайдере тэватрон (FNAL). Исследования нацелены на прецизионное изучение взаимодействий протонов с антипротонами при максимально достижимых в настоящее время энергиях.

Основные обязательства ОИЯИ в проекте **D0** — разработка и массовое производство оборудования для трековой части передней мюонной системы **D0** (мини-дрейфовых трубок и соответствующих предусилителей на основе ASIC-микросхем) — были полностью выполнены. Главная задача передней мюонной системы, содержащей около 6500 трубок и 50000 каналов электроники, состоит в измерении с высокой точностью треков мюонов и формировании сигнала для триггерной системы.

В 2000 г. группа **D0** завершила массовое тестирование 6500 мини-дрейфовых трубок в FNAL. Была произведена полная сборка и проверка в космических лучах 48 модулей (октантов) переднего мюонного спектрометра и началась наладка и запуск системы в целом. Создан ряд программ, используемых при наладке мюонных модулей и анализе их данных. Группа

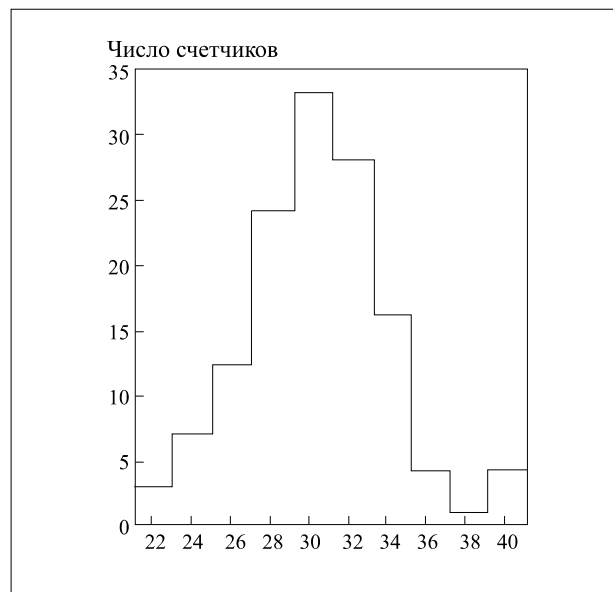


Рис. 7. Выход фотоэлектронов от сцинтилляционных счетчиков нового мюонного триггера модернизированной установки CDF

приступила к освоению и подготовке программного обеспечения для анализа физических данных.

Одной из главных целей участия сотрудников ЛЯП в модернизации установки **CDF** (тэватрон, FNAL) является создание нового триггера (SVT-триггера) для коллайдерного детектора FNAL на основе кремниевого вершинного детектора, позволяющего осуществлять эффективный отбор событий с участием *b*-кварков. SVT-триггер открывает доступ к физике тяжелых ароматов, исследованию *CP*-нарушения, дальнейшему изучению физики топ-кварков и поиску новых частиц.

С участием группы из ЛЯП было развито программное обеспечение для базы данных образов треков ассоциативной памяти SVT-триггера и создан оптимизированный набор образов треков; проведена оценка времени обработки триггера; создано программное обеспечение для тестирования блоков ассоциативной памяти и «hit buffer» во время тестового сеанса на CDF.

Группа приняла участие в первом запуске SVT-триггера в FNAL, и было развито программное обеспечение и аппаратные средства для испытания блоков памяти в процессе массового производства.

В мае 2000 г. закончена сборка, испытание и доставка во FNAL системы длинных (1,6–3,2 м) сцинтилляционных счетчиков (всего 607 шт.) для нового мюонного триггера модернизированной установки CDF. Счетчики перекрывают 271 м² поверхности вокруг установки CDF, их суммарный вес составляет 5285 кг. Все счетчики проверены на стенде с космическими мюонами и радиоактивным источником. Среднее количество фотоэлектронов на фотокатоде ФЭУ

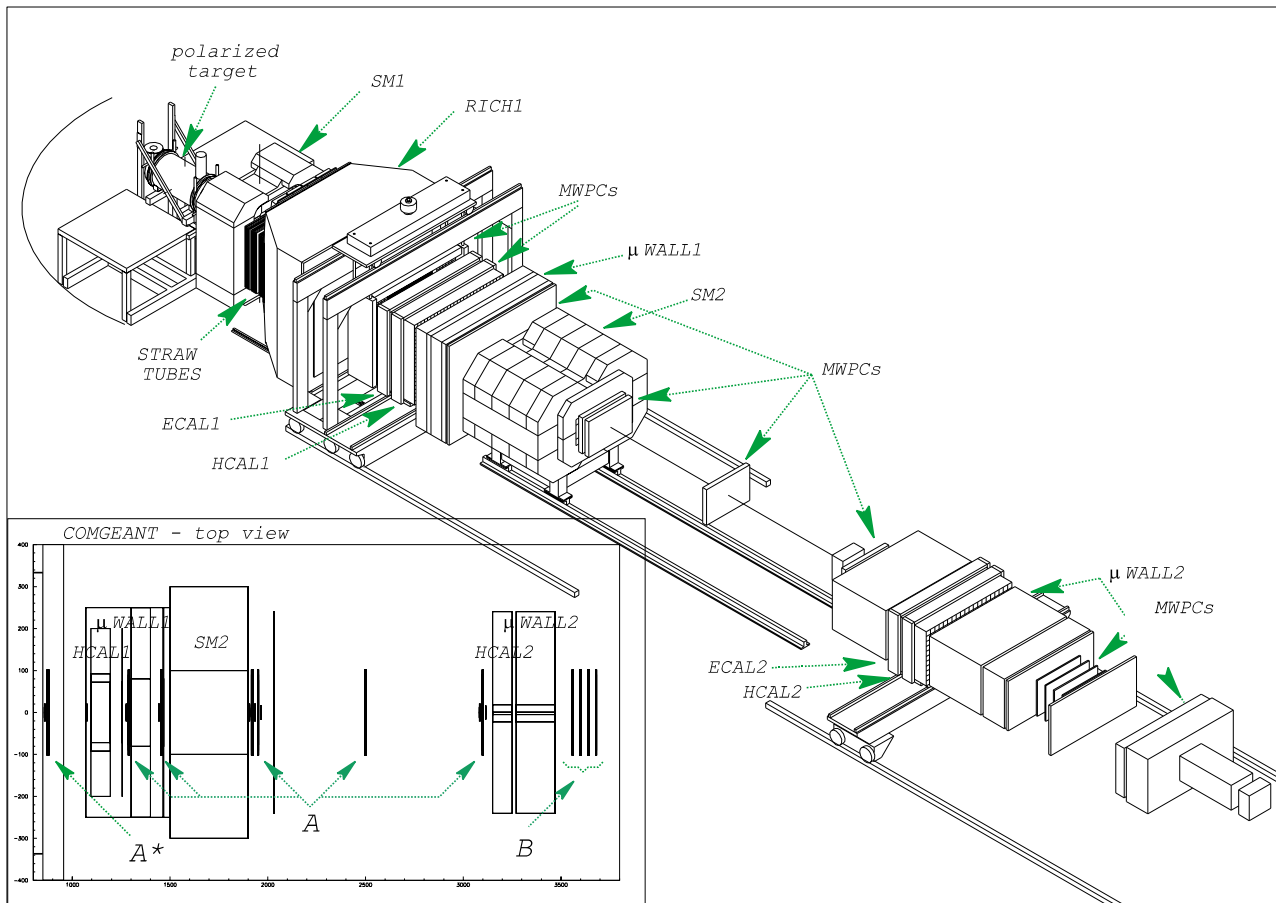


Рис. 8. Пропорциональные многопроволочные камеры первой очереди спектрометра COMPASS

составляет примерно 30 (рис. 7), что гарантирует высокую эффективность мюонного триггера в течение длительного периода набора данных.

Главной задачей эксперимента **COMPASS** (NA58, ЦЕРН) является исследование структуры адронов и адронной спектроскопии, которые во многом обусловлены эффектами непертурбативной квантовой хромодинамики. Для выполнения такого рода измерений был предложен совершенно новый спектрометр с очень хорошей возможностью идентификации и калориметрии элементарных частиц. Первый объемный набор физической статистики на спектрометре COMPASS запланирован на 2001–2002 гг.

За систему многопроволочных пропорциональных камер (MWPC) спектрометра в коллаборации COMPASS совместно отвечает группа из Дубны (камеры) и Турина (электроника). На первом этапе необходимо подготовить к установке в спектрометре 13 камер (рис. 8), что составляет почти 25000 каналов электроники считывания. Другой зоной ответственности ЛЯП в коллаборации COMPASS является создание мюонного фильтра первого спектрометра (первой μ -стенки, MW1), включающей 16 плоскостей камер из 1200 пропорциональных трубок, оснащенных соответствующей (front-end) электроникой.

Группа участвует также в развитии программного обеспечения и моделировании физических процессов для оптимизации триггера и параметров установки.

В 2000 г. был успешно завершён первый технический сеанс на установке COMPASS, вклад в который объединенной группы Дубна–Турина был весомым: шесть пропорциональных камер (подготовленных в Дубне и оснащенных электроникой, произведенной в Турине) успешно отработали в течение всего сеанса при нормальных условиях набора данных на установке COMPASS (интенсивность пучка мюонов до $2 \cdot 10^8$ частиц за сброс); свыше 50 млн триггеров было набрано с системой пропорциональных камер как основного трекового детектора, что обеспечило выполнение двух основных обязательств коллаборации на 2000 г. — проверки мюонного триггера COMPASS и первого магнитного спектрометра.

В 2000 г. группой первой мюонной стенки установки COMPASS получены следующие результаты. Все детекторы MW1 (примерно 1100 пропорциональных трубок с восемью проволочками на каждую трубку) были произведены в ОИЯИ, отправлены в ЦЕРН и прошли там тестирование. Вся (front-end) электроника (300 усилителей-дискриминаторов примерно с 10000 каналами) произведена и испытана в ОИЯИ.

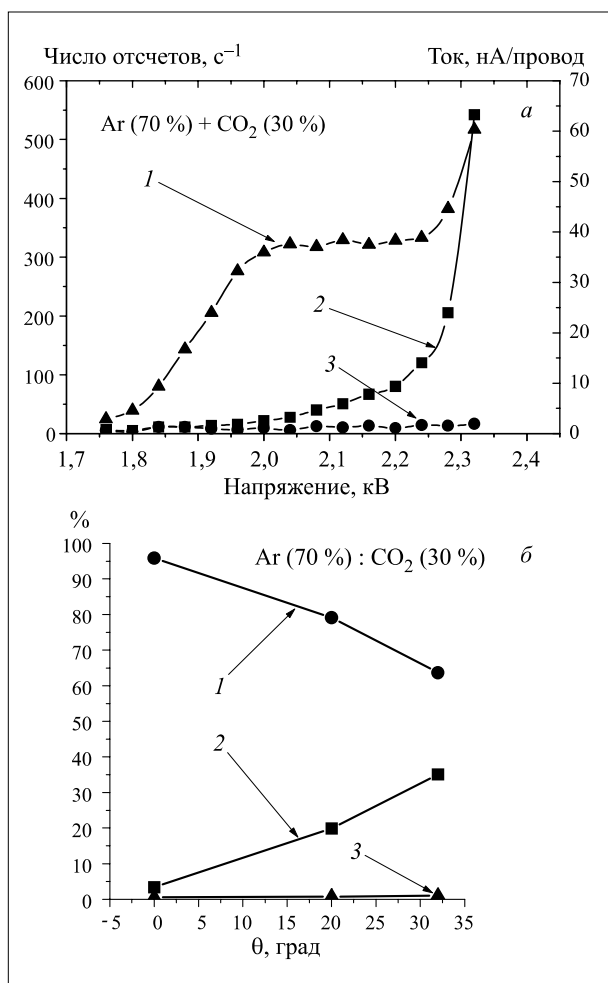


Рис. 9. Характеристики газовой рабочей смеси пропорциональных трубок COMPASS: а) зависимость скорости счета на пучке (N — кривая 1, треугольники) и токи, проходящие через детектор (I_{beam} — кривая 2, квадраты и I_{nobeam} — кривая 3, кружки), как функции прилагаемого напряжения; плато с постоянной скоростью счета прослеживается на 250 В (оно начинается при 2,0 и заканчивается при 2,25 кВ); б) ударная кластеризация — среднее число сработавших проволочек (1, 2 и 3 соответственно) на одну детекторную плоскость при рабочем напряжении 2,1 кВ — как функция угла падающей частицы

Разработана система поддержки детектора, созданы мастерские для ее сборки в ЛЯП, и первые два элемента этой системы сделаны и отправлены в ЦЕРН на испытания. Прототип MW1 исследован на тестовом пучке M2 в ЦЕРН, и определен состав газовой рабочей смеси (рис. 9).

Коллаборацией Дубна–Прага предложен новый эксперимент по измерению в Институте физики частиц и ядер (Прага) зависящих от спина разностей полных сечений нейтрон-протонного рассеяния ($\Delta\sigma_T$ и $\Delta\sigma_L$) при энергии 16 МэВ. Задача эксперимента состоит в исследовании нуклон-нуклонных взаимодействий и, в частности, их тензорной составляющей, которая может иметь непосредственное отно-

шение к проблеме образования связанного состояния трития.

С этой целью в 1998 г. была модернизирована поляризованная мишень и проведены первые пробные измерения. В 2000 г. для измерений при ультранизких температурах был создан новый прибор на основе четырехпроводочных автоматических мостов [15]. Новую поляризованную мишень предполагается также использовать (в качестве пробной установки) для изучения облученных образцов во время реализации проекта PoLiD — «Разработка поляризованной мишени с ⁶LiD и ее использование в физических экспериментах». Разработаны контейнеры для жидких сцинтилляторов и счетчиков мониторинга и организовано их серийное производство в мастерских Института физики частиц и ядер (Прага). Системы регистрации прошли испытания на пучках быстрых нейтронов, и коэффициент подавления фона был определен в области 300–400.

В 2000 г. сотрудники ЛЯП продолжали анализ данных по распадам K -мезонов, полученных на спектрометре «Гиперон» в эксперименте SERP167 (ускоритель У-70, ИФВЭ).

Прецизионное исследование распадов заряженных и нейтральных K -мезонов позволяет получить информацию фундаментального характера, например о нарушении CP -симметрии, о свойствах эффективного (кирального) лагранжиана КХД, о возможности выхода за рамки стандартной модели и обнаружении эффектов так называемой новой физики (суперсимметрии, техницвета, дополнительных размерностей и т. д.).

В конце 1999 г. из анализа 1/4 набранной (на модифицированной введением анализирующего магнита установке «Гиперон») статистики (14000 событий) определен параметр наклона векторного формфактора $\lambda_+ = 0,0277 \pm 0,040$ для распада $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ (K_{e3} -распад). В 2000 г. продолжился анализ этих данных с целью надежного выявления в матричном элементе K_{e3} -распада ненулевых вкладов скалярного и тензорного взаимодействий (указания на которые были получены ранее на установке «Гиперон»).

Для исключения возможных неопределенностей в ранее набранных данных был проведен дополнительный анализ K_{e3} -распада с новым триггерным условием (так называемый «мягкий» триггер). Результат $\lambda_+ = 0,0295 \pm 0,0045$ получен на статистике 7000 событий и находится в хорошем согласии с мировой средней величиной $\lambda_+ = 0,0286 \pm 0,022$. Откуда было сделано заключение [16], что использованное в ранних измерениях триггерное условие не вносит искажений при наборе статистического материала и все полученные данные можно анализировать совместно.

ФИЗИКА НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

Прецизионное измерение вероятности β -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 PIVETA, проводимого в PSI (Швейцария) на пучке пионов, является увеличение точности измерения вероятности бета-распада пиона с 4 до 0,5 %.

Был продолжен набор статистики для измерения вероятности бета-распада пиона. Уже полученная статистика соответствует возможной точности определения этой вероятности на уровне примерно 0,7 %. Установка PIVETA практически все время работала в автоматическом режиме. Всю информацию, касающуюся параметров установки, режима ее работы и процесса набора статистики (интенсивность во всех регистрирующих узлах установки, различные гistogramмы данных с детектирующих устройств, визуальное представление событий и т. п.), можно было получать в любое время через Интернет [17]. В течение всего года проводился отбор событий и анализ получаемой информации.

Начаты работы по исследованию радиационного распада пиона ($\pi \rightarrow e\nu\gamma$), в котором имеется возможность с высокой точностью провести поиск тензорного (слабого) взаимодействия, запрещенного в стандартной модели [18]. Предложено новое условие отбора событий (триггер), позволяющее регистрировать события $\pi \rightarrow e\nu\gamma$ одновременно с набором данных по бета-распаду пиона. Проведенное группой ЛЯП моделирование показало высокую эффективность регистрации распада $\pi \rightarrow e\nu\gamma$ по этому тригге-

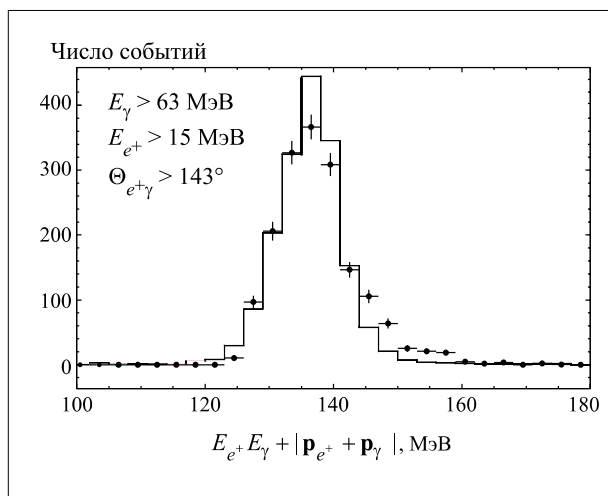


Рис. 10. Инвариантная масса пиона в распаде $\pi \rightarrow e\nu\gamma$ (1670 событий); кружки — данные, кривая — моделирование

ру, что позволяет увеличить чувствительность эксперимента к возможному существованию тензорного взаимодействия более чем на порядок по сравнению с ранее проведенным экспериментом. Предложенный триггер принят коллаборацией и включен в общий триггер установки. Начата обработка данных с целью отбора событий радиационного распада пиона (рис. 10).

Мюонный катализ является специфическим процессом, в котором выход нейтронов при слиянии ядер зависит от макроскопических параметров среды (температура, плотность и состав). В частности, исследование процессов мюонного катализа позволяет подойти к решению фундаментальной проблемы трех тел в кулоновском потенциале с релятивистскими поправками.

В ЛЯП успешно исследуются процессы мюонного катализа в двойных (дейтерий и тритий) и тройных

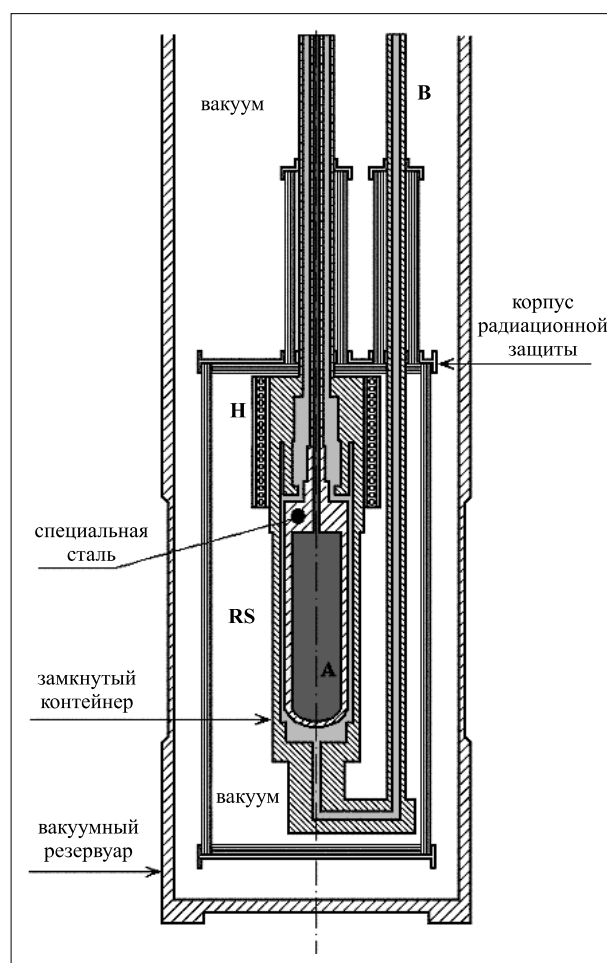


Рис. 11. Схема тритиевой мишени высокого давления (ТМВД). А — ампула мишени, В — трубопровод хладагента (водорода) и путь откачки диффундирующего трития, Н — нагреватель, RS — радиационный экран

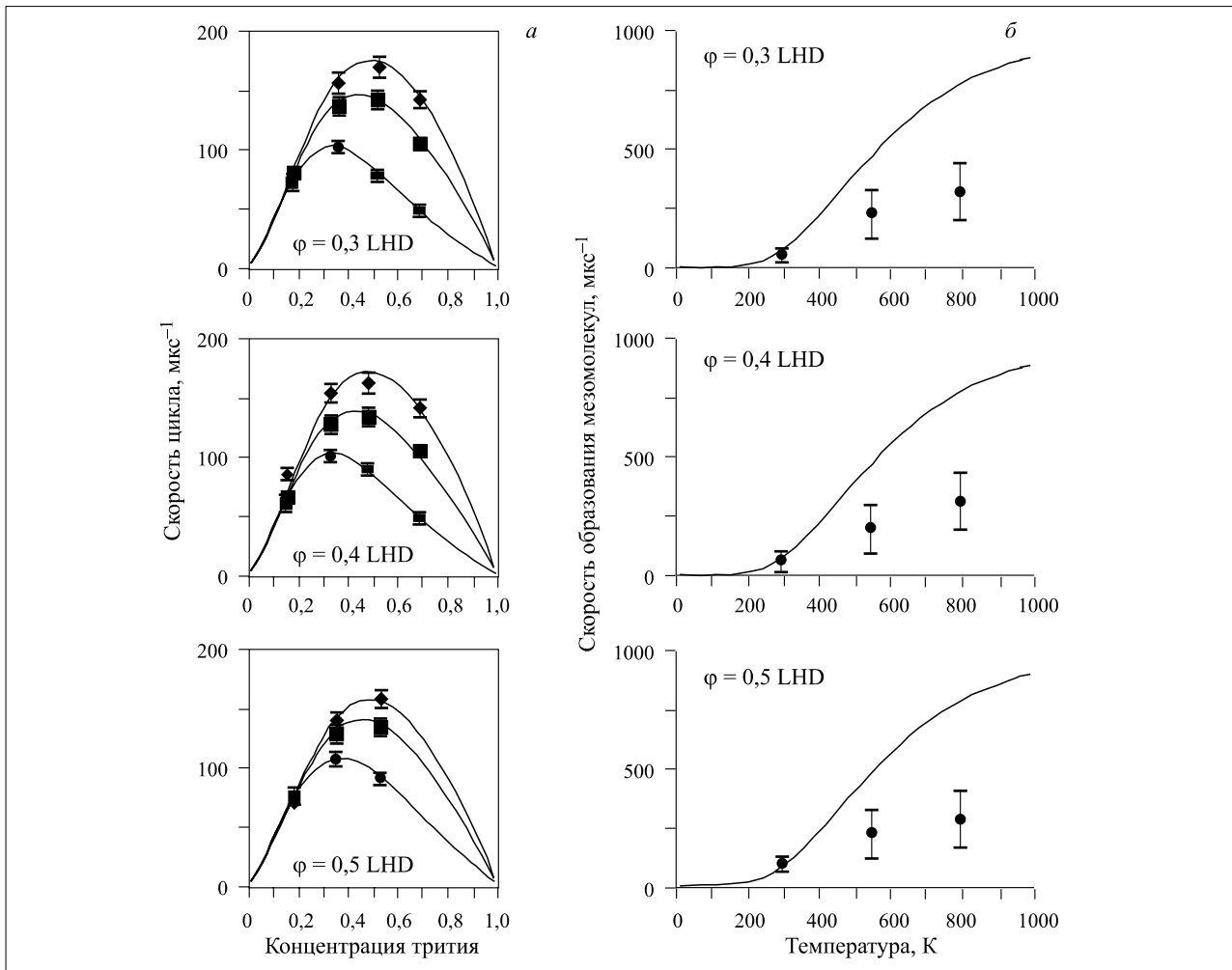


Рис. 12. Результаты анализа зависимости скорости цикла от концентрации трития $\lambda_c(C_t)$. а) Экспериментальные данные (точки) и наилучший фит (кривые) при плотности смеси 0,3–0,5 LHD ($1 \text{ LHD} = 4,25 \cdot 10^{22}$ ядер/см³) и температуре: ● — 300 К, ■ — 550 К, ◆ — 800 К. б) Зависимости скорости образования $d\mu$ -мезомолекул $\lambda_{d\mu-t}$ (полученных из фита) от температуры для трех значений плотности смеси (кривые взяты из работ *Ackerbauer P. et al. // Нур. Int. 1996. V. 101/102. P. 67; Faifman M.P. et al. ibid. P. 179*)

(протий, дейтерий и тритий) смесях изотопов водорода при высоких температурах и давлениях. Эти исследования проводятся с помощью установки **TRITON** на мюонном канале фазотрона ОИЯИ. Измерение так называемых эффективных параметров (скорости цикла λ_c , выхода нейтронов Y_m и потери мюонов ω) процесса мюонного катализа в смесях изотопов водорода является главной целью экспериментов.

Разработана, изготовлена и использовалась в экспериментах уникальная тритиевая мишень высокого давления (объем — 16,5 см³, давление — ≤ 1600 атм, рабочий диапазон температур 300–800 К, рис. 11). Оригинальный комплекс подготовки газовой смеси обеспечивал чистоту изотопов водорода от примесей на уровне 10^{-7} объемных долей. Молекулярный состав смеси контролировался газовым хроматографом. С помощью тритиевой мишени высокого давления (ТМВД) измерены значения эффективных параме-

тров процесса мюонного катализа в двойной D/T-смеси изотопов водорода при температурах 300–800 К и плотностях смеси 0,3–0,6 LHD ($1,275\text{--}2,55 \times 10^{22}$ ядер/см³) и в тройной H/D/T-смеси изотопов водорода в зависимости от концентрации протия при температуре 300 К и фиксированной плотности фракции D/T в смеси H/D/T [19].

Проведен первичный анализ зависимости скорости цикла λ_c от концентрации трития C_t в двойной D/T-смеси (рис. 12). Получены предварительные значения скоростей образования $d\mu$ -мезомолекул на молекулах DD и DT. По результатам анализа концентрационных зависимостей скорости цикла можно сделать предварительное заключение о том, что теоретические значения скоростей резонансного образования мезомолекул (см. рис. 12) существенно завышены. Этот результат совпадает с выводами работы [20].

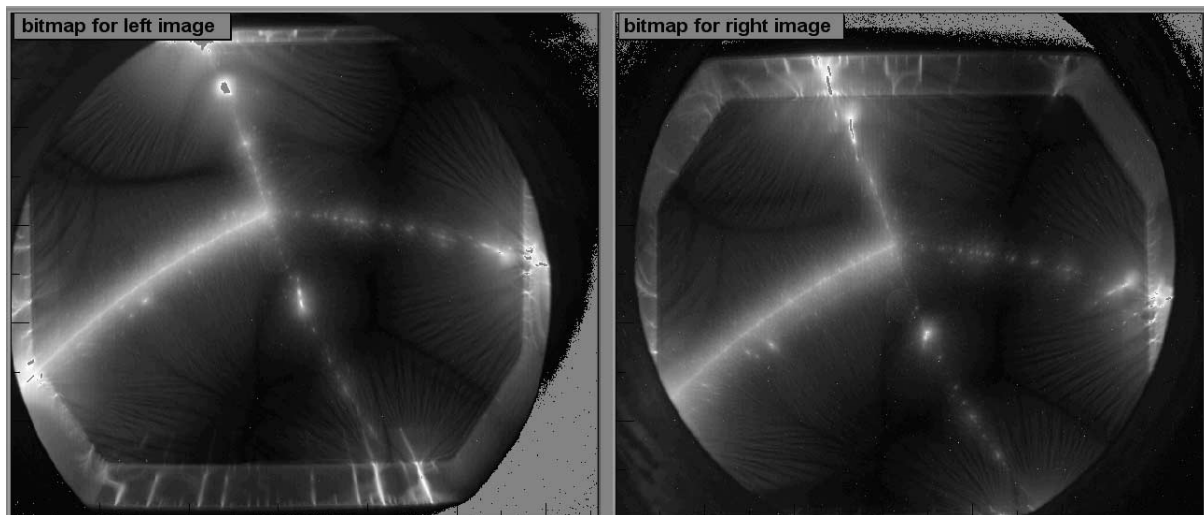


Рис. 13. Стереοизображения события развала ядра ${}^4\text{He}$

Самошунтирующая стримерная камера коллаборации **DUBTO**, помещенная в магнитное поле и снабженная двумя ПЗС-видеокамерами для изучения взаимодействий пионов с легкими ядрами на фазотроне ОИЯИ, проработала в 2000 г. несколько сеансов для набора данных. Камера была наполнена ${}^4\text{He}$ при атмосферном давлении. Техника ПЗС-видеокамер еще не использовалась в экспериментах для регистрации следов частиц, поэтому было создано специальное математическое обеспечение для измерения оцифрованных ПЗС-изображений ядерных событий в объеме стримерной камеры и для реконструкции реакций в пространстве. Идентификация частиц основана на кинематических соотношениях и на анализе светимости следов частиц, которая пропорциональна ионизационным потерям в газовой мишени. Яркость ПЗС-изображения следа частицы пропорциональна количеству света, доходящего до пикселей ПЗС-матрицы, в отличие от случая фотографической регистрации, когда яркость следа пропорциональна логарифму количества света, падающего на пленку. На рис. 13 показаны ПЗС-стереοизображения события развала ядра ${}^4\text{He}$: $\pi^+ + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^+ + p + {}^3\text{H}$, в котором следы пионов, протона и тритона ясно идентифицируются. Однозначная идентификация заряженных частиц и измерение инвариантных масс с участием сильноионизирующих частиц, по-видимому, делает возможным анализ энергетического спектра возбужденных ядерных уровней ядра ${}^4\text{He}$, а также других величин, связанных с тяжелыми вторичными частицами, рождаемыми в пион-гелиевых реакциях.

На протонном пучке синхротрона COSY (Юлих) с помощью спектрометра **ANKE** измерена A -зависимость дважды дифференциального сечения рождения K^+ -мезонов в протон-ядерных соударениях при

энергии протонов выше порога рождения каонов в чисто протон-нуклонных соударениях (1,58 ГэВ) и в подпороговой области [21].

При энергии 2,3 ГэВ эта зависимость близка к $A^{2/3}$, что соответствует механизму прямого рождения каонов в соударении протона с нуклоном ядра. В подпороговой области (1 ГэВ) наблюдается значительное отступление от этой зависимости, что указывает на кумулятивный характер процесса в этих условиях.

Проведена настройка систем детектора **ANKE**, необходимых для исследования кумулятивного развала дейтрона протонами. В экспозиции дейтериевой кластерной мишени на пучке протонов 0,5 ГэВ (реакция $p + d \rightarrow (pp)(0^\circ) + n(180^\circ)$) наблюдалось выбивание под углами, близкими к нулю градусов, протонных пар с малым относительным импульсом [22].

На фазотроне ОИЯИ в рамках проекта «**Muon**» (исследование свойств мюонов и их взаимодействия с веществом) впервые определено время жизни отрицательного мюона в ${}^{129}\text{Xe}$. Анализ аналогичных результатов для изотопов ${}^{132,136}\text{Xe}$ подтверждает наличие значительной зависимости скорости ядерного захвата мюонов от массового числа указанных изотопов (изотопический эффект в захвате отрицательных мюонов в ксеноне) [23].

Были выполнены измерения магнитного момента отрицательного мюона в $1s$ -состоянии в различных атомах на $\mu E4$ -канале ускорителя PSI (Швейцария). Релятивистское движение отрицательного мюона, находящегося на $1s$ -орбите атома, должно приводить к отличию его магнитного момента от магнитного момента свободного мюона. До настоящего времени было выполнено всего три эксперимента по измерению магнитного момента отрицательного мюона в

связанном состоянии, их результаты противоречивы. Измерения в углеводе, кислороде, магнии и кремнии подтверждают тот факт, что магнитный момент отрицательного мюона, находящегося в связанном состоянии за счет кулоновского поля ядра, отличается от магнитного момента свободного мюона [24].

С целью изучения влияния примесей на скорость релаксации магнитного момента акцепторного центра μSR -методом были выполнены измерения для нескольких образцов кремния с различной концентрацией примеси фосфора и алюминия. Впервые определена температурная зависимость скорости релаксации магнитного момента акцепторного центра алюминия в недеформированном кремнии. Получены оценки константы сверхтонкого взаимодействия магнитных моментов мюона и электронной оболочки мюонного атома ${}_{\mu}Al$ и коэффициента захвата электронов проводимости нейтральным атомом Al в кремнии [25].

Продолжено изучение соединения $Ce_3Pd_{20}Si_6$ — одной из систем с наиболее «тяжелыми» электронами. При температуре ниже 0,4 К было обнаружено резкое увеличение скорости деполяризации спина мюона, которое может интерпретироваться как образование квазистатического упорядочения магнитных моментов электронного происхождения, предположительно со случайным распределением (спиновое стекло). Наблюдался сдвиг частоты прецессии спина мюона во внешнем магнитном поле. Этот факт может быть объяснен увеличением суммарного магнитного момента «суперпарамагнитного» куба, образованного восемью атомами Ce и их ферромагнитным упорядочением с понижением температуры [26].

Проведены оценочные эксперименты по исследованию свойств жидкого кристалла, в состав молекулы которого входит атом железа. Соединения данного типа представляют интерес с точки зрения получения жидких кристаллов, обладающих магнитными свойствами. Полученные результаты не противоречат предположению, что при температуре ниже 80 К ионы железа, входящие в состав молекулы жидкого кристалла, образуют антиферромагнитно-упорядоченную структуру [27].

Для исследования вероятности двухчастичного распада мюона на электрон и безмассовый голдстоуновский бозон (фамилон) коллаборация ОИЯИ–ПИЯФ создает установку FAMILON. Данный распад может идти только с нарушением закона сохранения лептонного числа, и по этой причине он запрещен в стандартной модели.

В 2000 г. в ПИЯФ завершена сборка пропорциональных камер спектрометра и проведено их тестирование, испытана новая система съема информации с

камер. Изготовлен мишенный узел установки и проведены его вакуумные испытания. Оборудование из Гатчины было перевезено в Дубну и смонтировано на пучке поверхностных мюонов фазотрона. Проведена юстировка камер, проверена работа системы съема информации с камер в реальных условиях, выполнены испытания с радиоактивным источником. Моделирование показало, что в данной конфигурации установка может обеспечить энергетическое разрешение для позитронов от распада мюонов на уровне 10^{-3} , что позволяет улучшить предыдущий результат (полученный в TRIUMF) в три раза. При имеющихся экспериментальных условиях (10^5 остановок поверхностных мюонов в секунду, угловом захвате магнитного спектрометра $\pm 5^\circ$ по вертикали и горизонтали) для получения такого результата потребуется 300 часов ускорительного времени.

Прецизионное измерение уширения γ -линии (277 кэВ) в результате захвата мюона газообразным кислородом $\mu^- + {}^{16}O \rightarrow \nu + {}^{16}N^{**} \rightarrow {}^{16}N^* + \gamma$ выполнено сотрудниками ЛЯП на пучке $\mu E4$ PSI (проект АС/МС). Доплеровское уширение данной линии излучения чувствительно к возможному вкладу скалярного взаимодействия в процесс ядерного захвата мюона. Хотя в стандартной модели слабое взаимодействие имеет вид $V - A$, тем не менее современные расширения этой модели (такие как суперсимметрия с нарушенной R -четностью, лептокварки и т. д.) допускают вклад фундаментального скалярного взаимодействия. В таком случае константа связи этого взаимодействия C_S вместе с так называемой индуцированной скалярной константой g_S (вклад которой мал) может быть определена из различных наблюдаемых при захвате мюона. Из формы γ -линии найден (рис. 14) коэффициент гамма-нейтринной корреляции $a_2^1 = 0,096 \pm 0,041$ (95 % C.L.), откуда получена оценка константы связи $-0,25 < C_S < -0,07$. Имеющаяся неопределенность в нахождении этой константы обусловлена недостаточной точностью знания ядерных матричных элементов [29].

Цель очередного эксперимента по проекту AnCor (исследование бета-нейтринных угловых корреляций при сверхразрешенных бета-распадах короткоживущих ядер) — изучение β -распада ядра ${}^{32}Ar$, сопровождающегося эмиссией протона. Фундаментальное значение этого проекта состоит в прецизионном измерении констант связи скалярного и тензорного слабого взаимодействия, которые запрещены в рамках стандартной модели. Использование метода β - p -совпадений позволяет измерить не только доплеровское уширение сигнала от протона, который со-

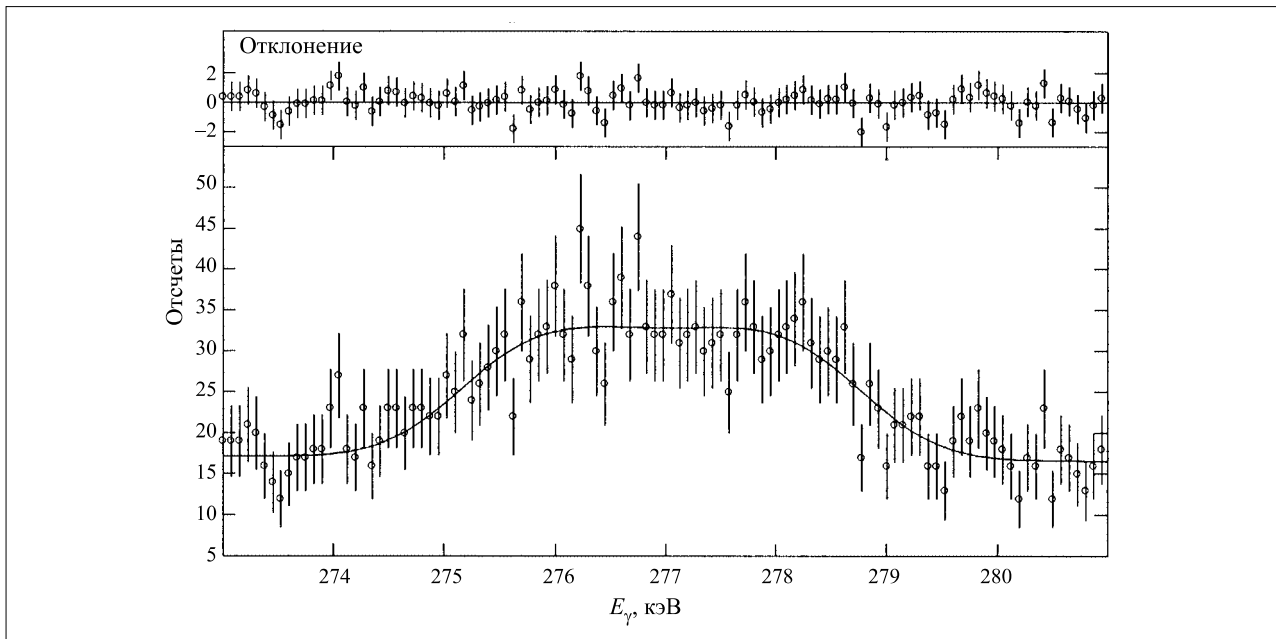


Рис. 14. Форма γ -линии и ее фитирование. Сплошные линии представляют теоретические расчеты, кружки — данные эксперимента

проводит β -распад, но и сдвиг этого сигнала. Поскольку эффект Доплера при β - p -корреляции ($\sim 1/v_p$) значительно больше, чем в случае β - γ -корреляции ($\sim 1/c$), то можно ожидать, что в эксперименте с ^{32}Ar будет достигнута значительно большая чувствительность, по сравнению с предыдущим экспериментом коллаборации AnCor с ядрами ^{18}Ne .

В 2000 г. в GANIL (Франция) был успешно проведен пробный сеанс измерений. Качество пучка ядер ^{32}Ar , условия проведения эксперимента и характеристики прототипа детектора оказались вполне удовлетворительными. В настоящее время установка находится в стадии создания, основные измерения будут проведены в 2001–2002 гг.

Эксперимент **NEMO-3** нацелен на изучение двойного бета-распада ядер и измерение эффективной майорановской массы нейтрино на уровне 0,1 эВ. Около 10 кг изотопически обогащенных образцов ^{100}Mo , ^{130}Te , ^{82}Se , ^{150}Nd , ^{96}Zr , ^{48}Ca будут одновременно исследоваться с помощью установки NEMO-3 с целью поиска безнейтринной и двухнейтринной мод двойного бета-распада этих ядер.

В 2000 г. основная часть детектора NEMO-3 была собрана в подземной лаборатории в Модане (в тоннеле Фрейджуса, Франция) на глубине, соответствующей защите в 4800 м в. э. Детектор состоит из 6180 счетчиков Гейгера и 1940 пластических сцинтилляторов, собранных в 20 секторов. В 2000 г. восемь секто-

ров были смонтированы с обогащенными образцами ^{100}Mo , ^{130}Te , а также (для контроля) с соответствующими образцами без обогащения. С тремя полностью оборудованными секторами был проведен первый пробный сеанс измерений, с помощью которого были показаны большие возможности установки и подтверждено, что фон не превышает ожидаемого уровня. Проведено несколько калибровочных измерений с источниками ^{60}Co и ^{207}Bi , которые позволили получить важную информацию о фактическом энергетическом и временном разрешении детектора [30].

Сотрудниками ЛЯП в рамках коллаборации **TGV** исследован двойной бета-распад ^{48}Ca с помощью низкофоновый высокочувствительный спектрометр TGV (телескоп германиевый вертикальный). В результате обработки экспериментальных данных, полученных за 8700 часов измерений с использованием одного грамма ^{48}Ca , найдены значения $T_{1/2}^{2\nu\beta\beta} = (4,2^{+3,3}_{-1,3}) \cdot 10^{19}$ лет и $T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 1,5 \cdot 10^{21}$ лет (90 % C.L.) для двойного бета-распада ^{48}Ca [31].

В 2000 г. участники международного германиевого эксперимента **IGEX**, нацеленного на изучение двойного бета-распада германия, проанализировали данные, набранные за 10 кг-лет с обогащенными (86 % ^{76}Ge) германиевыми детекторами. В течение 2000 г. набор статистики по двойному бета-распаду проводился одновременно с тремя двухкилограммовыми детекторами в Канфранке (Испания) на глубине

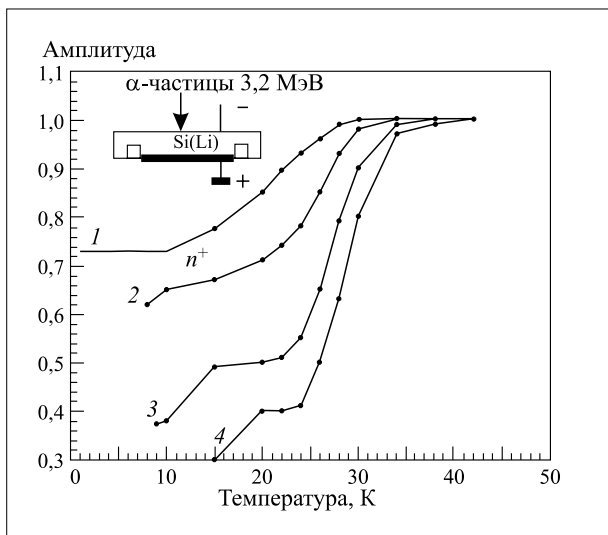


Рис. 15. Зависимости амплитуды сигнала от температуры для различных напряжений смещения на детекторе. 1 — $E = 12500$ В/см; 2 — $E = 6000$ В/см; 3 — $E = 3000$ В/см; 4 — $E = 1500$ В/см

2450 м. в. э. и четырем килограммовыми детекторами в Баксанской подземной лаборатории (Россия) на глубине 660 м. в. э. Усредненный уровень фона в 0,15 отсчетов на $\text{кэВ} \cdot \text{кг} \cdot \text{год}$ был достигнут для всех детекторов коллаборации. Из анализа данных путем дискриминации по форме импульса получен нижний предел для времени жизни безнейтринной моды распада ^{76}Ge : $1,57 \cdot 10^{25}$ лет (90 % С.Л.), что соответствует верхнему пределу майорановской массы нейтрино в интервале от 0,33 до 1,35 эВ (в зависимости от выбора теоретической модели расчета присутствующих в анализе ядерных матричных элементов).

Подробно изучено поведение основных характеристик детекторов из кремния и германия в интервале температур 1–77 К [33]. Создана установка, позволяющая варьировать температуру исследуемого детектора с различным шагом и удерживать ее постоян-

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Целью проекта «Фаза» является исследование механизма ядерной тепловой мультифрагментации, вызываемой легкими релятивистскими ионами. В работах коллаборации «Фаза» путем измерений угловых корреляций для фрагментов промежуточной массы (ФПМ, $2 < Z < 20$) было впервые доказано, что этот процесс является новым многотельным типом

ной с точностью 0,1 К в течение длительного времени (более суток). Исследованы границы применимости наиболее распространенных типов полупроводниковых детекторов как спектрометрических приборов при сверхнизких температурах, что связано с потребностью ряда физических задач, таких, например, как поиск темной материи, изучение ориентированных радиоактивных ядер и др. Показано, что при определенных условиях детекторы из кремния и германия способны сохранять спектрометрические свойства прецизионных приборов вплоть до температуры 1 К. У каждого из исследованных типов детекторов (поверхностно-барьерных, имплантированных и литий-дрейфовых) есть особенности поведения, которые следует учитывать при их использовании в криогенных условиях. Впервые показана возможность применения Si(Li)-детекторов заряженных частиц в интервале температур 1–10 К (рис. 15) за счет создания сильных электрических полей (более 12500 В/см).

Исследован вклад суперсимметрии с нарушенной R -четностью в процесс конверсии мюона в электрон, из анализа имеющихся данных получены новые жесткие ограничения на параметры нарушения R -четности. Выявлена существенная роль странных кварков нуклона в этом процессе. Предсказан и детально исследован эффект резонансного усиления вклада майорановского нейтрино в полуплептонный распад каона и получены жесткие ограничения на значения масс тяжелых нейтрино и параметры их смешивания. Исследованы феноменологические, астрономические и космологические следствия стерильных нейтрино. Проанализирована их роль в ускорительных нейтринных экспериментах, первоначальном ядерном синтезе и взрывах сверхновых звезд [34]. Предложены новые CP -нечетные асимметрии для измерения в поляризованных протон-протонных столкновениях. Изучен механизм их генерации вне рамок стандартной модели, оценена величина CP -нарушения в данных асимметриях [35].

распада очень горячих ядер, а не последовательным независимым испарением частиц.

В 2000 г. изучались энергетические спектры ФПМ, поскольку они отражают геометрию и динамику (расширение) источника фрагментов. Путем сравнения данных, полученных для соударений протонов, He и C с Au, показано, что с увеличением массы бом-

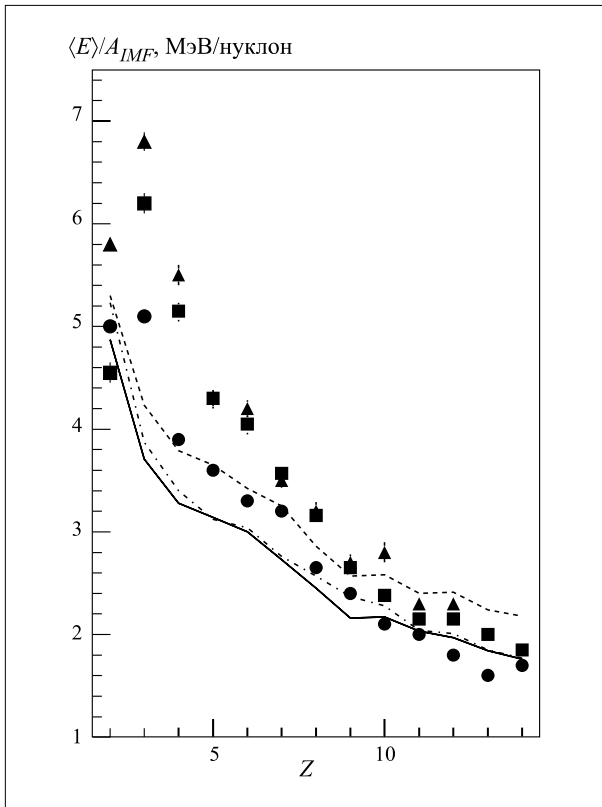


Рис. 16. Средние кинетические энергии на нуклон для фрагментов с зарядом Z , измеренные под углом $\theta = 89^\circ$ для соударений p (8,1 ГэВ) (пунктирная линия и кружки), ${}^4\text{He}$ (14,6 ГэВ) (сплошная линия и квадраты) и ${}^{12}\text{C}$ (22,4 ГэВ) (штрихпунктирная линия и треугольники) с Au. Линии получены в модели, учитывающей модифицированный внутриядерный каскад и статистическую модель мультифрагментации (INC*+СММ) в предположении отсутствия коллективного потока

бардирующей частицы наблюдается переход от чисто статистического процесса к более сложному, сопровождающемуся возникновением (потока) коллективного движения фрагментов. Анализ кинетической энергии коллективной компоненты ФПМ дает информацию о пространственном распределении фрагментов в системе. Эксперименты выполнены с использованием 4 π -установки «Фаза» на пучке синхрофазотрона ОИЯИ. На рис. 16 показаны величины средних энергий на нуклон для фрагментов, возникающих в соударениях p (8,1 ГэВ), ${}^4\text{He}$ (14,6 ГэВ) и ${}^{12}\text{C}$ (22,4 ГэВ) с Au. Для протонного пучка измеренные энергии близки к расчетным значениям, но данные для пучков ${}^4\text{He}$ и ${}^{12}\text{C}$ заметно превышают как расчетные величины, так и полученные для p -Au-соударений. Это превышение связано с радиальным коллективным потоком, вызванным тепловым давлением в системе (спектатор мишени), которая оказывается более горячей в случае более тяжелых бомбардирую-

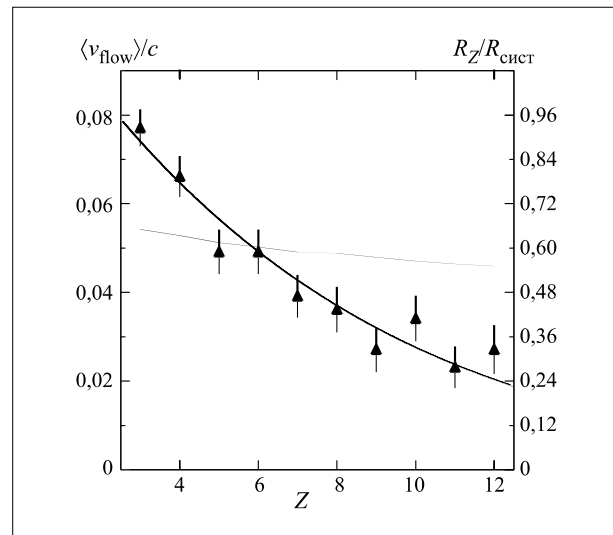


Рис. 17. Значения средней скорости потока фрагментов с зарядом Z (треугольники) для соударений ${}^{12}\text{C} + \text{Au}$ (левая шкала). Правая шкала — средние относительные радиальные координаты фрагментов, полученные в предположении линейного радиального профиля скорости расширения системы. Пунктирная линия — средние радиальные координаты фрагментов, предсказываемые статистической моделью мультифрагментации

щих частиц. Величина потока находится как разница измеренной энергии ФПМ и рассчитанной в модели без какого-либо потока (рис. 16) [36, 37]. Соответствующие значения средних скоростей потока для различных фрагментов представлены на рис. 17. Наблюдаемое значительное отклонение данных от предсказаний может быть вызвано тем, что модель предполагает равномерное распределение плотности и, следовательно, практически одинаковую вероятность образования фрагментов в любой доступной точке системы в момент развала. Следовательно, более тяжелые фрагменты преимущественно образуются ближе к центру системы. Проведенные исследования указывают на то, что несмотря на общий успех статистической модели мультифрагментации описание условий в момент развала системы слишком упрощено. Исследование энергетических спектров фрагментов (и корреляции между формой энергетического спектра фрагментов и их множественностью [38]) является эффективным способом получения информации о конфигурации и динамике ядерной системы в момент развала.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель проект LEPTA (Low Energy Particle Toroidal Accumulator) — создание накопителя низкоэнергичных позитронов с системой электронного охлаждения (рис. 18). Накопитель предназначен для генерации интенсивных потоков атомов позитрония (связанного состояния электрона и позитрона) и для синтеза атомов антиводорода в больших количествах.

В 2000 г. продолжена разработка элементов накопителя. Соленоид секции электронного охлаждения был проверен и настроен. Получена неоднородность магнитного поля меньше чем 10^{-3} , что соответствует расчетному значению. Вакуумная камера накопителя, изготовленная ранее, была собрана и проверена. Минимальное значение давления остаточного газа составляет 10^{-7} торр. Выполнен эскизный проект инжектора позитронов. Инжектор, основанный на радиоактивном изотопе и промежуточной ловушке пеннинговского типа, обеспечивает интенсивность инжектируемого пучка 108 позитронов, что позволяет получать поток ортопозитрония, приблизительно равный 104 атомам в секунду. Элементы системы электронного охлаждения разработаны на базе стенда ЛЯП. Была создана методика и необходимая диагностика для исследования процесса электронного охлаждения позитронов.

Разработан концептуальный проект первых экспериментов с пучками позитрония: сравнение электрических зарядов электрона и позитрона, измерение времени жизни ортопозитрония. Ожидаемое разрешение экспериментов составляет $5 \cdot 10^{-10}$ для относительной разности зарядов и 10^{-5} для времени жизни

позитрония, что заметно превышает существующий уровень.

В ЛЯП на базе семикабинного медико-технического комплекса (МТК) и медицинских адронных пучков фазотрона ОИЯИ проводятся медико-биологические и клинические исследования по лечению онкологических больных, совершенствованию оборудования и разработке новых методов лучевой терапии и сопутствующей диагностики.

В 2000 г. были расширены клинические исследования по протонной терапии онкологических больных на пучках фазотрона. На медицинском протонном пучке с энергией 150 МэВ (совместно с последующей гамма-терапией) курс фракционированного лучевого лечения прошли 36 пациентов. Общее количество протонных лучевых сеансов составило 409. Еще 17 пациентам проводилось облучение опухолей только на гамма-аппарате «Рокус-М».

Разработаны, изготовлены и апробированы специальные устройства для модификации пика Брэгга протонного пучка, применение которых позволило сформировать в процедурной кабине № 1 пучок с плоской вершиной пика Брэгга, протяженностью 2,5, 3,5 и 4,5 г/см². Это позволило более эффективно проводить облучение злокачественных опухолей.

На медицинском протонном пучке фазотрона ОИЯИ проведено облучение термоллюминесцентных и трековых детекторов с целью определения характера их поведения в пучках протонов, используемых в радиотерапии, а также измерения спектров ЛПЭ для определения вклада в дозу вторичных частиц. Совместно со специалистами Института ядерной физики (Прага) проведена дозиметрическая калибровка

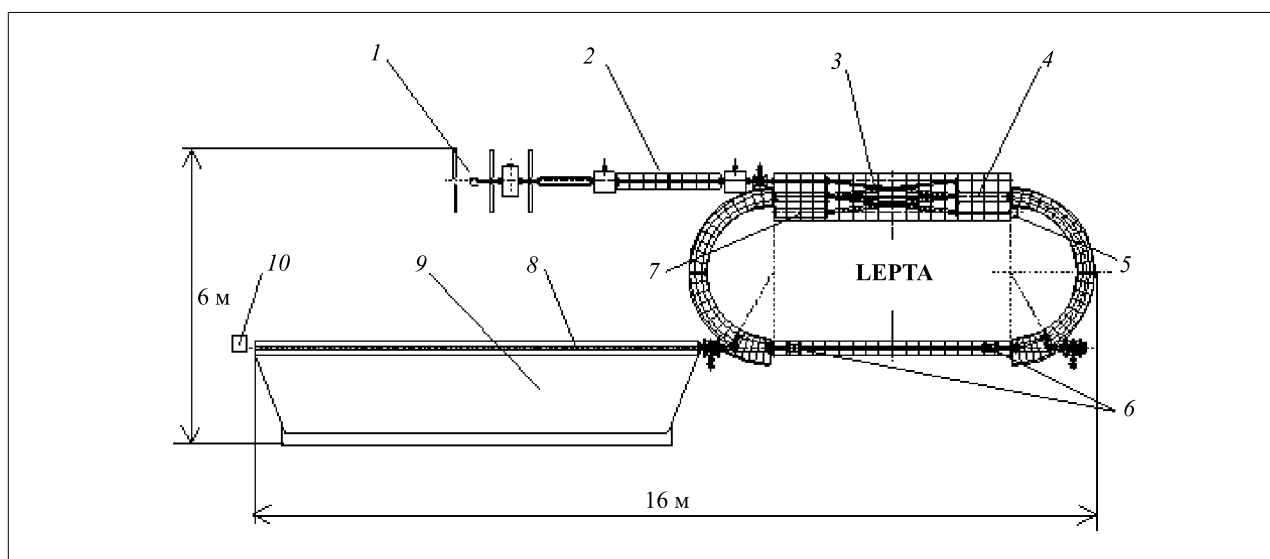


Рис. 18. Установка LEPTA: 1 — источник позитронов; 2 — позитронная ловушка; 3 — катушки септума; 4 — кикер; 5 — электронный коллектор; 6 — пикап-станции; 7 — электронная пушка; 8 — канал распада; 9 — дипольный магнит; 10 — Ps-детектор

терапевтического гамма-аппарата «Рокус-М» и клинических дозиметров, используемых для отпуска дозы в сеансах протонной терапии [39].

На выставке «Московская область на пороге нового века» за создание медико-технического комплекса для проведения адронной терапии Объединенный институт ядерных исследований был отмечен золотой медалью выставки.

Группой молекулярной и радиационной генетики продолжались экспериментальные работы по изучению природы и локализации на карте гена наследуемых радиационно-индуцированных мутаций рецессивного характера с помощью метода полимеразной цепной реакции [40].

В лаборатории разработан оригинальный криогенный хирургический аппарат [41], предназначен-

ный для удаления любых биологических новообразований методом глубокого замораживания в медицинской практике и косметологии. Отличительной особенностью криохирургического инструмента является непосредственное замораживание выбранного участка ткани двухфазной струей переохлажденного жидкого азота с ограничением зоны замораживания и сменными наконечниками закрытого типа с встроенными теплообменниками в стандартном варианте криоаппликатора. Продолжительность цикла замораживания задается в интервале от нескольких секунд до четырех минут. Прямое попадание хладагента на незащищенные участки тела пациента исключено в принципе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Astier P. et al. (NOMAD Collaboration) // *Phys. Lett. B.* 2000. V. 483. P. 387.
2. Astier P. et al. (NOMAD Collaboration) // *Nucl. Phys. B.* 2000. V. 588. P. 3.
3. Abreu P. et al. (DELPHI Collaboration) // *Phys. Lett. B.* 2000. V. 485. P. 45; *Eur. Phys. J. C.* 2000. V. 16. P. 371.
4. Abreu P. et al. (DELPHI Collaboration) // *Phys. Lett. B.* 2000. V. 491. P. 67.
5. Abreu P. et al. (DELPHI Collaboration) // *Phys. Lett. B.* 2000. V. 479. P. 89.
6. Olshevsky V.G., Trusov S.V. *JINR Preprint E10-2000-150. Dubna, 2000 (submitted to «Nucl. Instr. and Meth.»).*
7. Adeva B. et al. // *CERN-SPSC-2000-032, CERN-SPS-P-284-ADD-1. August, 2000.*
8. Kulchitsky Yu.A. *JINR Preprint E1-2000-260. Dubna, 2000; JINR Preprint E1-2000-73. Dubna, 2000; Akhmadaliev S. et al. // (to be published in «Nucl. Instr. and Meth. A.»), 2000).*
9. Kulchitsky Yu.A. // *JINR Preprint E1-2000-5. Dubna, 2000; Amaral P. et al. // Nucl. Instr. and Meth. A. 2000. V. 443. P. 51.*
10. Kulchitsky Yu.A. // *Particles and Nuclei, Letters.* 2000. No. 2 [99]. P. 52; *Bosman M., Kulchitsky Yu.A., Nessi M. JINR Preprint E1-2000-31. Dubna, 2000.*
11. Alexeev G.D. et al. (to be published in «Nucl. Instr. and Meth. A»).
12. Ashmanskas W. et al. (CDF Collaboration) // *Nucl. Instr. and Meth. A.* 2000. V. 447. P. 218.
13. Budagov J. et al. *JINR Preprint E13-2000-127. Dubna, 2000.*
14. Ashmanskas W. et al. (CDF Collaboration) // *FERMILAB-CONF-00-238-E, October, 2000.*
15. Borisov N.S. et al. // *Proc. of the Intern. Workshop «Symmetry and Spin», Prague, 1999. Czech. J. Phys.* 2000. V. 50. Suppl. S1. P. 401.
16. Batusov V.Yu. et al. // *Proc. of Experimental Data Collected by the «Soft» Trigger on the «Hyperon-2» Setup (to be published in «Particles and Nuclei, Letters», 2001).*
17. Frlež E. et al. // *PSI Scientific Report. 1999. V. I: Particles and Matter. Villigen PSI, March, 2000.*
18. Bolotov V.N. et al. // *Phys. Lett. B.* 1990. V. 243. P. 308.
19. Dremine D.L. et al. *JINR Commun. E15-2000-156, E15-2000-157. Dubna, 2000.*
20. Ackerbauer P. et al. // *Nucl. Phys. A.* 1999. V. 652. P. 311.
21. Barsov S. et al. // *Nucl. Phys. A.* 2000. V. 675. P. 230; *Proc. of Intern. Workshop «Meson-2000», Cracow, Poland, May, 2000.*
22. Uzikov Yu. *JINR Preprint E2-2000-149. Dubna, 2000.*
23. Mamedov T.N. et al. // *JEPT Lett.* 2000. V. 71. P. 663.
24. Mamedov T.N. et al. *JINR Commun. E14-2000-158. Dubna, 2000.*
25. Mamedov T.N. et al. // *Phys. B.* 2000. V. 289–290. P. 574; *Gorelkin V.N. et al. Phys. B. 2000. V. 289–290. P. 585; Mamedov T.N. et al. // JEPT Lett. 2000. V. 71. P. 637.*
26. Duginov V.N. et al. // *Phys. B.* 2000. V. 289–290. P. 43; <http://nuweb.jinr.ru/~duginov/cepdsi>.

27. Mamedov T.N. et al. *JINR Commun. E14-2000-99. Dubna, 2000.*
28. Gordeev V.A. et al. *Preprint PNPI NP-37-2000-2380. Gatchina, 2000.*
29. Shitov Yu. et al. *Doppler-Broadening of Gamma-Rays Followind Muon Capture: Search for Scalar Coupling (submitted to «Nucl. Phys. B.»).*
30. Arnold R. et al. // *Nucl. Phys. A. 2000. V. 678. P. 341.*
31. Brudanin V.B. et al. // *Phys. Lett. B. 2000. V. 495. P. 63.*
32. Aalseth C.E. et al. // *Phys. of Atom. Nuclei. 2000. V. 63. P. 1299; P. 1268;*
Klimenko A.A. et al. // *Phys. of Atom. Nuclei. 2000. V. 63. P. 1264.*
33. Gusev K.N. et al. *The Behaviour of the Basic Characteristics of the Silicon and Germanium Detectors in the Temperature Range 1–77 K (submitted to «Nucl. Instr. and Meth. A.»).*
34. Faessler A. // *Nucl. Phys. B. 2000. V. 587. P. 25;*
Dib C. (to appear in «*Phys. Lett. B.*» 2000); *hep-ph/0006277.*
35. Kovalenko S., Schmidt I., Soffer J. *CP-Violation in High-Energy Collisions of Polarized Protons // hep-ph/9912529.*
36. Avdeyev S.P. et al. *JINR Preprint E1-2000-152. Dubna, 2000 (to be published in «Yad. Fiz.»).*
37. Avdeyev S.P. et al. // *Paricles and Nuclei, Letters. 2000. No. 2[99]. P. 62.*
38. Avdeyev S.P. et al. // *Paricles and Nuclei, Letters. 2000. No. 2[99]. P. 70.*
39. Вагнер Р. и др. *Сообщение ОИЯИ Р16-2000-186. Дубна, 2000;*
Spurny F. et al. *The Spectrometry of Linear Energy Transfer with Track Etched Detectors // Symposium on Radiation Physics (ISPR-8), Prague, June, 2000. P. 304;*
Spurny F. et al. *Experimental Microdosimetry in High Energy Radiation Fields // Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-10), Hiroshima, May, 2000. P. 203;*
Spurny F. et al. *Dosimetric and Microdosimetric Characteristics of High Energy Proton Beams // Conference on Nuclear Track in Solids, Portoroz, Slovenia, 2000. P. 105;*
Kostjuchenko V.I. et al. *JINR Commun. E16-2000-165. Dubna, 2000.*
40. Alexandrov I.D., Alexandrova M.V. // *Proc. of Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century», Moscow, November, 20–24. 2000. P. 6;*
Lapidus I.L. et al. // *ibid. P. 42.*
41. Pavlov V.N. *JINR Preprint D8-2000-87. Dubna, 2000 (submitted to «Cryogenics»).*

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г.Н.ФЛЕРОВА

В Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова традиционными являются эксперименты с пучками тяжелых ионов стабильных и радиоактивных изотопов, синтез тяжелых и экзотических ядер, изучение ядерных реакций, развитие ускорительной техники, изучение взаимодействия тяжелых ионов с веществом и прикладные исследования.

Эти направления исследований развиваются с помощью ускорителей ЛЯР и установок других исследовательских центров.

Время работы циклотронов ЛЯР У-400 и У-400М в 2000 г. составило примерно 9000 часов, что позволило выполнить многие эксперименты с ускоренными ионами в диапазоне низких и средних энергий.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПУЧКАМИ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ, СИНТЕЗ ТЯЖЕЛЫХ И ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЯДЕР, ИЗУЧЕНИЕ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Синтез новых элементов

Важным достижением явилось экспериментальное подтверждение предсказаний макро-микроскопической теории о существовании сферических оболочек с $Z \approx 114$ и $N \approx 184$. Полученные результаты позволяют надеяться, что достижение границ области, где становится заметным влияние замкнутой оболочки $N = 184$, возможно в реакциях наиболее тяжелых мишеней U, Pu и Cm с ускоренными ионами ^{48}Ca .

В противоположность реакциям «холодного» слияния в реакциях с ионами кальция вследствие значительной асимметрии во входном канале ($A_p/A_t \approx 0,2$; $Z_p Z_t \approx 1880$) не ожидается существования динамических запретов на слияние взаимодействующих ядер. С другой стороны, как следствие значительного дефекта массы ^{48}Ca , энергия возбуждения составного ядра при энергии взаимодействия вблизи кулоновского барьера ожидается около 30 МэВ. Это обстоятельство должно заметно повысить вероятность выживания составных ядер в сравнении с реакциями «горячего» слияния.

Поскольку ожидаемое сечение образования сверхтяжелых элементов даже в максимуме функции возбуждения должно быть близким к 1 пб, то непре-

мым условием проведения экспериментов являлось получение стабильных высокоинтенсивных пучков изотопа ^{48}Ca при минимальном расходе материала. Благодаря достигнутой высокой эффективности ускорения ионов была начата обширная программа синтеза сверхтяжелых элементов.

Эксперименты выполнялись на циклотроне тяжелых ионов ЛЯР У-400 и сепараторах ВАСИЛИСА и ГНС в рамках сотрудничества с GSI (Дармштадт, Германия), LLNL (Ливермор, США), RIKEN (Саитама, Япония) и Университетом им. Я.Коменского (Братислава, Словакия). Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Первые положительные результаты были получены на сепараторе ВАСИЛИСА весной 1998 г. после облучения мишени ^{238}U потоком ионов ^{48}Ca , равным $3,5 \cdot 10^{18}$ [1]. В этом эксперименте наблюдались два события спонтанного деления с полной энергией ТКЕ, близкой к 190 и 212 МэВ. Эти события были приписаны распаду нового изотопа элемента 112, образовывавшегося в реакции $^{238}\text{U} (^{48}\text{Ca}, 3n)$ $^{283}112$ (см. рис. 1,б) с сечением $\sigma_{3n} \approx 5$ пб.

В марте–апреле 1999 г. мишень ^{242}Pu была облучена потоком ионов ^{48}Ca , равным $7,5 \cdot 10^{18}$, на сепара-

Таблица 1

Дата	Мишень	Энергия возбуждения, E^* , МэВ	Доза пучка (10^{18})	Наблюдаемое ядро	Сечение, пб
Март, 1998 г.	^{238}U	31,0	3,5	$^{283}_{112}$	5
Нояб.–дек., 1998 г.	^{244}Pu	35,0	5,2	$^{289}_{114}$	1
Март, 1999 г.	^{242}Pu	33,5	7,5	$^{287}_{114}$	2,5
Июнь–окт., 1999 г.	^{244}Pu	35,3	10	$^{288}_{114}$	1
Июнь–дек., * 2000 г.	^{248}Cm	33,1	18*	$^{292}_{116}$	0,5*

* Эксперимент продолжается.

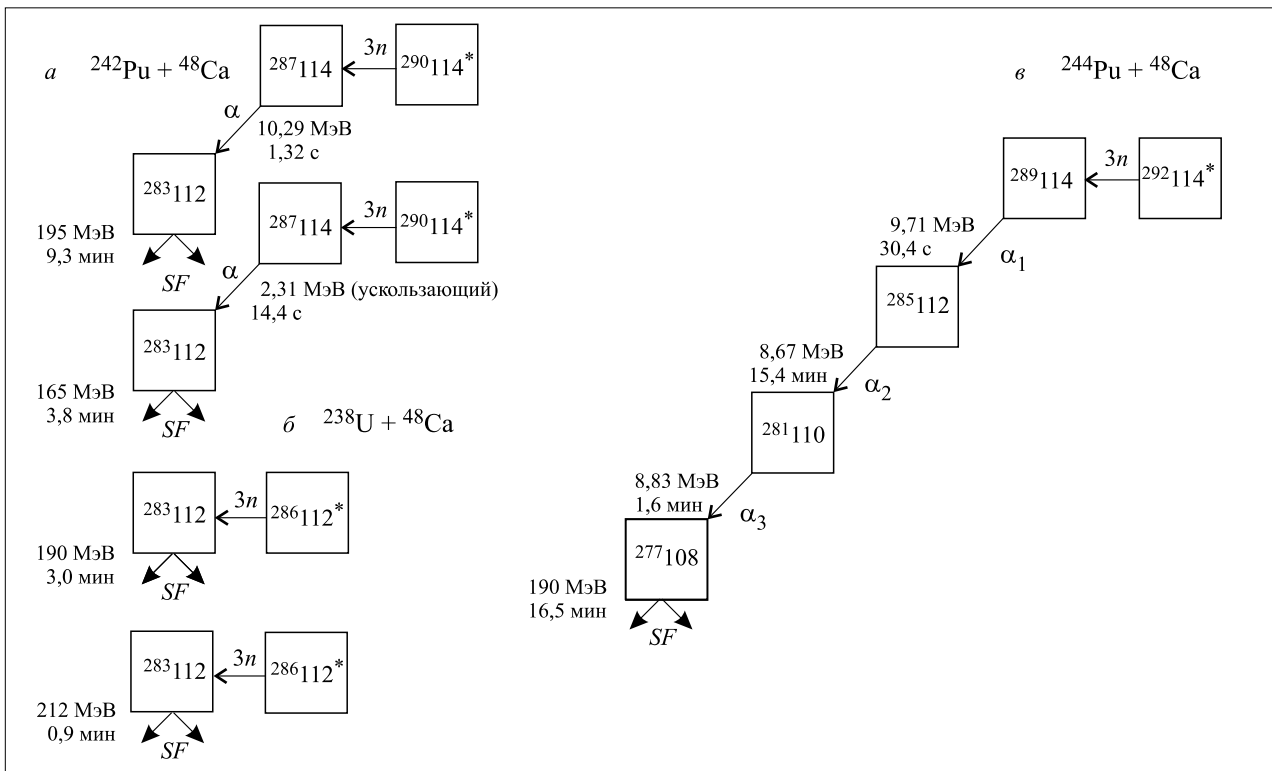


Рис. 1. Позиционно-коррелированные цепочки распадов: а) $^{287}_{114}$, образующегося в реакции $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$; б) $^{283}_{112}$, образующегося в реакции $^{238}\text{U} + ^{48}\text{Ca}$; в) $^{289}_{114}$, образующегося в реакции $^{244}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$

торе ВАСИЛИСА [2]. Две наблюдавшиеся цепочки распадов были отнесены к α -распаду родительского ядра $^{287}_{114}$ (см. рис. 1,а). Обе цепочки распадов заканчивались спонтанным делением дочернего ядра $^{283}_{112}$, наблюдавшегося в [1].

В реакциях слияния ^{48}Ca с мишенями ^{244}Pu и ^{248}Cm могут быть получены изотопы 114 и 116 элементов, наиболее близкие к вершине «острова стабильности».

Эксперименты с мишенью ^{244}Pu проводились на газонаполненном сепараторе в период с ноября 1998 г. по декабрь 1999 г. После облучения ^{244}Pu -мишени потоком ионов, равным $5,2 \cdot 10^{18}$, были зарегистрированы

последовательные α -распады, завершившиеся спонтанным делением [3]. В этой последовательности распадов пять сигналов — от ядра отдачи, α_1 , α_2 , α_3 и SF (см. рис. 1,в) — были получены с разбросом по позиции менее 1 мм, что указывало на сильную корреляцию между событиями. После анализа условий эксперимента и характеристик зарегистрированных событий было установлено, что с наибольшей вероятностью эта цепочка распадов началась изотопом $^{289}_{114}$, образовавшимся в канале с испарением трех нейтронов.

В следующем эксперименте при энергии пучка, соответствовавшей энергии возбуждения составного ядра $^{292}_{114} E^* = 33\text{--}40$ МэВ, и полной дозе ионов,

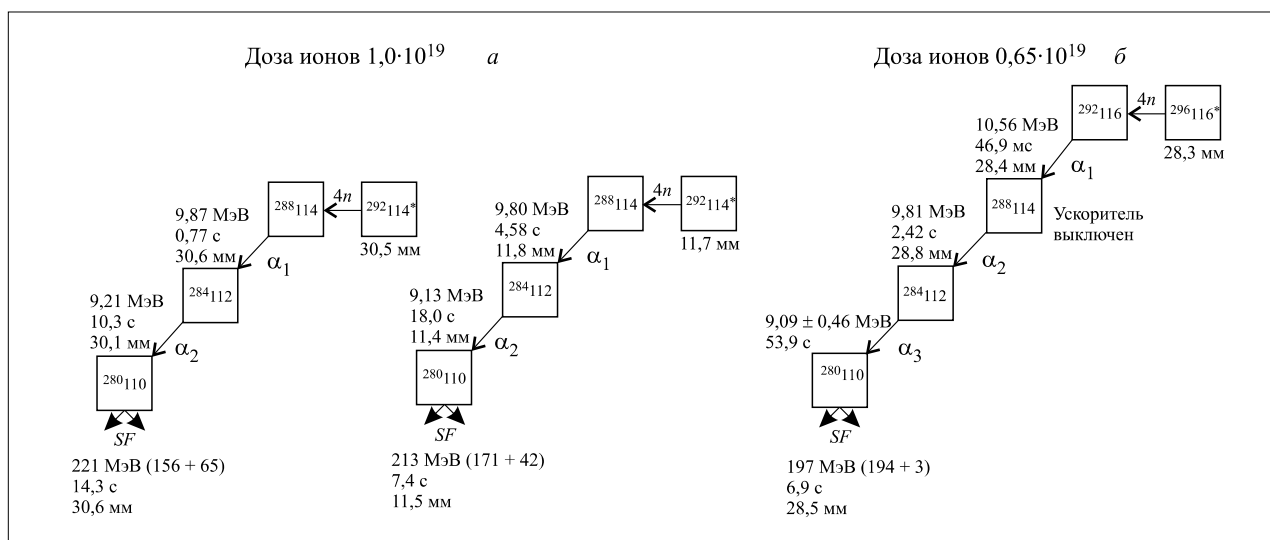


Рис. 2. а) Две цепочки распадов $^{288}\text{114}$, наблюдавшиеся в реакции $^{244}\text{Pu}(^{48}\text{Ca}, 4n)$. б) Последовательность событий, наблюдавшаяся в цепочке распада $^{292}\text{116}$

Таблица 2

Изотоп	Вид распада	E_α , МэВ	ТКЕ _{изм.} , МэВ	$T_{1/2}$
^{277}Hs	SF		170	11 мин
$^{280}\text{110}$	SF		210	6,6 с
$^{281}\text{110}$	α	8,83		1,1 мин
$^{283}\text{112}$	SF		190	3 мин
$^{284}\text{112}$	α	9,17		19 с
$^{285}\text{112}$	α	8,67		11 мин
$^{287}\text{114}$	α	10,29		5 с
$^{288}\text{114}$	α	9,83		1,8 с
$^{289}\text{114}$	α	9,71		21 с
$^{292}\text{116}$	α	10,56		33 мс

равной 10^{19} , наблюдались две идентичные цепочки α -распадов, завершавшихся спонтанным делением [4]. Все зарегистрированные сигналы — от ядра отдачи, α_1 , α_2 и SF (см. рис. 2,а) — появились в детекторе с разбросом по позиции около 0,5 мм и были отнесены к распаду родительского ядра $^{288}\text{114}$ и его дочерних продуктов.

Эксперименты, нацеленные на синтез предшественников изотопов $^{288}\text{114}$ и $^{289}\text{114}$ при облучении мишени ^{248}Cm , были начаты в июне 2000 г. На 35-й день облучения мишени при набранной дозе ионов, равной $6,6 \cdot 10^{18}$, зарегистрирована первая последовательность распадов [5], которая была интерпретирована как распад изотопа $^{292}\text{116}$ (см. рис. 2,б). Через 46,9 мс после имплантации тяжелого ядра отдачи на-

блюдалось испускание α -частицы с $E_{\alpha 1} = 10,56$ МэВ, ускоритель был выключен и сигналы от α_2 , α_3 и SF зарегистрированы практически в бесфоновых условиях. Свойства наиболее тяжелых изотопов Hs — $^{292}\text{116}$ представлены в табл. 2.

В 2001–2002 гг. эксперименты будут нацелены на синтез ядер с $Z = 110–118$ в реакциях ^{232}Th , $^{236,238}\text{U}$, ^{237}Np , $^{242,244}\text{Pu}$, $^{241,243}\text{Am}$, $^{246,248}\text{Cm}$, $^{249}\text{Cf} + ^{48}\text{Ca}$.

Обсуждается возможность проведения исследований с ионами ^{36}S , ^{50}Ti , ^{58}Fe и радиоактивными пучками.

В 2000 г. были завершены первые этапы модернизации газонаполненного сепаратора ГНС (электронная и детектирующая системы) и сепаратора ВАСИЛИСА (установка нового отклоняющего магнита, электронная и детектирующая системы). В 2001 г. планируется начать эксперименты по определению масс сверхтяжелых ядер, образующихся в реакциях $^{48}\text{Ca} + ^{236,238}\text{U} \rightarrow ^{284,286}\text{112}^*$.

Химия трансактинидов

Синтез сверхтяжелых элементов (СТЭ) в реакциях с ионами ^{48}Ca позволяет изучать химические свойства этих элементов. Определение атомного номера химическими методами приобретает особое значение, поскольку ни один из продуктов распада СТЭ в цепочках не известен.

Изотоп $^{283}\text{112}$ с временем жизни около трех минут образуется с сечением ≈ 5 пб. Элемент (E112) должен принадлежать к группе ПВ Zn–Cd–Hg, поэтому в качестве первого шага в этом направлении были разработаны методики выделения и детектирования Hg. Для экспериментов с короткоживущими изотопами

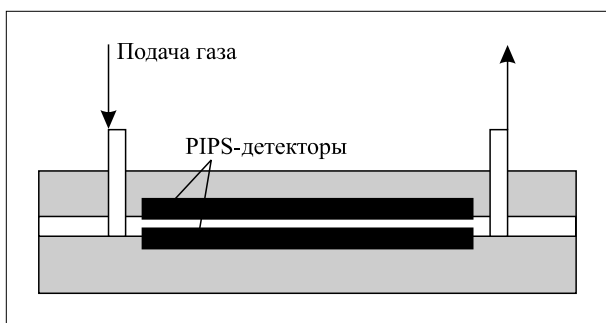


Рис. 3. Схема детекторной камеры

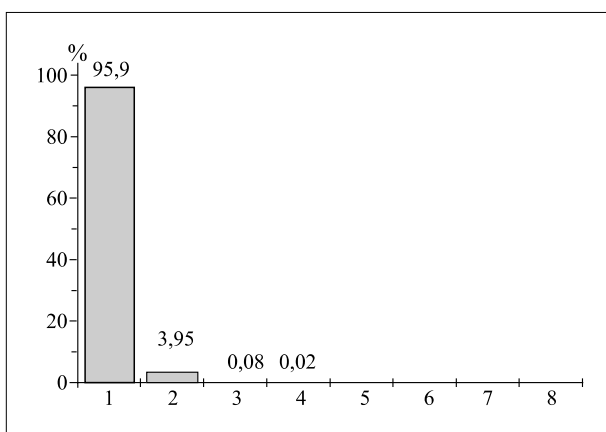


Рис. 4. Распределение ртути, абсорбированной в детекторных камерах

ртути на циклотроне У-400 была разработана специальная детектирующая проточная камера (рис. 3), в которой располагалась пара прямоугольных (2×2 см) PIPS-детекторов.

Первые эксперименты по химической идентификации элемента 112 проводились на циклотроне У-400 ЛЯР в январе 2000 г. [6]. Мишень из $^{238}\text{U}_3\text{O}_8$ толщиной 2 мг/см² содержала также около 100 мкг естественного Nd. Мишень была нанесена на 2-мкм пленку HAVAR. При облучении мишени ядра отдачи тормозились в чистом гелии и через капилляр длиной 25 м переносились к детектирующей аппаратуре. Восемь детектирующих проточных камер располагались последовательно. Поверхности детекторов в камерах 1–6 были покрыты Au, а в последних двух камерах — Pd. Камеры располагались внутри детектора нейтронов спонтанного деления. Абсорбция атомов Hg, образывавшихся в реакциях Nd (^{48}Ca ; *nl*), контролировалась по α -частицам ^{185}Hg (5,65 МэВ).

За 10 дней облучения была набрана интегральная доза ионов ^{48}Ca , равная $6,9 \cdot 10^{17}$. Распределение Hg в детектирующих камерах приведено на рис. 4. События спонтанного деления не были зарегистрированы. Этот эксперимент продемонстрировал возможность

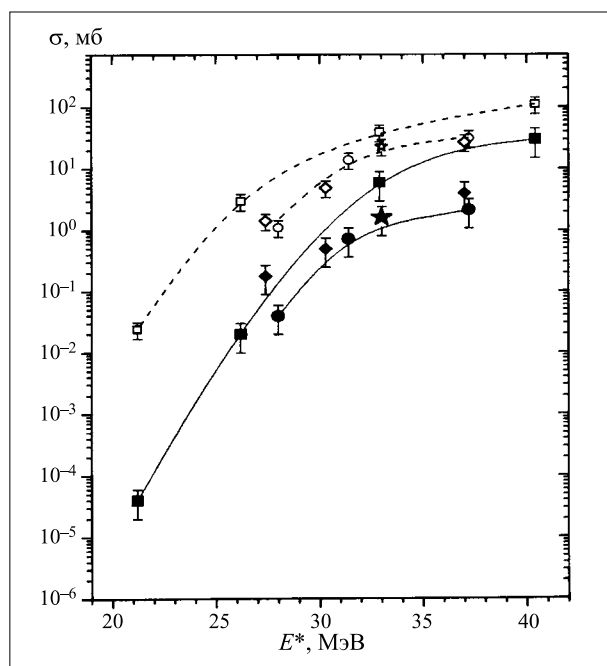


Рис. 5. Сечения захвата σ_c и сечение слияния–деления σ_{ff} для реакций $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$, ^{244}Pu , ^{248}Cm и $^{58}\text{Fe} + ^{248}\text{Cm}$ как функции энергии возбуждения. \square — σ_{cap} , $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U} \rightarrow ^{286}_{112}$; \blacksquare — $\sigma_{A/2\pm 20}$, $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U} \rightarrow ^{286}_{112}$; \diamond — σ_{cap} , $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu} \rightarrow ^{292}_{114}$; \blacklozenge — $\sigma_{A/2\pm 20}$, $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu} \rightarrow ^{292}_{114}$; \circ — σ_{cap} , $^{48}\text{Ca} + ^{248}\text{Cm} \rightarrow ^{296}_{116}$; \bullet — $\sigma_{A/2\pm 20}$, $^{48}\text{Ca} + ^{248}\text{Cm} \rightarrow ^{296}_{116}$; \star — σ_{cap} , $^{58}\text{Fe} + ^{248}\text{Cm} \rightarrow ^{306}_{122}$; \star — $\sigma_{A/2\pm 20}$, $^{58}\text{Fe} + ^{248}\text{Cm} \rightarrow ^{306}_{122}$

изучения химических свойств элементов, образующихся с сечениями в диапазоне нескольких пикобарн. Для следующих экспериментов планируется модернизация детектирующей системы с целью обеспечения возможности регистрирования α -активности и спонтанного деления в газе, прошедшем через все камеры, а также значительное увеличение дозы пучка.

Совместно с химиками из Швейцарии, Германии и США была выполнена большая серия экспериментов по изучению химических свойств Bh ($Z = 107$) [7].

Деление ядер

В 2000 г. был модернизирован времяпролетный спектрометр КОРСЕТ, разработанный в ЛЯР. Спектрометр предназначен для регистрации осколков деления в корреляции с пред- и послеразрывными нейтронами и γ -квантами. Модернизация была предпринята для обеспечения совместной работы с мультidetекторным спектрометром нейтронов ДЕМОН и позволила реализовать метод «нейтронных часов» для изучения характеристик процесса образования и распада сверхтяжелых ядер, образуя-

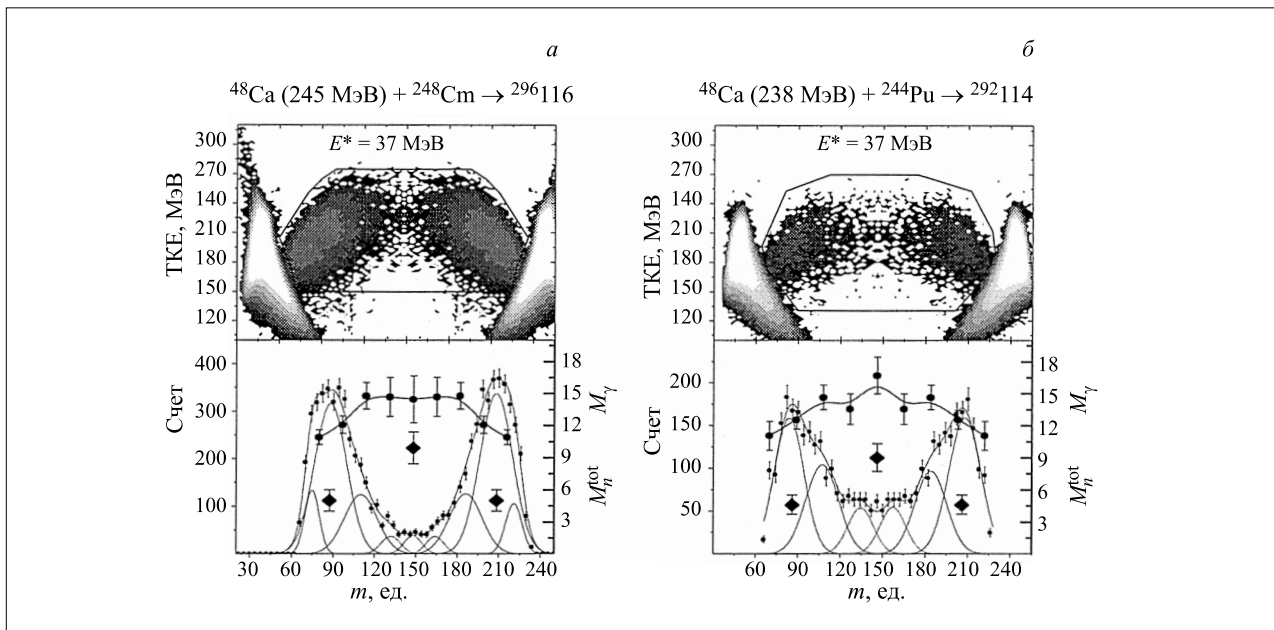


Рис. 6. Двумерная матрица ТКЕ-масса (верхняя панель) и выходы масс, множественности нейтронов и γ -квантов в зависимости от массы осколка деления (нижняя панель) для реакций $^{48}\text{Ca} + ^{248}\text{Cm} \rightarrow ^{296}116$ (а) и $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu} \rightarrow ^{292}114$ (б)

щихся в реакциях с тяжелыми ионами [8]. Для регистрации нейтронов использовались 24 модуля детектора ДЕМОН.

На циклотроне У-400 были выполнены эксперименты по изучению слияния-деления сверхтяжелых ядер с $Z = 102-122$ в реакциях ионов ^{48}Ca и ^{58}Fe с мишенями ^{208}Pb , ^{238}U , ^{244}Pu и ^{248}Cm , а также ионов ^{86}Kr с мишенью ^{208}Pb при энергии возбуждения 15 и 28 МэВ. На рис. 5 представлены результаты измерений сечения захвата σ_c и сечения слияния-деления σ_{ff} .

Полученные распределения «масса-энергия» однозначно указывают на переход от симметричного деления компаунд-ядер ^{256}No к более асимметричному делению ядер $^{286}112$ и $^{292}114$. Асимметрия деления сверхтяжелых ядер может быть объяснена влиянием оболочечных эффектов в легком осколке. В случае $^{294}118$ процесс квазиделения преобладает даже в области симметричного деления [9].

Испускание нейтронов и γ -квантов в корреляции с осколками деления сверхтяжелых компаунд-систем при энергиях возбуждения вблизи кулоновского барьера до настоящего времени практически не изучалось. Подобные исследования могут быть исключительно полезны для идентификации процессов слияния-деления и квазиделения и определения вклада каждого из этих процессов в выход осколков деления. Кроме того, знание множественности нейтронов, испускаемых осколками деления, может быть использовано для идентификации сверхтяжелых элементов в экспериментах по их синтезу. Первые результаты этих исследований представлены на рис. 6.

В экспериментах принимали участие физики из IRES (Страсбург, Франция), Брюссельского университета (Бельгия), Техасского университета (США), ICF (Кан, Франция) и Мессинского университета (Италия).

С использованием 4 π -мультidetекторного спектрометра нейтронов ДЕМОН и триггера осколков деления КОРСЕТ планируется изучение дифференциальных характеристик массовых и энергетических распределений осколков деления компаунд-систем с $Z = 102-122$, образующихся при подбарьерных энергиях в реакциях с ионами ^{22}Ne , ^{40}Ar , ^{48}Ca , ^{50}Ti , ^{58}Fe и ^{86}Kr , в совпадении с нейтронами и γ -квантами.

Фрагмент-сепаратор КОМБАС

На фрагмент-сепараторе КОМБАС была выполнена серия экспериментов, посвященных нуклон-нуклонным взаимодействиям при промежуточных энергиях. В реакциях $^{22}\text{Ne} + ^9\text{Be}$ (^{181}Ta) при энергиях вблизи границы Ферми (45 А МэВ) изучалось образование изотопов с массами $4 \leq A \leq 30$ и атомными номерами $2 \leq Z \leq 13$ (рис. 7). В этих экспериментах не было найдено указаний на какие-либо серьезные изменения механизма реакций по сравнению с реакциями, протекающими в диапазоне меньших энергий (менее 20 А МэВ) [10].

Было показано, что в реакциях легкого иона (^{22}Ne) как с легкой (^9Be), так и с тяжелой (^{181}Ta) мишенью в районе границы Ферми преобладают реакции срыва-подхвата и обмена нуклонами. Для изото-

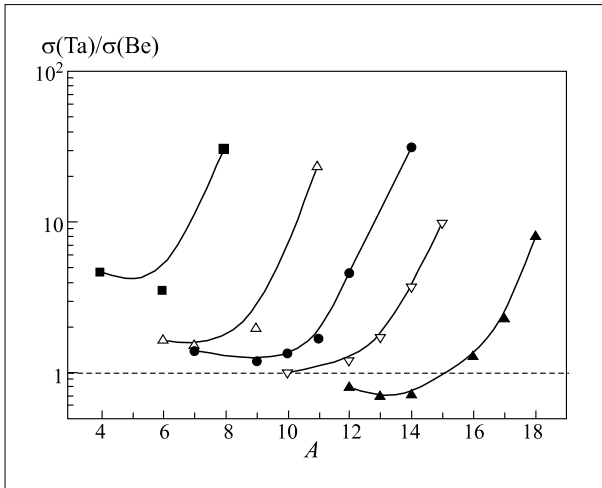


Рис. 7. Сравнение сечений образования нейтронообогащенных изотопов He (■), Li (△), Be (●), B (▽) и C (▲) в реакциях $^{18}\text{O}(35\text{ A МэВ})$ с тяжелой (^{181}Ta) и легкой (^9Be) мишенями

пов, близких к линии стабильности, зарегистрирован заметный вклад от процессов девозбуждения. Экспоненциальная аппроксимация распределений изотопов с использованием Q_{gg} -систематики подтверждает бинарный характер реакций и позволяет корректно предсказывать выходы неизвестных изотопов на границе стабильности.

Канал высокого разрешения АКУЛИНА

При реконструкции сепаратора АКУЛИНА линия транспорта пучка была продолжена за двухметровую бетонную стену зала ускорителя к новому экспериментальному павильону, где смонтирована реакционная камера с криогенной тритиевой мишенью (рис. 8). Система мониторинга пучка и детекторы были оптимизированы для условий экспери-

мента по изучению ^5H в реакции $t+t$ при энергии пучка тритонов 51 МэВ. В реакционной камере были собраны усовершенствованные телескопы для детектирования продуктов реакций. Для регистрации нейтронов установлены модули детектора ДЕМОН.

В серии экспериментов исследованы прямые реакции, протекающие между ^8He и водородом при энергии 26 А МэВ [11]. Сечения упругого рассеяния, передачи одного и двух нейтронов на основное состояние ^6He , а также передача двух нейтронов на 2^+ -состояние ^6He были измерены в диапазонах углов $35\text{--}42^\circ$, $33\text{--}143^\circ$, $15\text{--}135^\circ$ и $13\text{--}138^\circ$ (рис. 9).

В отличие от других слабо связанных ядер упругое рассеяние ^8He удовлетворительно описывается в рамках глобальной оптической модели без какой-либо подгонки. Данные, полученные для реакций передачи, были проанализированы методом искаженных волн DWBA. Тестированию подверглись спектроскопические амплитуды для $^7\text{He}(3/2^-)+n$, $^6\text{He}(0^+)+2n$ - и $^6\text{He}(2^+)+2n$ -кластеризаций ^8He , предсказанные трансляционной инвариантной оболочечной моделью (TISM). При этом были найдены потенциалы оптической модели для различных выходных каналов. В случае передачи двух нейтронов, приводящей к состоянию $^6\text{He}(2^+)$, полученные данные указывают на большой среднеквадратичный (r.m.s.) радиус для двухтельной волновой функции $^8\text{He} = ^6\text{He}(2^+) + 2n$, который превосходит соответствующую величину, предсказываемую COSMA-моделью. Напротив, вычисления, выполненные при минимальном числе свободных параметров и спектроскопических амплитуд, извлеченных при помощи TISM, занижают величину сечения выходного канала $^6\text{He}(0^+) + t$ по сравнению с экспериментом. Имеющиеся данные указывают на высокую вероятность $^5\text{H} + t$ -кластеризации в ^8He .

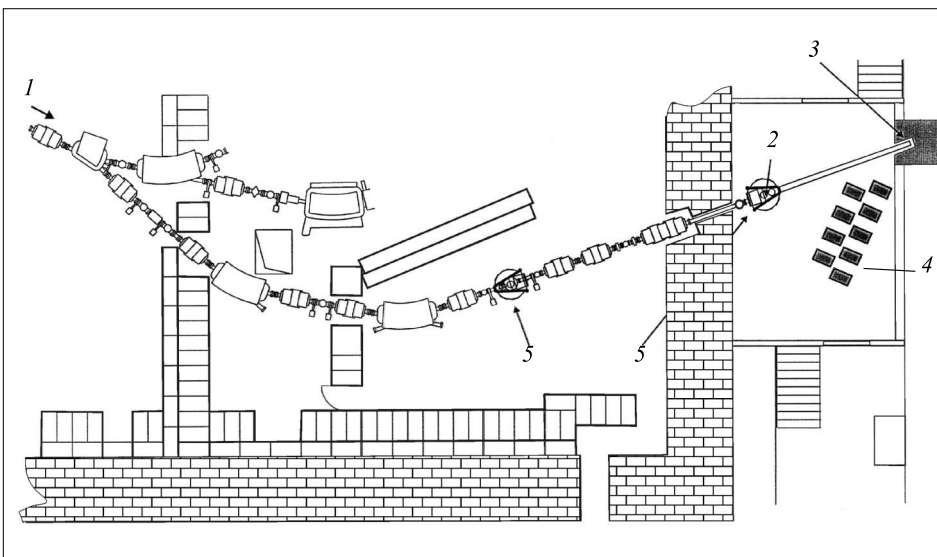


Рис. 8. Сепаратор АКУЛИНА после модернизации для экспериментов с криогенной тритиевой мишенью: 1 — первичный пучок (тритоны); 2 — тритиевая мишень; 3 — поглотитель пучка; 4 — детектор ДЕМОН; 5 — мишень, предыдущая и настоящая позиции

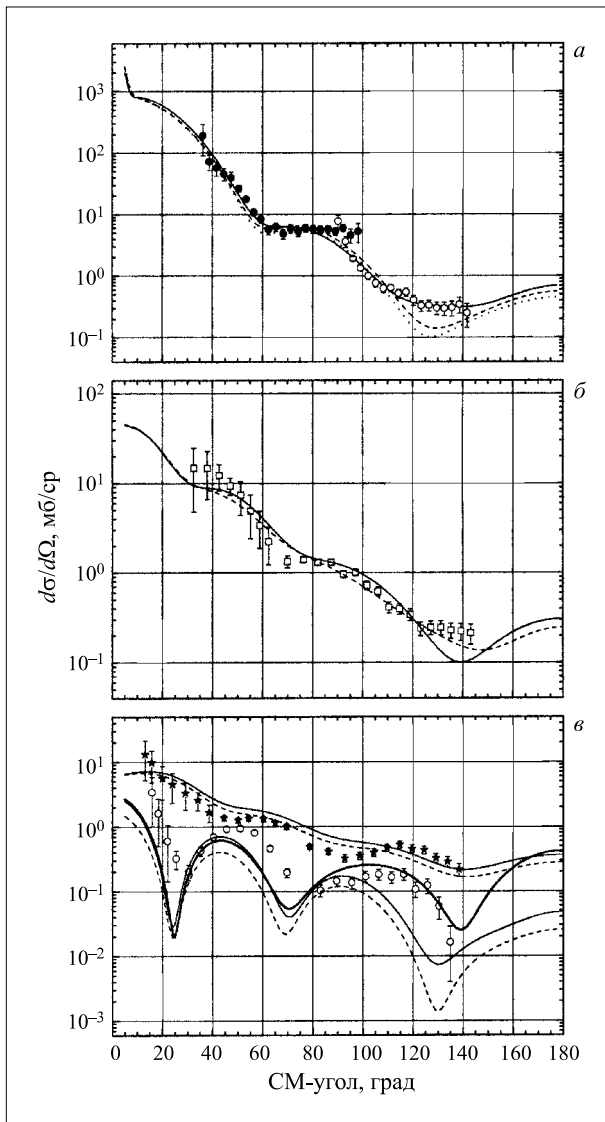


Рис. 9. Сечения для упругого рассеяния ^8He (а: ● — сеанс 1, ○ — сеанс 2), передача $1n$ на основное состояние ^6He (б) и передачи $2n$ на основное состояние (○) и состояние 2^+ (★) в ^6He (в)

В другой серии экспериментов измерялись угловые распределения ионов ^8He с энергией 26 А МэВ, упругорассеянных на газообразной гелиевой мишени в диапазоне углов $20\text{--}70^\circ$ в системе центра масс [12]. Данные по рассеянию в «передние углы» анализировались при помощи микроскопической и феноменологической оптических моделей. Значительная величина полного сечения реакции, полученная при анализе, указывает на аномалию в структуре ^8He .

Для диапазона углов $130\text{--}165^\circ$ в системе центра масс были получены граничные сечения от 5 до 0,8 мкб/ср. Поскольку рассеянию в «задние углы» соответствуют низкие значения граничных сечений, то можно утверждать, что одноразовая передача $4n$ не наблюдается. Вычисления сечений реакций, выпол-

ненные методом искаженных волн, предсказывают еще более низкую вероятность этого процесса и показывают, что двухступенчатая передача двух нейтронов более вероятна, чем одноразовая передача четырех нейтронов.

Проект «Мульти»

В рамках проекта «Мульти» был модернизирован канал транспорта пучка ускорителя У-400М и на его основе создан Q4DQ-спектрометр (рис. 10).

В реакции $^7\text{Li} + \text{Be}$ был получен пучок ядер ^6He интенсивностью 10^5c^{-1} (при интенсивности пучка ^7Li 1 мкА). Очистка от других продуктов ядерных реакций составила 98 %. С использованием спектрометра Q4DQ на вторичных пучках ^6He были проведены эксперименты по измерению энергетической зависимости сечения деления составного ядра ^{215}At , образующегося в реакции $^6\text{He} + ^{209}\text{Bi}$. Была также измерена функция возбуждения для канала распада составного ядра с испусканием четырех нейтронов $^{209}\text{Bi}(^6\text{He}, 4n)^{211}\text{At}$. На рис. 11 представлены функции возбуждения канала деления составного ядра ^{215}At и испарения четырех нейтронов, измеренные в этих экспериментах.

Полученные результаты для пучка ^6He сравнивались с аналогичными каналами слияния и деления с пучками ^4He , изученными в тех же экспериментах. Измерения проводились в широком диапазоне энергий бомбардирующих частиц $20 \leq E_b(^6\text{He}) \leq 170$ МэВ. Было обнаружено значительное увеличение сечения деления во всей области энергий для пучка ^6He по сравнению с ^4He . Результаты сравнивались с расчетами, основанными на статистической модели с использованием программы ALICE-MP, в рамках которой варьировались параметры радиуса r_0 и критических угловых моментов L . С использованием этого же метода проводился анализ данных по функциям возбуждения в реакции $^{209}\text{Bi} + ^4\text{He}$, для которой были вычислены значения параметров $r_0 = 1,29$ фм и $L_{cr} = 35$. Для получения согласия с экспериментальными данными в реакции $^{209}\text{Bi} + ^6\text{He}$ необходимо было увеличить значения радиусов: $r_0 = 1,5$ фм и $L_{cr} = 50\text{--}60$. Такое изменение параметров при переходе к ^6He можно объяснить влиянием других каналов реакции на процесс слияния.

Продолжались совместные с Национальным центром GANIL (Франция) и Институтом Гана-Майтнер (Германия) исследования свойств легких нейтронно-избыточных ядер. В этих экспериментах были измерены деформация и гамма-переходы ядер в районе нейтронной оболочки $N = 20$ ($^{31,32,33}\text{Mg}$, ^{34}Si ,

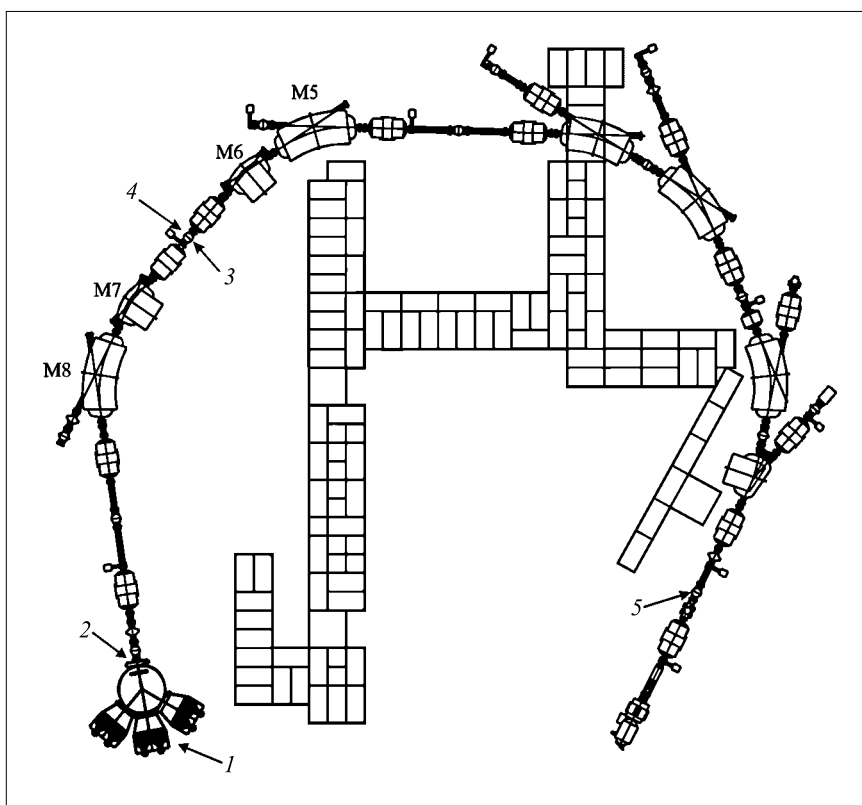
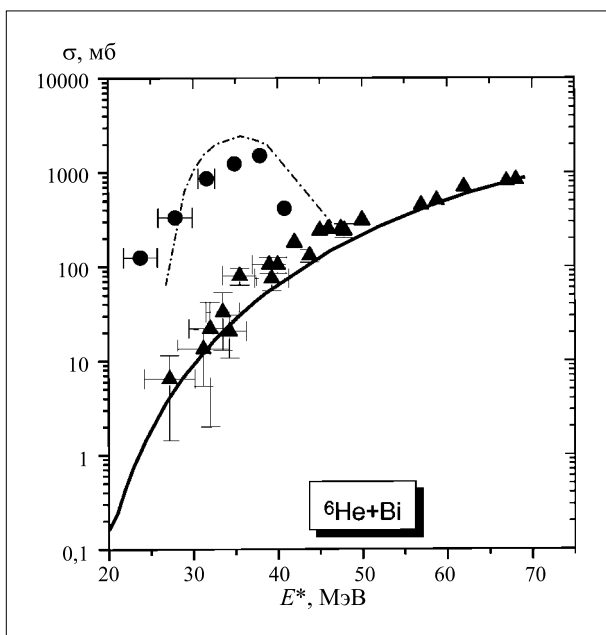


Рис. 10. Q4DQ-спектрометр для получения вторичных пучков: 1 — детекторный модуль; 2 — мишень; 3 — дисперсионная фокальная плоскость; 4 — положение дегрейдера; 5 — производящая мишень

$^{33,34}\text{Al}$) [13] и обнаружена сильная деформация ($\beta \approx 0,3$) этих ядер. В совместном эксперименте Дубна–GANIL были измерены массы 31 нейтроноизбыточного ядра с $A = 29-47$, для 12 ядер массы измерены впервые. Показано, что в районе оболочки $N = 28$ ядра Cl, S и P меняют свои свойства, описываемые оболочечными моделями, и для этих ядер характерно существование двух форм: сферической и деформированной. В совместном эксперименте Дубна–Институт Гана–Майтнер была получена информация о



структуре нейтроноизбыточных изотопов $^{13,14,15,16}\text{B}$ [14].

В лазерной группе были проведены измерения сверхтонкого расщепления оптических линий в атомных спектрах изотопов Eu с $A = 151-155$ [15]. Использовался метод резонансной лазерной флуоресценции в параллельном пучке атомов Eu. Из проведенных измерений определены константы сверхтонкого расщепления и получены значения магнитного дипольного и электрического квадрупольного моментов, которые позволяют судить о нуклонных конфигурациях и квадрупольной деформации указанных изотопов Eu.

В оптических спектрах изотопов Eu наблюдалась сверхтонкая магнитная аномалия — отклонение отношений констант сверхтонкого расщепления от отношений магнитных моментов для сравниваемых изотопов. Наибольшее отклонение ($\sim 5\%$) наблюдалось для пары изотопов ^{151}Eu и ^{152}Eu , что указывает на сильное изменение нуклонной структуры при переходе от сферических ядер (^{151}Eu) к деформированным (^{152}Eu).

Рис. 11. Функции возбуждения реакций $^{209}\text{Bi}(^6\text{He}, f)$ (сплошная линия — расчет, ▲ — экспериментальные данные), $^{209}\text{Bi}(^6\text{He}, 4n)^{211}\text{At}$ (штрихпунктирная линия — расчет, ● — экспериментальные данные), измеренные на Q4DQ-спектрометре

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Взаимодействие ускоренных тяжелых ионов с полимерами

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.

Продолжены исследования и разработки термочувствительных мембран на основе ПЭТФ-матрицы с привитым N-изопропилакриламидом (NIPAAM) и смеси NIPAAM с акриламидом. Исследованы отклик мембран на изменение температуры и их электропроводные свойства. Проведены исследования по синтезу и исследованию свойств управляемых термочувствительных мембран (совместно с ИФХ (Москва), и TRCRE (Такасаки)), а также по использованию метода «Ion Transmission Technique» для изучения структуры термочувствительных мембран (совместно с IPI (Ржеж) и HMI (Берлин)). Исследованы оптические свойства толстых (60–100 мкм) пористых систем, получаемых методом ионных треков.

Взаимодействие ускоренных тяжелых ионов с металлами и монокристаллами

В монокристаллы кремния различного состава имплантировались ионы В, Р, Ga, In, Bi с энергиями от 100 до 300 кэВ. Отожженные образцы затем были облучены ионами ^{86}Kr (305, 440 и 750 МэВ), ^{136}Xe (605 МэВ) и ^{209}Bi (705 МэВ). Серии облученных таким образом образцов после кратковременного отжига изучались методом резерфордского обратного рассеяния (RBS). Обнаружено увеличение коэффициентов диффузии при имплантации и облучении по сравнению со случаем только имплантации. В настоящее время часть облученных образцов изучается методом вторичной ионной масс-спектропии (SIMS).

Процессы распыления металлов и сплавов при воздействии тяжелых ионов с высокими удельными потерями энергии исследовались на электрически полированных образцах Ni, W и хромоникелевой стали X18H10T при облучении ионами ^{86}Kr (245 и 305 МэВ). Изучение структуры поверхности методом сканирующей электронной микроскопии позволило оценить коэффициенты распыления указанных выше материалов: Ni (~ 500 атомов/ион), сталь (~ 100 ато-

мов/ион), W (~ 1260 атомов/ион). Для более точного вычисления коэффициента распыления был предложен метод «ступеньки», который показал высокую эффективность.

Для определения изменений структуры поверхности образцов пиролитического графита, Al_2O_3 и кремния, облученных ионами ^{86}Kr (305, 440 и 750 МэВ), ^{136}Xe (605 МэВ) и ^{209}Bi (705 МэВ), применялись сканирующая туннельная (СТМ) и атомная силовая (АСМ) микроскопия. На образцах пиролитического графита, облученных ионами ^{209}Bi , обнаружены кратеры глубиной 5 нм и диаметром 10 нм, плотность которых значительно выше на границах кристаллитов по сравнению с самим монокристаллом. Из полученных данных был оценен коэффициент распыления — $1,5 \cdot 10^4$ атомов/ион.

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 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 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в зависимости от кристаллографических ориентаций (*a*, *c* и *m*). Установлено, что изменение топографии поверхности $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ носит качественно разный характер в зависимости от ориентаций и величины удельных потерь энергии тяжелых ионов. Рассмотрены возможные механизмы изменения наблюдаемого эффекта, связанные с флуктуациями энергетических потерь в приповерхностном слое облученных монокристаллов.

Ультрачистые радиоизотопы и радиоаналитические исследования

Разработаны методы получения радиоизотопов ^{99m}Tc (^{99}Mo), ^{225}Ac и других с использованием (γ, n)-реакции на микротроне МТ-25, а также методика радиохимического разделения ^{149}Tb . Определена зависимость выхода ^{149}Tb от энергии ионов ^{12}C .

Выполнены исследования геохимии микроэлементов и определение естественных радионуклидов в сейсмически активных регионах (Франция, Таджикистан, Краснодарский край).

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

Надежная работа ускорителей ЛЯР являлась непременным условием успешного выполнения программы физических экспериментов и развития новых методик.

В 2000 г. особое внимание было уделено оптимизации параметров циклотрона У-400 и источника ионов ECR-4M для выполнения экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов. Усовершенствованные системы транспорта пучка позволили повысить эффективность расходования дефицитных изотопов, при этом типичная интенсивность пучка ионов ^{48}Ca на мишени составляла $4 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$ [16].

Работы по формированию магнитного поля в центральной зоне циклотрона У-400M и установка банчера позволили поднять интенсивности пучков легких ионов на физических мишенях до $(2-3) \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}$.

Значительные усилия были сосредоточены на реализации проекта DRIBs (создание ускорительного комплекса для получения радиоактивных пучков). Были выполнены исследования и разработки большинства систем: блока производящей мишени, сепаратора ионов низкой энергии, каналов пучков, вакуумной системы, систем управления и диагностики. Закончено изготовление и начаты испытания ЭЦР-источника радиоактивных ионов ^6He и ^8He с рабочей частотой 2,45 ГГц.

Для полномасштабного моделирования условий получения легких радиоактивных изотопов мишени из бериллия (550 мг/см^2) облучались ионами лития при энергии 34 А МэВ [17]. При температуре 1700 К практически 100 % ядер ^6He не улетучивались из мишени, тормозились в сборнике из карбида титана и затем детектировались в вакуумной камере. В специальных

экспериментах с ^8He было установлено, что время извлечения изотопов гелия из блока производящей мишени составляло 50–100 мс. Измерены энергетические, угловые распределения и абсолютные выходы ^6He из толстой бериллиевой мишени, бомбардируемой ионами ^7Li , ^{11}Be и ^{15}N с энергиями 34, 32 и 48 А МэВ соответственно.

В декабре 2000 г. – феврале 2001 г. планируется завершить сборку и юстировку линии транспорта низкоэнергичных $^{6,8}\text{He}$. Физические эксперименты после завершения первого этапа проекта будут начаты в конце 2001 г.

Для второй стадии проекта измерены выходы изотопов Хе с $A = 137-143$ при фотоделении ^{232}Th , ^{238}U и ^{244}Pu . Эксперименты проведены на тормозном излучении микротрона ЛЯР при энергии ускоренных электронов 25 МэВ. Вылетевшие из мишени осколки деления тормозились в аргоне и переносились по капилляру газовым потоком в криостат, где происходила конденсация ксенона. Идентификация массовых чисел изотопов Хе осуществлялась по их γ -спектрам и периодам полураспада. Получено распределение независимых выходов осколков Хе по их массовым числам. Параметры этого распределения: среднее массовое число — 139, дисперсия распределения растет от 1,48 для ^{232}Th до 1,60 для ^{244}Pu . Эти результаты указывают на перспективность получения нейтроноизбыточных изотопов Хе в реакции фотоделения для их последующего ускорения на циклотроне.

Вторая стадия проекта — получение ускоренных осколков деления — должна быть реализована в 2002 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oganessian Yu. Ts. et al. // *Eur. Phys. J. A.* 1999. V. 5. P. 63.
2. Oganessian Yu. Ts. et al. // *Nature.* 1999. V. 400. P. 242.
3. Oganessian Yu. Ts. et al. // *Phys. Rev. Lett.* 1999. V. 83. P. 3154.
4. Oganessian Yu. Ts. et al. // *Phys. Rev. C.* 2000. V. 62. P. 041604-1.
5. Oganessian Yu. Ts. et al. // *Phys. Rev. C.* 2000. V. 63. P. 011301-1.
6. Yakushev A. B. et al. // *NRC5 Ext. Abstr., Pontresina, Switzerland, September 3-8, 2000.* P. 233.
7. Eichler R. et al. // *Nature.* 2000. V. 407. P. 63.
8. Itkis M. G. // *Proc. of Intern. Workshop on the Fusion-Fission Process in the Superheavy Nuclei Region, Messina, Italy, March 30 - April 3, 2000: Invited talk.*
9. Itkis M. G. // *Proc. of 7th Intern. Conf. Nucl.-Nucl. Coll. (NN2000), Strasbourg, France, July 3-7, 2000. Singapore, 2000.* P. 41.
10. Артюх А. Г. *Препринт ОИЯИ P7-2000-189. Дубна, 2000.*
11. Wolski R. et al. (submitted to «*Nucl. Phys. A*»).
12. Oganessian Yu. Ts. et al. (submitted to «*Eur. Phys. J.*»).
13. Sarazin F. et al. // *Phys. Rev. Lett.* 2000. V. 84. P. 5062.
14. Kalpakchieva R. et al. // *Eur. Phys. J. A.* 2000. V. 7. P. 451.
15. Gangrsky Yu. P. et al. // *Eur. Phys. J. D.* 2000. V. 11. P. 341.
16. Kutner V. B. et al. // *Rev. Sci. Instr.* 2000. V. 71. P. 960.
17. Bogdanov D. D. et al. // *Particles and Nuclei, Letters.* 2000. No. 5[102]. P. 5.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И.М.ФРАНКА

Научная программа ЛНФ в 2000 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», 06-4-0974-92/2000, руководители В.И.Фурман и 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», 06-4-0993-94/2004, руководитель В.И.Фурман), 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 и В.И.Приходько).

Актуальные вопросы исследований, проводимых в кооперации с ведущими ядерными центрами, были рассмотрены на международных семинарах по взаимодействию нейтронов с ядрами и на III Международном семинаре по сегнетоэлектрикам-релаксорам.

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Научные результаты. Дифракция. Продолжались начавшиеся в 1997 г. исследования допированных оксидов марганца типа $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$, $0 \leq x \leq 1$, в которых при определенном уровне допирования возникает эффект колоссального магнитосопротивления (colossal magnetoresistance effect). Суть CMR-эффекта состоит в резком уменьшении электрического сопротивления материала при наложении на него внешнего магнитного поля. Причиной уменьшения сопротивления является фазовый переход из диэлектрического в металлическое состояние, а величина CMR-эффекта может достигать 10^7 и больше. Потенциальные технологические приложения таких соединений весьма разнообразны и исключительно эффективны. В 2000 г. основным направлением изучения CMR-материалов стали эксперименты, направленные на получение информации о степени однородно-

сти состояний, возникающих при переходе из диэлектрической фазы в металлическую. Было изучено одно из канонических CMR-соединений $(\text{La}_{1-y}\text{Pr}_y)_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ (LPCM-y) для значений $y = 0,8$ и $0,9$, находящихся по разные стороны границы металлического и диэлектрического состояний. Эксперименты были выполнены в PSI (Швейцария) на дифрактометре DMC во внешнем магнитном поле вплоть до 4 Тл при температуре 4 К [1]. Они позволили существенно дополнить фазовую диаграмму LPCM-y и определить его базисные состояния, а именно при $y < 0,60$, что соответствует среднему радиусу A-катиона $r_A > 1,190 \text{ \AA}$, основное состояние LPCM является однородным металлическим с ферромагнитным упорядочением. Если $y > 0,85$, т.е. $r_A < 1,182 \text{ \AA}$, то основное состояние LPCM также в основном однородно, но тип проводимости становится

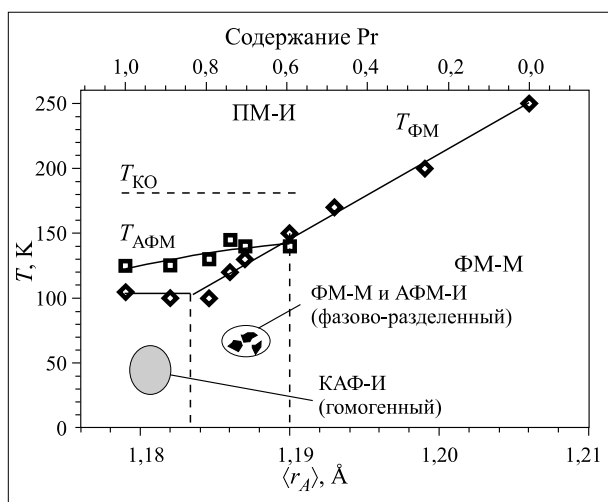


Рис. 1. Фазовая диаграмма, показывающая температурную зависимость магнитного упорядочения иона Mn. Ось x показывает средний радиус A -катиона. Низкотемпературная фаза гомогенна при $y > 0,8$ (скошенный антиферромагнитный изолятор) и при $y > 0,6$ (ферромагнитный металл)

ся полупроводниковым, а магнитные моменты марганца образуют неколлинеарную антиферромагнитную структуру. В промежуточной области значений r_A возникает смешанное состояние с пространственно разделенными областями мезоскопических размеров ($\sim 1000 \text{ \AA}$), обладающими различным типом проводимости и различной магнитной структурой (рис. 1). Физические причины образования двухфазного состояния в магнитных оксидах марганца являются предметом дальнейших экспериментов и теоретических расчетов.

На дифрактометре ДН-12 проведен цикл исследований структуры тройных соединений халькогенидов ртути $\text{HgSe}_{1-x}\text{S}_x$ при $x = 0,3, 0,5, 0,6$ и внешнем давлении до 3 ГПа. Крайние члены ряда HgS ($x = 1$) и HgSe ($x = 0$) имеют существенно различающиеся кристаллические структуры и кристаллизуются в гексагональной и кубической сингониях соответственно. Интересно было выяснить влияние давления на структуру смешанных составов. Для состава с $x = 0,3$ фазовый переход из кубической структуры типа сфалерита в гексагональную структуру типа киновари произошел при $P \approx 1 \text{ ГПа}$, причем скачок объема составил около 12 %. Получены зависимости параметров структуры гексагональной фазы от величины давления.

В 2000 г. методом нейтронной дифракции выполнен большой объем прикладных материаловедческих работ. Они включали многочисленные эксперименты по определению внутренних напряжений в объемных изделиях и материалах, исследования нанокристаллических объектов и изучение текстуры минералов [2].

Малоугловое рассеяние. Научная программа исследований на установке ЮМО включала в себя многие направления физики конденсированных сред, биофизики, молекулярной биологии, физико-химии сурфактантов, коллоидов, полимеров и т.д. Изучалась зависимость структуры и свойств ТТАВг-мицелл от давления и температуры. Выяснено, что в самоорганизующихся системах ТТАВг при увеличении концентрации соли происходит фазовый переход от шаровой формы мицеллы к цилиндрической, возрастает радиус и длина цилиндра. Увеличение температуры действует на систему в обратном направлении: радиус и длина цилиндрических мицелл уменьшаются.

Изучена структура моноглицеридов, интенсивно используемых в пищевой промышленности как эмульсификаторы и инициаторы кристаллизации жиров, растворенных в воде. Определены условия, при которых происходит «застывание» моноглицеридов в воде, т.е. возникает гель-фаза. Исследовано образование однородной среды моноглицерид — вода при добавлении заряженных амфифилов.

Методом малоуглового рассеяния исследованы гели и водные растворы поли(N-винилкапролактама) в тяжелой воде в присутствии ионно-генных поверхностно-активных веществ и пирогаллола при различных температурах. Показано, что добавление в раствор термочувствительного полимера различных низкомолекулярных веществ может существенно влиять на температурное поведение и конформационное состояние макромолекул полимера.

Поляризованные нейтроны и нейтронная оптика. На спектрометре СПН продолжались эксперименты по исследованию образования в слоистых наноструктурах нейтронного поля стоячих волн и эффекта каналирования нейтронной волны в слоистой структуре. Возможными применениями этих новых эффектов может быть создание нейтронного пучка со сверхузким сечением (100 нм в диаметре), получение экстрамонохроматичных и экстраколлимированных нейтронных пучков, а также использование нейтронных слоистых резонаторов в качестве фазосдвигающих элементов спин-эхо-нейтронных спектрометров. Эффект каналирования нейтронной волны наблюдался на структуре $\text{Cu}(30 \text{ нм})/\text{Ti}(150 \text{ нм})/\text{Cu}(100 \text{ нм})$, нанесенной на стекло. При значениях вектора рассеяния $0,997, 0,0134$ и $0,0182 \text{ \AA}^{-1}$ были наблюдаемы пики интенсивности, соответствующие увеличению нейтронной плотности благодаря когерентному сложению волн различной кратности отражения от слоев меди. Таким образом, было экспериментально показано, что каналирование нейтронной волны происходит на расстояние больше чем 30 мм.

Методом зеркального и незеркального отражения поляризованных нейтронов были исследованы

спиновые корреляции в Fe/Cr-мультислоях — типичной системы, демонстрирующей эффект гигантского магнитосопротивления [3]. Поляризационный анализ показал, что намагниченность в плоскостях разбивается на маленькие домены в перпендикулярной плоскости. Внутри доменов спины в последовательных Fe-слоях имеют антиферромагнитную составляющую, стремящуюся к нулю с увеличением магнитного поля. Эти данные численно описываются моделью неколлинеарных доменов (рис. 2).

Неупругое рассеяние нейтронов. На спектрометрах ДИН-2ПИ, КДСОГ-М и НЕРА-ПР проводились исследования динамических свойств и фазовых переходов в металлических, молекулярных и ионно-молекулярных соединениях. На спектрометре НЕРА-ПР наиболее интересные результаты получены в исследованиях динамического беспорядка и стеклообразных фаз в твердых растворах и соединениях, содержащих молекулярные группы типа CH_3 , CH_4 , H_2O и OH . Эти исследования традиционно проводятся совместно с сотрудниками разных институтов из Польши и России. В 2000 г. в рамках этой темы были определены парциальные спектры плотности колебательных состояний кристаллического и стеклообразного метанола, причем эксперименты были выполнены на избирательно дейтерированных образцах CD_3OH и CH_3OD . Полученные данные использованы для проверки моделей динамики кристаллической и стеклообразной фаз метанола, а также определения микроскопического механизма происхождения «бозонного пика» в низкочастотном спектре колебаний молекулярного стекла.

В исследованиях водных растворов на спектрометре ДИН-2ПИ определялось влияние растворенных частиц на микродинамику молекул воды, входящих в их гидратные сферы. Исследованы эффекты гидрофобной гидратации, их влияние на диффузионную подвижность молекул гидратной воды и их вращательно-колебательную динамику. При сравнительном анализе двух типов гидратации обнаружено, что большие неполярные частицы не разрушают сетку водородных связей в окружающей их воде.

Методические результаты. По теме 1031 в 2000 г., так же, как и в предыдущие несколько лет, нейтронографические исследования по физике конденсированных сред выполнялись в основном на реакторе ИБР-2 с использованием рассеяния нейтронов. Кроме ИБР-2 физики отдела нейтронных исследований конденсированных сред ЛНФ, работающие в рамках данной темы, проводили эксперименты на электростатическом генераторе ЭГ-5 и рентгеновских дифрактометрах в ЛНФ, а также в некоторых нейтронных лабораториях Европы по принятым предложениям.

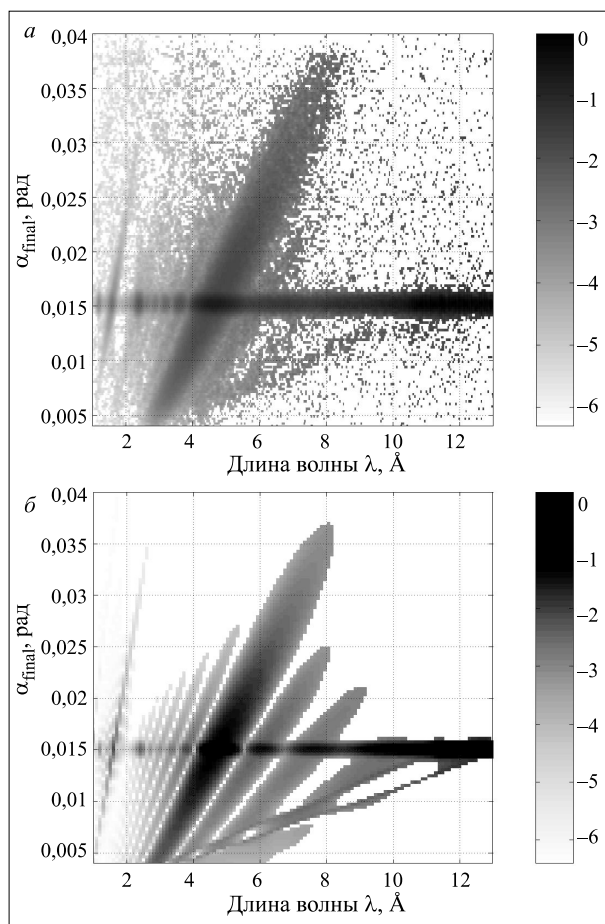


Рис. 2. а) Карта интенсивности зеркального и незеркального отражения нейтронов от Fe/Cr-мультислоев при внешнем поле $H = 0,428$ кГс как функция длины волны нейтрона и падающего угла. б) Результат расчета в рамках модели неколлинеарных доменов

На ИБР-2 в течение года было проведено восемь сессий работы. Распределение времени на эксперименты на спектрометрах реактора производилось в соответствии с рекомендациями экспертов по поступившим заявкам и имеющимся долгосрочными обязательствами. В список спектрометров для работы в режиме пользователей в 2000 г. были включены 10 установок: ФДВР, ДН-2, ДН-12, «Скат», ЮМО, СПН, «Рефлекс-П», КДСОГ, НЕРА и ДИН-2ПИ.

Основным методическим достижением года явилось введение в строй первой очереди нового нейтронного фурье-дифрактометра ФСД, предназначенного для изучения внутренних напряжений в материалах и инженерных изделиях. К весне 2000 г. на 11-м канале ИБР-2 были установлены и испытаны все основные узлы ФСД, включающие биологическую защиту, зеркальный нейтронотвод, быстрый фурье-прерыватель, системы управления пучком, стол образца и гониометрические устройства. Первые измерения в режиме высокого разрешения были проведены на ФСД с $+90^\circ$ -элементом детектора MultiCon в

майском цикле работы реактора, а к октябрю 2000 г. на ФСД были установлены 1-й -90° -элемент детектора MultiCon и детектор на литиевых стеклах в позиции обратного рассеяния. Для всех детекторов были достигнуты расчетные уровни разрешения по межплоскостному расстоянию.

На спектрометре малоуглового рассеяния ЮМО установлен и испытан второй детектор, что позволило существенно расширить диапазон переданных импульсов, в котором одновременно измеряется спектр рассеянных нейтронов (рис. 3).

В рамках выполнения проекта модернизации спектрометра поляризованных нейтронов СПН изготовлен и испытан суперзеркальный поляризатор нейтронов. По сравнению с имеющимся штатным поляризатором, он имеет значительно более широкую полосу длин волн, для которой поляризационная эффективность превышает 95 %. Применение нового поляризатора существенно повысит поляризационную эффективность измерений в области больших длин волн (в 10 раз для интервала 3–7 Å), а также увеличит светосилу спектрометра.

На нескольких спектрометрах ИБР-2 (ФДВР, ДН-2, ДН-12, ЮМО) завершен переход на управляющую электронику в стандарте VME, что позволило выйти на новый уровень автоматизации экспериментов.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2000 г. экспериментальная программа в области нейтронной ядерной физики в ЛНФ включала традиционные направления исследований: экспериментальное и теоретическое исследование электромагнитных свойств нейтрона и его бета-распада; изучение процессов нарушения пространственной четности в делении ядер; исследование высоковозбужденных состояний ядра в реакциях захвата тепловых и резонансных нейтронов; получение новых данных для ядерной астрофизики; эксперименты с ультрахолодными нейтронами.

Экспериментальные исследования. На спектрометре «Угра» [4] изучено влияние эффекта Доплера на угловую зависимость рассеяния нейтронов в s -резонансах. Наблюдена заметная анизотропия, ведется обработка данных. Измерены также сечения рассеяния нейтронов в интерференционных провалах s -резонансов ^{238}U . Эти весьма малые сечения существенно определяются доплеровским уширением резонансов. Их практически никто не измерял, а интерес к ним связан с возможными исследованиями электромагнитного взаимодействия нейтрона с атомами в

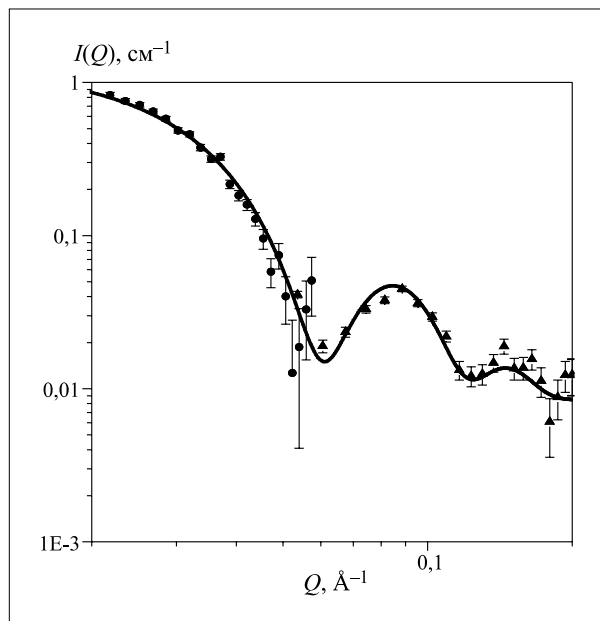


Рис. 3. Малоугловое рассеяние нейтронов от раствора апоферритина — белка, состоящего из сферических оболочек известного размера, — как функция вектора рассеяния Q . Экспериментальные точки измерены двумя детекторами, расположенными на расстоянии 11,95 и 5,27 м от позиции образца

минимумах ядерного сечения. Надежные результаты удалось получить для трех первых резонансов.

В рамках сотрудничества Дубна–Киев–Гархинг выполнены прецизионные измерения полного нейтронного сечения ^{208}Pb на фильтрованном пучке с энергией ~ 24 кэВ в Гархинге. С помощью полученного результата удалось уточнить оценку поляризуемости нейтрона α_n . Следовательно, приемлемая точность $\Delta\alpha_n \cong 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ фм}^{-3}$ может быть получена, если к имеющимся точкам сечения добавить не менее трех подобных точек, отстоящих от пучка с энергией 24 кэВ на $\sim (20\text{--}100)$ кэВ. Планы подобных измерений разрабатываются.

На установке «Поляна» на пучке поляризованных резонансных нейтронов были продолжены измерения лево-правой асимметрии и эффектов нарушения четности при делении ядер ^{239}Pu поляризованными нейтронами. Точное знание коэффициентов асимметрии α_{nf}^{lr} и P -нечетного эффекта α_{nf} позволит определить параметры неизвестных p -резонансов и

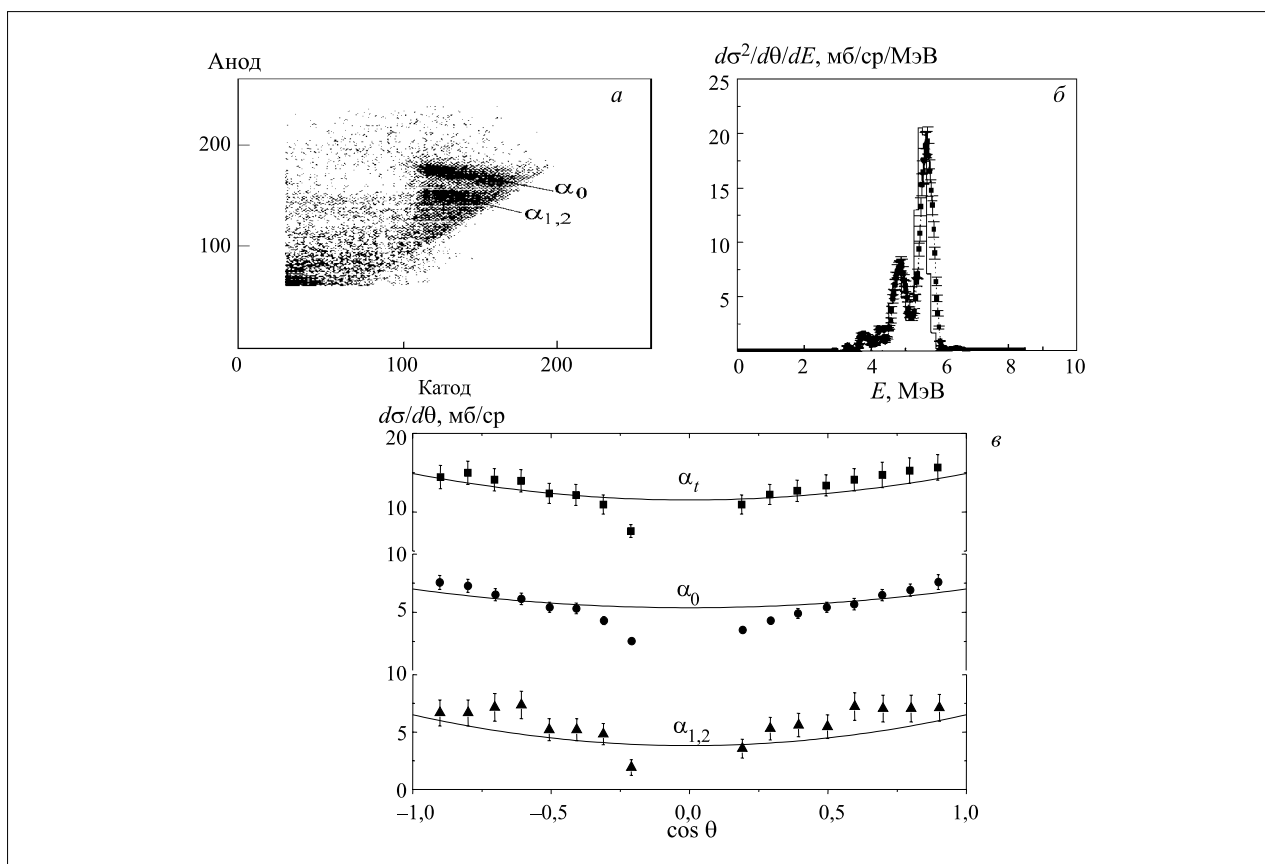


Рис. 4. $^{39}\text{K}(n,\alpha)$ -реакция при энергии $E_n = 5,5$ МэВ: а) двумерный спектр; б) двойное дифференциальное сечение; в) угловое распределение

извлечь из эксперимента матричные элементы слабого взаимодействия [5].

Для завершения цикла исследований угловой анизотропии осколков при делении выстроенных ядер ^{235}U резонансными нейтронами потребовалось более точное знание константы электрического квадрупольного сверхтонкого взаимодействия, которая определяет коэффициент выстроенности спинов ядер урана. С этой целью были проведены измерения температурной зависимости угловой анизотропии α -частиц от радиоактивности исследуемых образцов в интервале температур 0,4–290 К и предварительная обработка экспериментальных результатов.

Завершен первый этап прецизионных измерений распределений масс и кинетических энергий осколков деления ^{235}U нейтронами с энергией $0 < E_n < 20$ эВ для получения информации о вариации вкладов различных мод и каналов деления в этой области энергий. Завершается анализ экспериментальных данных с привлечением результатов, полученных из анализа анизотропии осколков деления ^{235}U в совпадающей области энергий нейтронов.

Интенсивность двухквантовых гамма-каскадов, возникающих при радиационном захвате нейтронов,

изучена в зависимости от энергии промежуточного уровня для составных ядер $^{185,187}\text{W}$ и $^{191,193}\text{Os}$ в совместных экспериментах Дубна–Ржеж с погрешностью не более чем 10–20 %. Экспериментальные данные проанализированы по разработанным в Дубне современным оригинальным методикам безмодельного определения плотности возбужденных состояний ядра.

Полученные данные необходимы для тестирования существующих и разработки новых моделей плотности возбужденных уровней, реалистически учитывающих сосуществование обычной и сверхтекучей фаз ядерной материи во всем диапазоне возбуждений ниже энергии связи нейтрона.

В коллаборации с университетами Пекина и Цинхуа (Китай) были проведены эксперименты по измерению сечений и угловых распределений реакций $^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$, $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$, $^{39}\text{K}(n,\alpha)^{36}\text{Cl}$, $^{40}\text{Ca}(n,\alpha)^{37}\text{Ar}$, $^{58}\text{Ni}(n,\alpha)^{55}\text{Fe}$ и $^{64}\text{Zn}(n,\alpha)^{61}\text{Ni}$ для ряда энергий нейтронов в диапазоне 1–7 МэВ (рис. 4) [5, 6]. Эксперименты проводились на ускорителе Ван де Граафа Института физики тяжелых ионов Пекинского университета с использованием двухсекцион-

ной ионизационной камеры со сменными образцами, сконструированной в ЛНФ ОИЯИ. Цель исследований — изучение вкладов различных механизмов реакций (компаунд-ядро, предравновесные и прямые процессы) и тестирование ядерных моделей.

На 5-м пучке ИБР-30 совместно с группой профессора М.Пшитулы (Лодзь, Польша) проведены измерения спектров радиационного захвата нейтронов с энергией до 100 эВ ядрами изотопов ^{181}Ta , ^{121}Sb , ^{123}Sb . Для изотопов сурьмы наблюдаются корреляции заселенности возбужденных уровней со спинами резонансов, что позволяет использовать прецизионную гамма-спектроскопию для изучения резонансной структуры этого ядра.

На реакторе ИЛЛ в Гренобле продолжено изучение механизма малого нагрева УХН. Наблюдена температурная зависимость неупругого рассеяния УХН с малой передачей энергии ($\sim 10^{-7}$ эВ) на поверхности бериллия и меди. Интенсивность регистрации нейтронов, рассеянных на поверхности этих веществ, уменьшилась в 2,5 раза при изменении температуры от комнатной до температуры жидкого азота. Установлены верхние и уточнены нижние границы значения вероятности нагрева УХН с малой передачей энергии.

На два порядка улучшена экспериментальная верхняя граница вероятности подбарьерного прохождения УХН сквозь вакуумно-плотную бериллиевую фольгу толщиной 14 мкм, которая составила $(-1,2 \pm 1,0) \cdot 10^{-8}$ на удар.

Прикладные исследования. В течение 2000 г. интенсивно проводились прикладные и методические работы. Инструментальный нейтронный активационный анализ (ИНАА) на реакторе ИБР-2 применялся для решения задач, связанных с охраной окружающей среды в рамках проекта «Регата». Были проведены исследования по биомониторингу рабочих мест на ряде производств России и других стран-участниц ОИЯИ, атмосферных выпадений тяжелых металлов в различных регионах России (включая Московскую область и окрестности Дубны) и других

стран. В рамках проекта МНТЦ совместно с кафедрой защиты ядерных установок МГСУ (Москва) проведено исследование экологической безопасности строительных материалов на основе боя кинескопного стекла. Совместно с НПО «Радон» проведено изучение материалов, используемых для превращения жидких и твердых радиоактивных отходов в стекло. Совместно с Институтом физики им. Э.Андрионикашвили (Тбилиси) оформляется заявка на получение патента по разработке и созданию селенсодержащего медицинского препарата на основе матрицы синезеленой водоросли *Spirulina platensis*. Аналитическая часть этой работы была проведена в Дубне с использованием эпитепловой нейтронной активации. Особо следует отметить издание таблиц для идентификации нуклидов (Tables for Identification of Nuclides Formed in Nuclear Reactors), широко используемых при проведении НАА на реакторе ИБР-2.

На ускорителе Ван де Граафа ЛНФ с помощью реакции ${}^7\text{Li}(p,n)$ и радиоизотопных источников (${}^{252}\text{Cf}$, Pu–Be) в сотрудничестве с ОРПИ ОИЯИ были отработаны оригинальные методики и проведены калибровки летных образцов детектора быстрых нейтронов (HEND) для очередной американской марсианской орбитальной миссии Mars Surveyor Orbiter 2001.

Проводилась разработка метода комбинированной корреляционной гамма–гамма-спектроскопии нейтронно-ядерных взаимодействий. Осуществлена апробация этого метода на пучке ИБР-30 при спектроскопии гамма-излучения осколков деления ${}^{239}\text{Pu}$ резонансными нейтронами и продемонстрирована его эффективность. Завершены работы по созданию 16 ВГО-сцинтилляционных блоков мультидетекторного HPGe–ВГО-гамма-спектрометра (COCOS).

Проведены экспериментальные исследования приготовленных в ЛЯП РХЛ образцов пластического сцинтиллятора с нейтронными конверторами В и Gd на пучках нейтронов для оценки эффективности их применения в качестве нейтронных детекторов.

НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Импульсный реактор ИБР-2

В 2000 г. ИБР-2 работал в соответствии с утвержденным графиком. На физический эксперимент отработано семь циклов при мощности, равной 1,5 МВт, в том числе три цикла с криогенным замед-

лителем. За это время было всего семь срабатываний аварийной защиты. В установленный срок (июнь–сентябрь) был выполнен ППР-2000, в этот период осуществлена разгрузка оперативного хранилища отработавших подвижных отражателей. ПО-1, закончивший работу в 1987 г., был удален, что обеспе-

чивало возможность перемещения ПО-3 на этапе модернизации.

Проект модернизации. Завершен рабочий проект нового подвижного отражателя ПО-3. Начато изготовление ПО-3 в ОП ОИЯИ и НИКИЭТ (Москва). Изготовлены в полном объеме комплектующие детали для топливных элементов новой загрузки. Нарботано необходимое количество PuO_2 , начаты его производственные испытания на ПО «Маяк». Начата разработка исполнительных механизмов системы защиты и управления (СУЗ), а также технических условий для электронной аппаратуры СУЗ в ИАЭ (Сверк, Польша).

Проект ИРЕН

Работы по проекту ИРЕН в 2000 г. выполнялись в соответствии со скорректированным планом-графиком, утвержденным 87-й сессией Ученого совета ОИЯИ.

В ИЯФ СО РАН закончено изготовление и тестирование ускорительных секций, банчеров и других систем линейного ускорителя ЛУЭ-200. Тестовые измерения на прототипе ускорителя показали, что темпы ускорения составили около 30 МэВ/м, что близко к ожидаемой величине. Но в то же время было установлено, что мощность электронного пучка составляет только 60 % расчетной величины. Ускорительные трубы были доставлены в ОИЯИ в сентябре 2000 г., а остальные системы должны быть поставлены в фе-

врале 2001 г. Изготовление высокочастотного тракта и системы диагностики пучка начато в ИЯФ СО РАН в соответствии с недавно подписанным контрактом. Медные трубы для соленоидов магнитных фокусирующих систем уже частично изготовлены и к концу первого квартала 2001 г. будут доставлены в ОИЯИ. Определенные успехи достигнуты в конструировании и моделировании импульсной электронной пушки.

С германской фирмой РТТ подписан контракт на конструирование и изготовление двух модуляторов для клистронов 5045 SLAC для ЛУЭ-200. Условия поставки 5045 SLAC-клистронов согласованы с министерством энергетики США в соглашении, подписанном ОИЯИ и ДОЭ в 1993 г.

На фабрике «Маяк» закончено изготовление и лицензирование топливных элементов для размножающей мишени ИРЕН.

Специализированные институты ГСПИ и НИКИЭТ в тесном сотрудничестве с ОИЯИ разработали технический проект сборки ИРЕН. Однако задержки финансирования, а также необходимость проведения дополнительных расчетов систем безопасности, вызванных изменениями в требованиях ядерной безопасности установок в Российской Федерации, привели к четырехмесячной задержке в разработке технического проекта и к задержке в получении лицензии на демонтаж реактора ИБР-30. Тем не менее сохраняется вероятность получения этой лицензии к дате окончательной остановки ИБР-30 в июне 2001 г.

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2 И КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Локальная сеть и инфраструктура. По дальнейшему развитию компьютерной инфраструктуры комплекса ИБР-2 были выполнены следующие работы:

- оптимизирован поток данных в локальной сети ЛНФ;
- два сегмента сети заменены на скрученные пары (центральный сегмент здания № 119 и сегмент отдела физики ядра);
- увеличено количество X-терминалов и дискового пространство SUN-кластера.

Были протестированы системы сбора данных в стандарте VME на спектрометрах ФДВР, ЮМО, ФСД и ДН-12. Позитивные результаты достигнуты на всех спектрометрах, но тем не менее на спектрометрах ЮМО и ДН-2 остались нерешенными проблемы, связанные со сбором данных с позиционно-чувствитель-

ных детекторов. В течение первых осенних циклов возник ряд нетривиальных проблем в работе электронике, однако к концу года они были решены.

Новое поколение детекторной электроники для газовых, точечных, линейных и ПЧД-детекторов было сконструировано и установлено на спектрометрах ЮМО, ДН-2, СПН и ДН-12.

В коллаборации с Институтом Гана-Майтнер (Берлин) разработана электроника и программное обеспечение для детектора MSGC. Разработано программное обеспечение для управления контроллерами температуры, рефрижераторами замкнутого цикла, криостатами и другой аппаратурой окружения образца. Продолжались работы по развитию VME-систем на спектрометрах ФДВР, НЕРА-ПР, «Скат», «Эпсилон».

Развитие комплекса спектрометров ИБР-2.

Основные усилия по развитию комплекса спектрометров ИБР-2 были сконцентрированы на спектрометрах СПН, ЮМО, ФСД и ДН-12. На спектрометре СПН была протестирована и запущена в эксплуатацию система полного поляризационного анализа. На спектрометре ФСД установлены первые два элемента

детектора MultiCon, базирующегося на ZnS-сцинтилляторах. На спектрометре ДН-12 установлена и настроена лазерная спектрометрическая система для измерения давления в камерах высокого давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Balagurov A.M. et al. *Atomic and Magnetic Structure of Perovskite Manganites: A-Cation Size and Oxygen Isotope Substitution Effects and Homogeneity of Magnetic State* // *Physica B: Physics of Condensed Matter*. 2000. V. 276–278. P. 536–539.
2. Ivankina T.I. et al. *Textures and Physical Properties of Marbles Deformed at 20–250°C* // *High Pressure Research*. 2000. V. 17. P. 335–346.
3. Lauter-Pasyuk V. et al. *Magnetic Off-Specular Neutron Scattering from Fe/Cr Multilayers* // *Physica B*. 2000. V. 283. P. 194–198.
4. Enik T.L. et al. *The UGRA Spectrometer for the Measurement of the Neutron Electric Polarizability* // *Nucl. Instr. and Meth. A*. 2000. V. 440. P. 777.
5. Alfimenkov V.P. et al. // *Yad. Fiz.* 2000. V. 63. P. 598.
6. Xuemei Zhang et al. *Dispersion Relations for (n, n), (n, p), and (n, α) Reactions on ^{39}K and ^{40}Ca* // *Phys. Rev. C*. 2000. V. 61. P. 054607.

ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лаборатория информационных технологий создана в 2000 г. в рамках реорганизации Лаборатории вычислительной техники и автоматизации. Главные задачи лаборатории были сформулированы на 88-й сессии Ученого совета ОИЯИ и заключаются в обеспечении функционирования и развития компьютерно-сетевой инфраструктуры.

Компьютерно-сетевая инфраструктура ОИЯИ (JINR CoNet) как базовая установка включает:

- телекоммуникационный сервис и каналы связи;
- локальную компьютерную сеть ОИЯИ и суперкомпьютерный центр (СКЦ);
- поддержку и развитие стандартного программного обеспечения и современных средств вычислительной физики для пользователей.

Для осуществления работ по данным направлениям разработана новая структура лаборатории. Основная часть задач по техническому сопровождению локальной сети ОИЯИ передана в службу главного инженера лаборатории.

В 2000 г. научная программа ЛИТ определялась тремя темами первого приоритета Проблемно-тематического плана научных исследований и международного сотрудничества ОИЯИ. Сотрудники лаборатории участвовали также в исследованиях по девяти темам других лабораторий Института на уровне реа-

лизации проектов и еще в 16 проектах по линии сотрудничества. Основные результаты проводимых в 2000 г. исследований опубликованы более чем в 100 статьях в научных журналах, в докладах на конференциях, препринтах и сообщениях ОИЯИ.

Свидетельством высокого уровня исследований, проводимых в лаборатории по компьютерной физике, явилось успешное проведение в 2000 г. Второй международной конференции «Актуальные проблемы вычислительной физики». В научную программу конференции были включены доклады по различным направлениям исследований, выполненным в ЛИТ, в области математического моделирования и вычислительных методов для изучения сложных физических процессов, по использованию современных вычислительных систем векторно-параллельной структуры, компьютерных коммуникаций и распределенных вычислений для обработки информации больших объемов, по численным методам и алгоритмам компьютерной алгебры, вычислительным средствам для моделирования и анализа экспериментальных данных, моделированию многофакторных процессов в веществе. Впервые в практике проведения конференций в ОИЯИ пленарные заседания транслировались в Интернете.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

В 2000 г. емкость и пропускная способность телекоммуникационных каналов ОИЯИ осталась на уровне 1999 г. и составила 2 Мбит/с. Основным Интернет-провайдером для ОИЯИ являлся Российский научно-исследовательский институт развития обществен-

ных сетей (РосНИИРОС), который к концу 2000 г. обеспечивал для ОИЯИ платный доступ в международные сети на уровне 1 Мбит/с в общем потоке как пользователя сети RBNet и доступ к российским сетям в рамках межведомственной программы развития

Таблица 1. Распределение входного трафика в гигабайтах по подразделениям и лабораториям ОИЯИ (> 4 Гбайт)

ЛИТ + прокси + серверы	ЛВЭ	Унив. «Дубна»	ЛЯР	ЛЯП	ЛТФ	Мод. пул	ЛФЧ	ЛНФ	УНЦ	Управление	Прочие
695,2	235,6	177,8	199,3	160,2	123,09	112,8	106,6	84,7	49,92	47,57	16,1

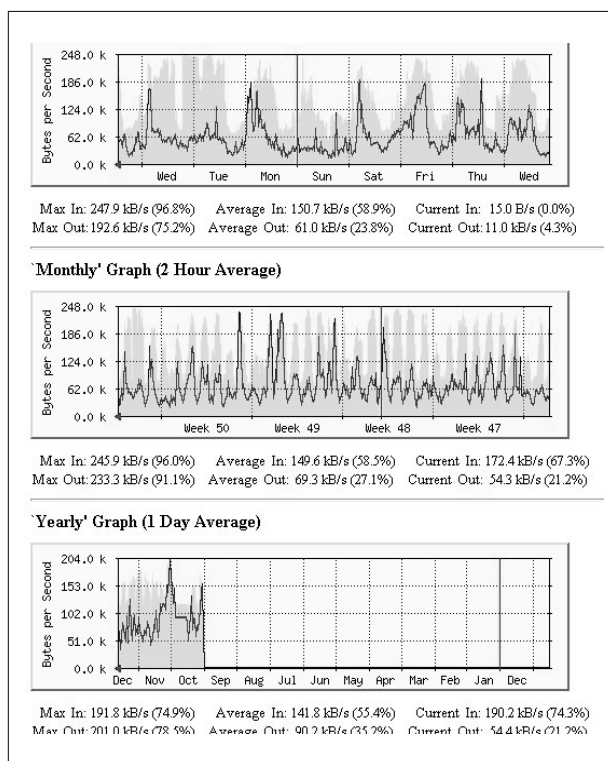


Рис. 1. Статистика работы внешнего канала ОИЯИ

сетей и телекоммуникаций для науки и высшей школы. Канал компании «Контакт–Демос» с пропускной

ЛОКАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ ОИЯИ

Ресурсы локальной сети ОИЯИ в 2000 г. использовались на пределе. Увеличение загрузки сети вследствие постоянно растущего числа элементов сети (в настоящее время в базе данных IP-адресов зарегистрировано 3188 элементов) и выход из строя части оборудования АТМ-опорной сети наметили задачи реорганизации локальной сети и перевода ее на современные сетевые технологии. В конце 2000 г. в ЛИТ совместно с лабораториями ОИЯИ начата разработка проекта модернизации топологии локальной сети и выбор адекватной технологии для ее реализа-

способностью 256 кбит/с с 5 %-й загрузкой использовался для организации резервной связи.

Однако такая пропускная способность не соответствует потребностям ОИЯИ. На рис. 1 приведена информация по загрузке сети, демонстрирующая регулярную максимальную пиковую нагрузку канала в рабочее время при средней еженедельной загрузке 65,4 % (<http://noc.jinr.ru/stats/>) за период с октября по декабрь 2000 г. В табл. 1 приведено распределение входного трафика (общий объем информации составляет два терабайта) по подразделениям и лабораториям, подключенным к локальной сети ОИЯИ за период с мая по декабрь 2000 г.

Следует отметить, что университет «Дубна» и модемный пул ОИЯИ вносят заметный вклад в общий трафик. В ЛИТ ОИЯИ разработано программное обеспечение, позволяющее оперативно получать информацию о наиболее активных пользователях внешних каналов ОИЯИ, что даст возможность контролировать правильность использования телекоммуникационных ресурсов.

Перспективы развития внешних телекоммуникаций ОИЯИ обсуждались в июне 2000 г. на рабочем совещании «Стратегия развития внешних каналов ОИЯИ». Материалы совещания и предложенные на нем проекты представлены в электронном виде на WWW-сервере ЛИТ (http://noc.jinr.ru/LCTA/E_Publications/Workshop/).

На рис. 2 приведена современная топология локальной сети ОИЯИ. Как временное решение предложена замена выходящих из строя АТМ-коммутаторов на коммутаторы Catalyst фирмы «CISCO».

Систематическая работа по управлению сетью проводилась центром управления сетью (ЦУС) (<http://noc.jinr.ru/>). Правила работы в сети выработаны и утверждены дирекцией ОИЯИ. Разработана новая информационная страница ЦУС ОИЯИ с использованием современных Интернет-технологий.

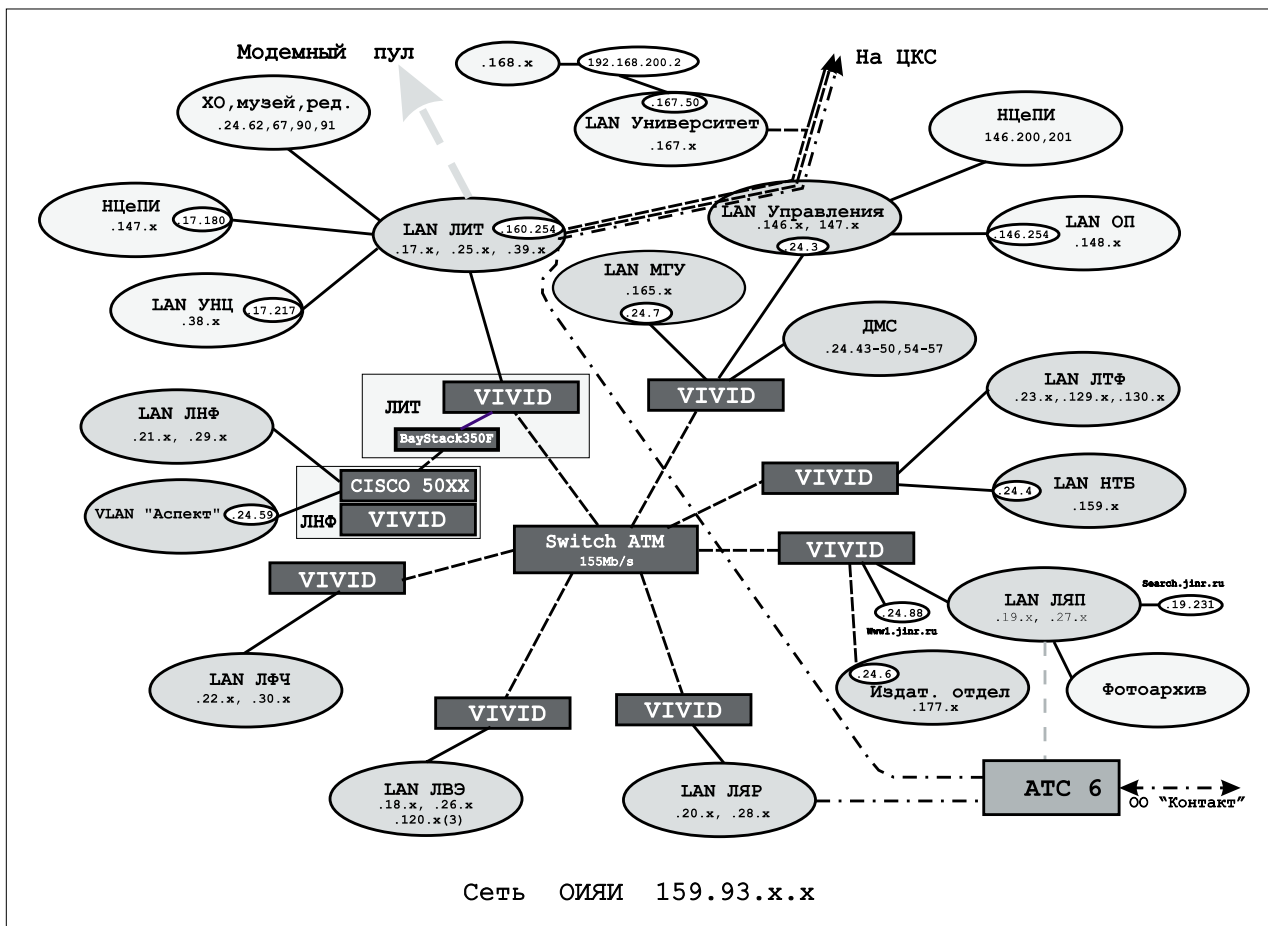


Рис. 2. Современная топология локальной сети ОИЯИ. Сплошная линия — UTP; штриховая линия — ВОЛС; штрихпунктирная линия — ОО «Контакт»

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ СЕРВИС

Суперкомпьютерный центр ОИЯИ представлен высокопроизводительными вычислительными системами различной архитектуры (векторно-скалярные, многопроцессорные, фермы, кластеры с системами массовой памяти). Услугами центра пользуются более тысячи сотрудников ОИЯИ и других научных центров. СКЦ входит в пятерку крупнейших центров России и активно сотрудничает с ведущими центрами: Межведомственным суперкомпьютерным центром, Институтом высокопроизводительных вычислений и баз данных (Санкт-Петербург). Совместно с ведущими ядерно-физическими центрами России ОИЯИ участвует в создании Российского информационно-вычислительного комплекса для обработки и анализа данных экспериментов на большом адронном коллайдере (РИВК–БАК), используя ресурсы СКЦ (см. табл. 2).

Основные характеристики СКЦ ОИЯИ:

- суммарная дисковая память на серверах СКЦ — 0,5 Тбайт,
- система хранения данных на базе автоматизированной ленточной библиотеки АТЛ 2640, общая емкость — 10,56 Тбайт,
- производительность — 16,2 Гбайт/ч,
- скорость обмена данными — 1,5 Мбайт/с.

Таблица 2

Основные компоненты СКЦ ОИЯИ	Пиковая производительность, Мflops
HP Exemplar S-Class (SPP -2000)	5760
Convex C-3840	960
АРЕ-100	1600
РС-ферма	9200
Итого:	17520

Центральный вычислитель СКЦ ОИЯИ SPP-2000 в 2000 г. использовался 161 пользователем и был загружен на 97 % при полезном времени центрального процессора 58000 часов. ЭВМ CONVEX-220 использовалась 1140 пользователями в

качестве вычислителя, почтового и http-серверов. В табл. 3 приведено относительное использование основных вычислительных мощностей и модемного пула лабораториями Института.

Таблица 3

	ЛИТ, %	ЛТФ, %	ЛЯП, %	ЛЯР, %	ЛНФ, %	ЛФЧ, %	ЛВЭ, %	Упр., %
SPP-2000	5	18	17	8	17	23	12	—
CONVEX-220	26	9	13	15	5	—	15	7
Модемный пул	16,1	0,1	19,3	12,4	16,4	4,6	13,5	17,6

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В 2000 г. продолжена информационная и компьютерная поддержка участия ОИЯИ в экспериментах на установках ЦЕРН, DESY, BNL. Проводилось освоение технологии создания объектно-ориентированных приложений и баз данных (GEANT4, Objectivity/DB, ROOT). Установлена новая версия библиотеки LHC++ на вычислительной ферме ЛИТ ОИЯИ.

Компьютинг для ЛНС

ОИЯИ на протяжении уже нескольких лет является активным участником трех проектов на ЛНС: ALICE, ATLAS и CMS. Продолжение сотрудничества российских институтов в проектах на ЛНС после запуска ускорителя (2005 г.) и экспериментальных установок напрямую связано с необходимостью создания условий для обработки и анализа экспериментальной информации непосредственно в России. Для этих целей в конце 1999 г. был сформирован совместный проект «Российский информационно-вычислительный комплекс для обработки и анализа данных экспериментов на большом адронном коллайдере (РИВК–БАК)». В проекте участвуют девять ведущих российских физических институтов-участников ЛНС и ОИЯИ. Целью проекта является создание в России регионального комплекса для обработки данных экспериментов на ЛНС. Менее чем за год в ИТЭФ, ИФВЭ, НИИЯФ МГУ и ОИЯИ были созданы фермы персональных компьютеров, ориентированные на ЛНС. Программное окружение этих ферм полностью унифицировано и соответствует текущему состоянию специализированного программного обеспече-

ния, используемого в ЦЕРН. Таким образом, положено начало для отработки прототипа российского регионального центра.

В сентябре–октябре сотрудники ЛИТ ОИЯИ на PC-ферме (16 процессорных единиц по 500 МГц) участвовали в сеансе массовой генерации событий для триггера высокого уровня CMS. В течение суток на ферме ЛИТ формировались массивы модельных данных до 20 Гбайт. Генерация данных осуществлялась по программе *ruthia* (v.6136) и по программе моделирования и реконструкции событий для эксперимента CMS *CMSIM* (v.120); данные записывались в *zebra*-формате (*fz*) блоками порядка 1 Гбайт — примерно по 500 событий в одном сформированном файле. Полученные данные переданы в ЦЕРН для включения в объектно-ориентированную базу данных (Objectivity/DB), которая используется для выбора базовых единиц информации, оптимизации алгоритмов триггера и реконструкции событий. Возможности системы массовой памяти СКЦ ОИЯИ позволяют проводить как тестирование различных моделей работы с большими объемами данных, так и вести работы по совершенствованию технологий совместного использования системы массовой памяти с институтами Москвы.

Исследования в области параллельных вычислений

В 2000 г. в СКЦ ОИЯИ была установлена и введена в строй 32-процессорная система APE-100 в конфигурации 2×2×8. Проект APE был разработан и ре-

ализован группой итальянских физиков-теоретиков, специализирующихся в квантовой хромодинамике. Сотрудники ЛИТ внесли определяющий вклад в переработку ядра ТАО-компилятора, которая позволит улучшить производительность создаваемой системы AREmille. Данное усовершенствование также учитывает специфические архитектурные изменения, необходимые для портирования компилятора на систему areNEXT. Эти разработки позволят получить надежный прототип самостоятельного ТАО-компилятора для системы areNEXT и осуществить совместное использование ТАО-компилятора с Си-компилятором.

БАЗЫ ДАННЫХ И WWW-СЕРВИС

Продолжалось систематическое пополнение и сопровождение разработанных ранее баз данных и информационных систем (ИС) с учетом запросов пользователей. К ним относятся:

- ИС «Проблемно-тематический план ОИЯИ» (<http://dbserv.jinr.ru/~deadhead/tp/>);
- ИС «Сводные финансовые ведомости по подразделениям ОИЯИ» для бухгалтерии;
- система учета и статистики работы базовых установок ОИЯИ (<http://wnct132.jinr.ru/basic-fac/>);
- ИС для интерактивного управления работой установки и съема данных для эксперимента КОМБАС (http://noc.jinr.ru/LCTA/E_Publications/A-D_Presentation_files/frame.htm) [1];
- сервер регистрации публикаций (<http://wnct132.jinr.ru/student/marina/>) — клиент-серверная система с интерфейсом в среде Интернет/Инtranет, позволяющая пользователям регистрировать данные о своих публикациях;
- оцифровка графиков по заявкам пользователей (<http://www.jinr.dubna.su/~diginfo/>), подготовка библиографических данных по физике высоких энергий для базы данных PPDS.

Обширный круг задач решался в области информационного обеспечения. Среди них:

- доступ к специализированным международным базам данных и информационным системам через Интернет (INIS, PPDS и т.п.);
- развитие и сопровождение созданного в ОИЯИ базового информационного центра для организаций, работающих в области прикладной ядерной физики и изучения фундаментальных свойств материи (проект БАФИЗ). Запущена программа Htdig, которая позволяет осуществить быстрый поиск документов по ключевым словам на серверах пространства БАФИЗ. В настоящее время этот сервис (<http://dbserv.jinr.ru:8008/htdig/baphys.html>) осуществляет поиск по 14 серверам;

Сопровождение библиотеки программ ОИЯИ

В 2000 г. подготовлены и представлены на WWW-сервере новые документы по библиотекам программ. Реализован электронный доступ к текстам программ библиотеки CPCLIB (Belfast, Northern Ireland) и журнала CPC (Computer Physics Communications); осуществлялось сопровождение библиотеки NAG и CERNLIB на вычислительных платформах ОИЯИ. Продолжалось пополнение библиотеки JNRLIB новыми программами.

— развитие специального программного сервера (Java-станции) для пользователей ОИЯИ, осваивающих методику программирования с применением языка Java, возможностей применения новой XML-технологии, средств организации распределенных вычислений на основе объектно-ориентированного аппарата CORBA, языков C++ , HTML, MathML, VML (<http://dbserv.jinr.ru/js/>).

Для осуществления поддержки и развития специального Web/ftp-сервера FAXE с программными продуктами для пользователей ОИЯИ была проведена модернизация аппаратно-технических и программных средств сервера (<http://faxe.jinr.ru> и <ftp://faxe.jinr.ru>).

Проведены изучение и исследования технологии XML (eXtensible Mark-up Language) — нового промышленного стандарта, определяющего архитектуру программных средств Интернета следующего поколения [2].

Разработана программа-конвертер xcvr на языке Java для обработки XML-документов. Конвертер включает стилевые таблицы для преобразования XML-документов в HTML и LaTeX. Проведены практические исследования Интернет-приложений, разработанных под эгидой W3C-консорциума и применяемых в WWW: Mathematical Mark-up Language, Vector Mark-up Language и XHTML. Эти исследования могут эффективно использоваться для визуализации математических формул при помощи MathML и Аmауа совместно с пакетом аналитических вычислений Mathematica; построения графики (диаграмм) непосредственно в Web-странице при использовании средств VML в стандартном браузере MSIE 5.0.

Разработана программа WDK (Web Development Kit) на языке Java в качестве инструментального пакета для разработчиков Интернет-приложений на языках HTML, JavaScript, Java, XML.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Научная визуализация является эффективным инструментом для изучения и анализа исследуемых объектов или процессов. В ЛИТ используются и поддерживаются некоторые передовые системы визуализации. Двумя наиболее мощными из них, так называемыми модульными системами визуализации, являются CONVEXAVS и Iris Explorer.

В ЛИТ разработаны и специальные программы визуализации. Например, программа PICASSO написана для визуализации и интерактивного анализа результатов программы моделирования GEANT-DIRAC. Она необходима для отладки программ и исследования процессов на установке DIRAC. Другим примером является программа JUNO (рис. 3), при помощи которой обрабатываются, преобразовываются

и статистически анализируются большие массивы экспериментальных данных. Программа обладает уникальными возможностями, которые помогают пользователю, практически незнакомому с программированием, осуществлять сложные манипуляции с данными, производить построение одномерных и двухмерных статистических распределений, выполнять выделение редких событий с помощью наложения условий и дополнительных критериев. Программа не требует никаких дополнительных настроек, написана в среде Visual C++ и работает под управлением операционной системы Windows 9x/NT, применяется для обработки данных, полученных на экспериментальных установках для исследований в области физики тяжелых ионов.

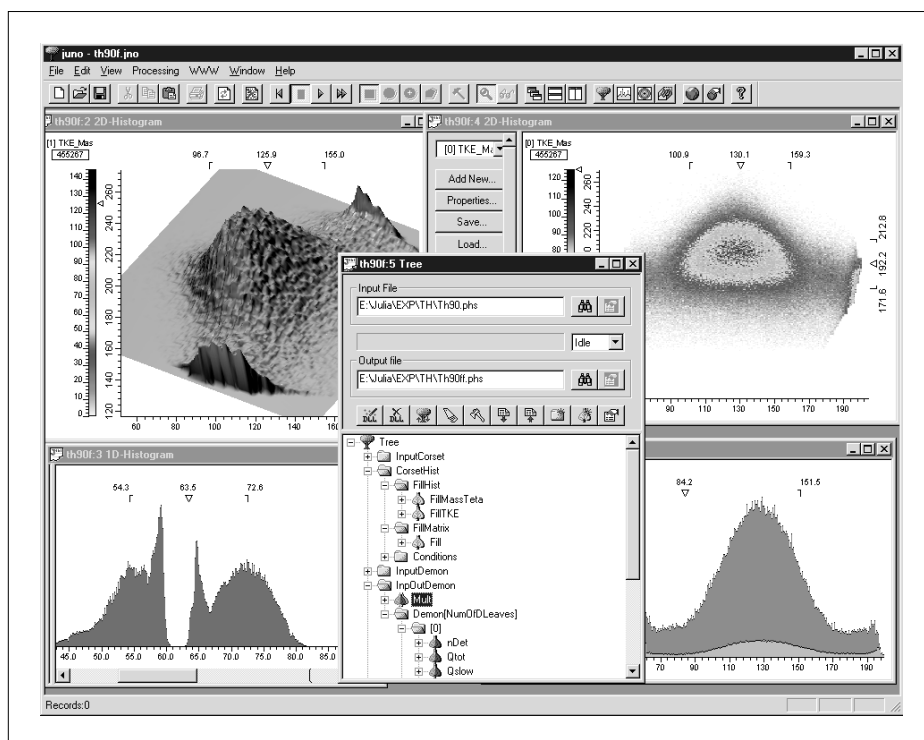


Рис. 3. Рабочая панель программы JUNO

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Основными задачами вычислительной физики в ОИЯИ являются:

- создание и развитие методов математического моделирования физических процессов и анализа данных для теоретических и экспериментальных исследований;

- алгоритмическое и программное обеспечение компьютерного моделирования на основе новых технологий программирования с использованием и оптимизацией вычислительных систем современной архитектуры и высокоскоростных сетей;
- поддержка пользователей для обеспечения эффективного использования СКЦ ОИЯИ.

Математическое моделирование для экспериментальных исследований

С помощью программ транспортировки частиц LCS, MCNP4B/DLC189, CASCADE исследованы свойства проектируемой экспериментальной установки SAD — подкритической системы в Дубне, управляемой протонным пучком действующего в ОИЯИ фазотрона на энергию 660 МэВ [3]. Система состоит из центральной свинцовой мишени в виде цилиндра, окруженной стандартным MOX-топливом ($\text{PuO}_2 + \text{UO}_2$) и свинцовым отражателем (рис. 4). Рассчитаны зависимость энергетического выхода от энергии протонов, коэффициент мультипликации нейтронов и энергетический спектр нейтронов. Путем расчетов показано, что для подкритической сборки на MOX-топливе (29 % $\text{PuO}_2 + 71$ % UO_2), которое обычно используется в реакторах БН-600, коэффициент мультипликации $k_{\text{эф}}$ равен 0,947, энергетическое усиление равно 30 и нейтронный поток — $10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Выполнена математическая обработка экспериментальных данных, полученных в рамках первого эксперимента по проекту SAD. Главной целью эксперимента было изучение дифференциальных характеристик вторичного радиационного поля, возникающего вокруг толстой свинцовой мишени, облученной протонами. Такие экспериментальные данные необходимы для проверки расчетов межъядерного каскада вторичных частиц, произведенных первичными протонами в этой мишени. На рис. 5 приведено сравнение вычисленных и экспериментальных спектров нейтронов для свинцовой мишени под углом 75° [4].

Одной из важных проблем физики частиц является вопрос о существовании аномально узких многокварковых состояний, предсказываемых в ряде теоретических работ. Экспериментальное решение вопроса о существовании экзотических адронов, выяснение их внутренних свойств и характера процес-

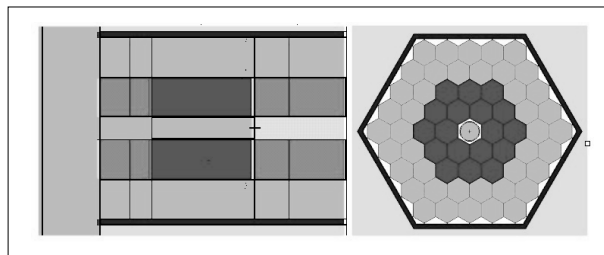


Рис. 4. Схема SAD

сов их образования имеют принципиальное значение для основных представлений о природе адронной материи. По методике, разработанной в ЛИТ, выполнен анализ экспериментальных данных с двухметровой водородной пузырьковой камеры ЦЕРН по $\pi^- p$ -взаимодействию при энергии 16 ГэВ/с. Обнаружена узкая резонансная структура $K(1630)$ в спектре эффективных масс $K_s^0 \pi^+ \pi^-$. Ширина пика сопоставима с экспериментальным разрешением [5]. При дальнейшем исследовании структуры $K(1630) \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-$ были найдены кинематические особенности ее образования и распада, отличающие группу событий из интервала пика от событий из других интервалов спектра масс. Вероятность случайного проявления этих особенностей меньше 10^{-7} . В связи с этим был сделан вывод о наблюдении неизвестного ранее странного мезона $K(1630)$. Результаты опубликованы Particle Data Group [6].

Методы и программное обеспечение для расчетов сложных физических систем

В рамках сотрудничества с вычислительным центром Института физико-химических исследований (RIKEN) выполнен ряд работ в области моделирования молекулярной динамики процессов соударения

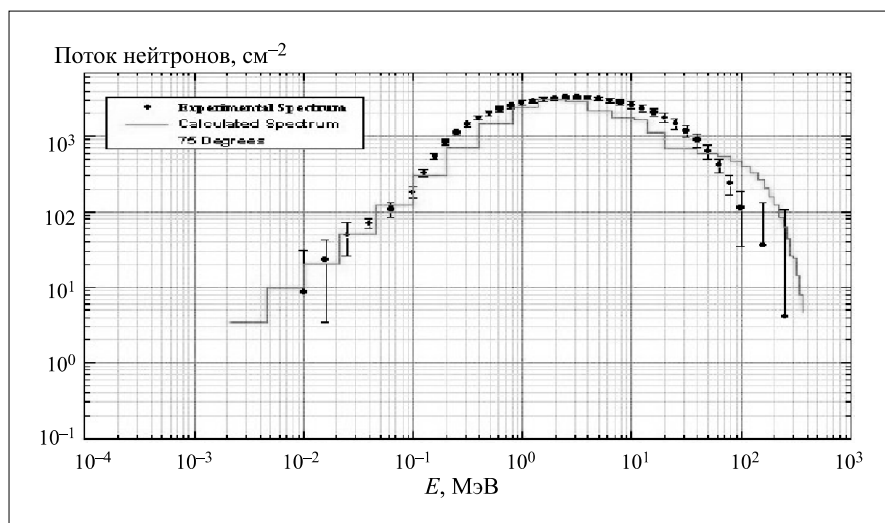


Рис. 5. Сравнение вычисленных и экспериментальных спектров нейтронов для свинцовой мишени под углом 75°

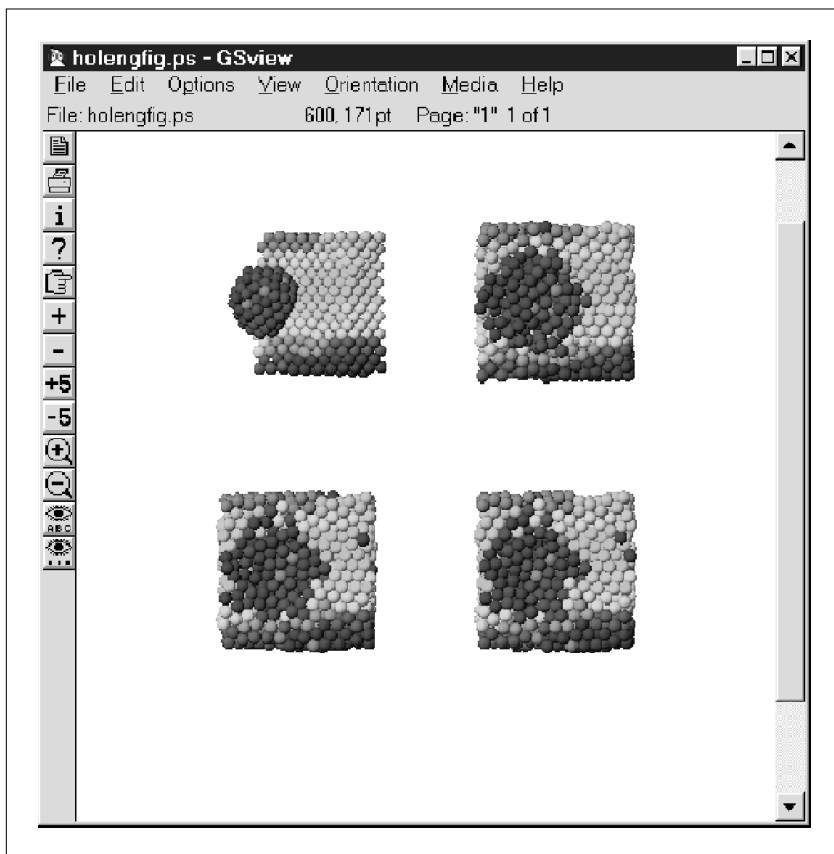


Рис. 6. Четыре последовательных моментальных снимка моделирования процесса молекулярной динамики

кластер–пучок–поверхность для металлических фаз. Для расчетов использовалась оптимизированная версия компьютерной программы моделирования динамики молекул DL_POLY [7]. Взаимодействие энергетических кластеров атомов с твердыми поверхностями изучается с помощью потенциала взаимодействия многих тел Финниса–Синклера. Характеристики этого столкновения варьируются от мягкого оседания (менее 0,1 эВ/атом) до более высоких энергий соударений (менее 1 эВ/атом). Проникновение кластера в твердую подложку приводит к таким динамическим процессам, как пластическая деформация материала и ударная волна. Ударные волны термоупругих эффектов, возникающих в материалах, являются существенными факторами для анализа новых нетривиальных структур на поверхности и могут быть использованы для объяснения структурно-фазовых изменений обрабатываемой поверхности. Изменение поверхности, облучаемой высокоэнергетическими пучками, исследуется посредством мониторинга конфигураций этой системы в режиме реального времени и путем определения критических энергий соударений, необходимых для проведения имплантации (рис. 6) [8].

Исследована математическая модель эволюции термоупругого импульса, возникающего в металле под воздействием источника ионов. На основе численных расчетов изучается связь формы термоупругой волны с формой и местом расположения источни-

ка, режим усиления и погашения термоупругих волн. Установлено влияние температуры на скорость термоупругой волны [9].

Разработан эффективный алгоритм вычисления волновых функций непрерывного спектра задачи двух центров. Для решения использованы конечно-разностная схема 4-го порядка точности и непрерывный аналог метода Ньютона. Вычислены как волновые функции непрерывного спектра задачи двух центров для положительного иона молекулы водорода, так и фазовые сдвиги и матричные элементы между непрерывным и дискретным спектрами. Абсолютная точность вычисленного фазового сдвига составляет $\sim 10^{-6}$ для импульса электрона $k \geq 1$ и $\sim 10^{-4}$ для $k \sim 0,1$ [10].

Разработано математическое обеспечение для компьютерного моделирования столкновения релятивистских тяжелых ионов в рамках гидродинамической модели для различных уравнений состояния. В нем использован метод PIC (Particle-in-Cell) для моделирования движения ядерного вещества, метод Ньютона и другие итерационные методы для решения уравнения состояния и методы численного интегрирования для вычисления наблюдаемых величин. Разработаны программы на языках C++ и Фортран для проведения вычислений. Для визуализации результатов расчетов использовался язык IDL (Interface Definition Language).

Продолжалось развитие эластодинамического метода в теории ядерной материи и применение его к физике ядерного деления. Построенная модель предсказывает двухмодовый характер деления: сферoidalный (S -мода) и торсионный (T -мода). Следует отметить, что барьеры деления ядер для T -моды лежат выше, чем для S -моды. Так как T -мода характеризуется компактной конфигурацией деления, то можно ожидать, что полная кинетическая энергия (ТКЕ) разлетающихся фрагментов будет выше, чем ТКЕ для S -моды. Данные о таком поведении ТКЕ были получены в экспериментах (Обнинск) по делению изотопов урана быстрыми нейтронами с энергией 8–10 МэВ. Сравнение барьеров деления, вычисленных в эластодинамической модели (S - и T -мода), с экспериментальными данными позволяет сделать вывод о том, что крутильный механизм деления хорошо соответствует области деления средних ядер (с массовыми числами $170 < A < 210$) [11].

Завершено доказательство инвариантности относительно замены координат фейнмановского интеграла по путям (амплитуды перехода — в квантовой механике, частичной функции — в статистической механике, производящего функционала — в теории поля) в функциональном подходе (т.е. без использования конечно-кратной аппроксимации) по теории возмущений в двух петлях, начатое в 1999 г. Полностью решены все проблемы, связанные с определением меры интегрирования и с существованием контрчленов, возникающих на квантовом уровне [12]. Главное приложение этих работ состоит в том, что их результат позволяет применять обычный метод теории возмущений для функционального интеграла к задачам с нетривиальными (топологически) граничными условиями.

Современные вычислительные методы для обработки экспериментальных данных

В рамках разработки математического обеспечения для внешнего трекера для эксперимента HERA-B развит новый алгоритм быстрой инициализации программы распознавания треков RANGER на основе метода преобразования Радона–Хафа. Алгоритм реализован в виде программы на языке C++. Разработан и проверен на реальных данных алгоритм очень быстрого робастного фитирования дуг окружностей по данным, учитывающим радиусы дрейфа в XoZ -плоскости камеры магнита.

Выполнен мультифрактальный анализ изображений поверхности тонких ниобиевых пленок, полученных на атомном силовом микроскопе. Проведенный анализ позволяет предложить модель нового механизма подавления параметра порядка на границе сверхпроводник — вакуум [13].

Расчеты физических полей и транспорта частиц

В рамках проектных работ для эксперимента ALICE (ЦЕРН) проводились трехмерные расчеты магнитной системы, состоящей из магнита L3, мюонного фильтра и дипольного магнита (рис. 7).

Выполнены трехмерные расчеты электрического поля установки для эксперимента NA45 (ЦЕРН). Результаты расчетов были доложены на митинге коллаборации NA45 в Дармштадте. Для разрабатываемого в ИТЭФ проекта эксперимента с поляризованной мишенью проведены трехмерные расчеты сил, действующих на обмотку, полюса и поляризующие наконечники магнитной системы [14].

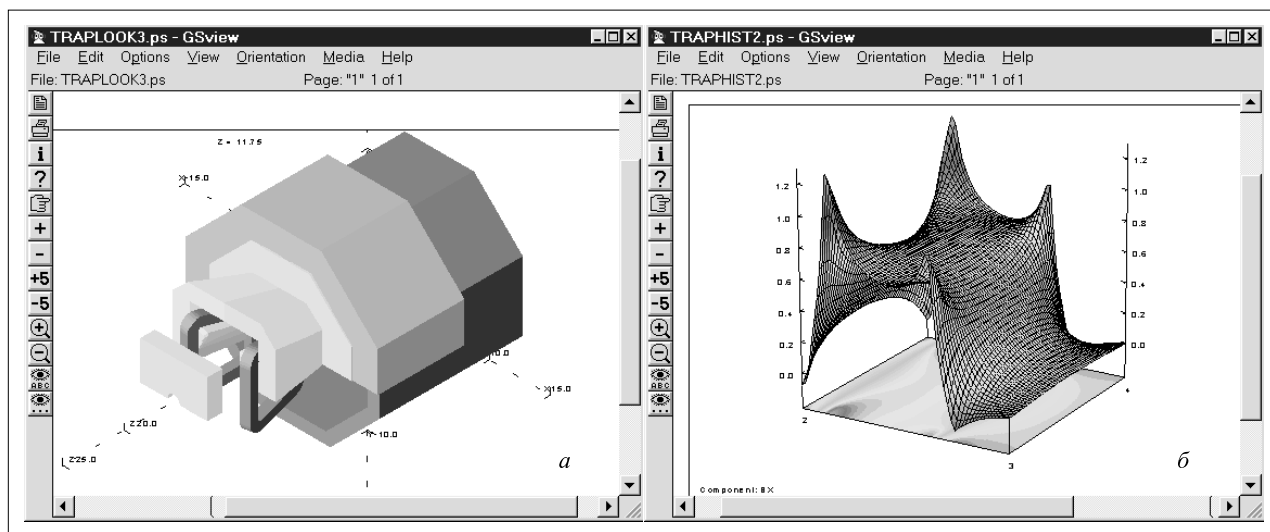


Рис. 7. Компьютерная модель (а) и распределение основной компоненты магнитного поля (б) для одного из вариантов проектируемого дипольного магнита эксперимента ALICE

Математическая обработка экспериментальных данных в физике частиц

Проведены исследования, разработки и интеграция программно-аппаратных платформ для моделирования и обработки ряда экспериментов в физике частиц. Одно из основных свойств созданного локального кластера — его реконфигурируемость и масштабируемость. Локальный кластер РИСК применяется как эффективное средство для решения задач обработки физической информации. Математическая обработка экспериментальных данных, полученных на установке ЭКСЧАРМ, ведется на этом кластере. Сгенерированы и подготовлены для физического анализа банки данных — результаты математической обработки исходной экспериментальной информации (около 200 Гбайт) для эксперимента ЭКСЧАРМ.

Кластер РИСК используется также для моделирования экспериментов по исследованию процессов с очарованными и странными частицами на серпуховском ускорителе У-70. Создана и введена в эксплуатацию новая система обработки, главная особенность которой — интеграция локального Linux-кластера РИСК и средств общеинститутского компьютерного центра. Посредством интеграции локального кластера и роботизированной массовой памяти разработана распределенная программно-аппаратная платформа для обработки экспериментов в физике частиц.

В рамках сопровождения программного обеспечения для коллаборации CMS/LHC проведено тестирование и модернизация программ CMSIM (ftn) и ORCA (C++) для восстановления мюонных треков в торцевой мюонной системе [15].

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В соответствии с соглашением между ОИЯИ и Исследовательским центром г. Россендорфа (Германия) о сотрудничестве в области применения и развития вычислительных систем, в частности для проекта «Zentrale Nutzerdatenbank», ЛИТ участвует в выполнении работ по созданию автоматизированной системы администрирования компьютерного комплекса с применением технологии WWW как средства доступа через Интернет к базе данных Oracle. Сотрудники ЛИТ обеспечивали Java-сервис: разработку программ на языке Java, выполняющихся в операционных системах Microsoft Windows и UNIX (Linux, AIX) под управлением стандартных средств WWW-браузеров Netscape Communicator и Internet Explorer. Эти программы в виде Java-апплетов, обеспечивают в диалоговом режиме графический пользовательский интер-

Компьютерная алгебра

В 2000 г. были проведены следующие исследования:

- Выполнена алгоритмизация метода Дирака для вычисления и разделения связей в динамических системах полиномиального типа, основанная на использовании инволютивных полиномиальных базисов [16].
- Осуществлена эффективная реализация в системе REDUCE, а также на языках Си и Си++ оригинальных алгоритмов приведения систем нелинейных алгебраических уравнений к каноническому базису Жана (являющемуся базисом Гребнера специального вида), удобному для исследования систем и их решения.
- Выполнено вычисление когомологий некоторых супералгебр Ли векторных полей с нечетной скобкой Пуассона (антискобкой) [17].
- Проведено вычисление второго коэффициента в разложении ядра оператора теплопроводности для неминимального дифференциального оператора на искривленном многообразии с кручением [18].
- Получено явное решение рекуррентных соотношений для фейнмановских интегралов, написанных по отношению к размерности пространства-времени [19].
- Установлена тесная связь между базисами Жана и Поммаре [20].

Алгоритм и результаты, приведенные выше, разработаны впервые. Программы на языках Си и Си++ за счет эффективности встроенных в них оригинальных алгоритмов превосходят лучшие зарубежные программы, реализующие классический алгоритм Бухбергера для вычисления базисов Гребнера.

фейс (GUI) для работы с базой данных Oracle. Сетевой доступ к базе данных осуществляется также средствами языка Java-JDBC.

В рамках сотрудничества с ЦЕРН и BNL выполнено следующее:

- В официальную версию пакета ROOT была включена новая подсистема, поддерживающая создание объектно-ориентированных моделей иерархически организованных данных. Подсистема включает ряд классов для создания и навигации таких объектов, представляет дополнительный сервис и обеспечивает эффективный ввод/вывод, интерактивный анализ и графическое двух- и трехмерное представление результатов анализа (<http://root.cern.ch/root/R2000Welcome.html>). В настоящее

- время система позволяет получать объемные стереоизображения, а также имеет дополнительный выход на объектно-ориентированную систему трехмерной графики Open Inventor. Это открывает неограниченные возможности по интеграции указанной системы с пакетом ROOT (<http://conferences.fnal.gov/acat2000/>).
- Завершена разработка рабочей среды для использования объектно-ориентированных технологий для «больших» экспериментов в ядерной физике и физике высоких энергий. Созданная на ее базе «технологическая линия» реконструкции событий с установки STAR была принята в официальную эксплуатацию в Брукхейвене (США). С ее помощью летом 2000 г. в ходе первого физического сеанса на новом ускорителе RHIC было обработано 10 Тбайт экспериментальных данных и получено 3,3 Тбайта DST. Необходимо отметить, что все четыре эксперимента (STAR, PHENIX, BRAMS, PHOBOS) на ускорителе RHIC выбрали пакет ROOT в качестве базового средства для развития своих подсистем анализа и обработки данных.

Совместно с НЦПИ сотрудники ЛИТ участвовали в работах в рамках соглашения ОИЯИ–ЦЕРН.

- Инсталлированы, протестированы и сопровождаются новые версии систем LabVIEW (вер.6i) и BridgeVIEW (v.3.0) для участников экспериментов ATLAS, CMS и других, а также для систем контроля и тестирования LHC.
- Обновлены и протестированы библиотеки системы LabVIEW для новой версии системы для операционных систем Windows-2000 и Linux (Red Hat 6.2).
- Разработана и запущена в эксплуатацию с августа 2000 г. база данных пользователей систем LabVIEW/BridgeVIEW в ЦЕРН с Web-интерфейсом.

- Осуществлялись поддержка и обновление системы NICE по мере поступления новых версий и новых коммерческих продуктов (новая версия Netscape v.4.75 для всех платформ, расширение Web-сервиса и т.д.).

- Начата интеграция операционной системы Windows-2000 в систему NICE в ЦЕРН и в ОИЯИ.

В рамках сотрудничества со Словакией начато качественное и численное исследование класса нелинейных систем дифференциальных уравнений, описывающего в рамках калибровочной модели существование и стабильность дисклинационных вихрей в упругой среде. С помощью системы компьютерной алгебры MAPLE получены асимптотики сингулярных и несингулярных вихрей в нуле. Численно исследовано поведение вихрей при больших r для различных значений параметров задачи и параметров асимптотики.

В рамках сотрудничества с Кейптаунским университетом (ЮАР) в ЛИТ ведутся исследования нелинейного уравнения Шредингера с параметрической накачкой. Показано, что это уравнение имеет широкий класс движущихся солитонных решений, некоторые из которых стабильны. При малой накачке стабильные неподвижные и движущиеся солитоны сосуществуют, в то время как при сильной накачке стабильными являются только солитоны, движущиеся достаточно быстро [21].

Динамично развивалось в 2000 г. сотрудничество с Сольвеевским институтом физики и химии в Брюсселе. Разработано новое интегральное математическое обеспечение для анализа электрокардиограмм [22]. Проводились исследования по анализу результатов оптической когерентной томографии микроструктуры кожи [23]. Изучались вопросы резонансного поведения, корреляции, стабилизации и управления сложными системами [24].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грушецки М., Манафов А.Я., Никонов Э.Г. *Сообщение ОИЯИ P13-2000-173*. Дубна, 2000.
2. Галактионов В.В. *Препринт ОИЯИ P10-2000-44*. Дубна, 2000.
3. Polanski A. // *Acta Phys. Polonica B*. 2000. V. 11. No. 1. P. 95; Barashenkov V.S. et al. *JINR Preprint E2-2000-131*. Dubna, 2000.
4. Bamblevski V.P. et al. (subm. to «Nucl. Instr. and Meth.»).
5. Карнаухов В.М., Кока К., Мороз В.И. // *ЯФ*. 2000. Т. 63. С. 652.
6. *The European Phys. J. C*. 2000. V. 15. No. 1–4. P. 536.
7. Kholmurodov K. et al. // *Comput. Phys. Commun.* 2000. V. 125. P. 167–192.
8. Puzynin I.V. *JINR Preprint E11-2000-228*. Dubna, 2000.
9. Амирханов И.В. и др. *Сообщение ОИЯИ P11-2000-263*. Дубна, 2000.
10. Pavlov D.V. et al. *JINR Preprint E11-2000-185*. Dubna, 2000.
11. Bastrukov S. et al. // *Proc. of the IV Workshop on Nuclear Fission Physics*. Obninsk, 2000. P. 5–12.
12. Kleinert P., Chervyakov A. // *Phys. Lett. B*. 2000. V. 477. P. 373; *Phys. Lett. A*. 2000. V. 269. P. 63; *Phys. Lett. A*. 2000. V. 273. P. 1; *Europhys. Lett.*

- 2000; FU-Berlin Preprint 2000 (quant-ph/0002067).
13. Altaisky M.V. et al. // *Particles and Nuclei, Letters*. 2000. No. 2[99]. P. 14–26.
 14. Ivanov A.I., Yuldashev O.I., Yuldasheva M.B. // *Nucl. Instr. and Meth. A*. 2000. V. 441. No. 1–2. P. 262–266.
 15. Golutvin I. // *CPC*. 2000. V. 126. P. 72–76; *Proc. of CHE-2000. Padova, Italy, 2000*. P. 128–132.
 16. Gerdt V.P. // *Problems of Modern Physics. Dubna, 2000*. P. 164–171.
 17. Korniyak V. // *Intern. J. of Modern Phys. C*. 2000. V. 11. No. 2. P. 397–414.
 18. Korniyak V. // *Computer Algebra in Scientific Computing. Berlin, 2000*. P. 273–284.
 19. Tarasov O.V. // *Nucl. Phys. B (Proc. Supl.)*. 2000. V. 89. P. 112–116.
 20. Gerdt V.P. // *Computer Algebra in Scientific Computing. Berlin, 2000*. P. 115–137.
 21. Barashenkov I.V. et al. *JINR Preprint E17-2000-147. Dubna, 2000 (subm. to «Phys. Rev. E.»)*.
 22. Ivanov V.V., Zrelov P.V. // *New Approach to ECG's Features Recognition Involving Neural Networks (subm. to «Particles and Nuclei, Letters»)*.
 23. Akishin P.G. et al. // *Computer Phys. Commun.* 2000. V. 126. No. 1–2. P. 111–132.
 24. Antoniou I., Akritas P., Ivanov V. // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2000. V. 11. P. 337–344;
 Antoniou I. et al. // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2000. V. 11. P. 223–229;
 Akishin P.G. et al. // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2000. V. 11. P. 207–222;
 Antoniou I., Ivanov V.V. // *Computational Methods and Tools for Modeling and Analysis of Complex Processes (subm. to Proc. of «MTCP-2000»)*.

ОТДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Деятельность ОРРИ в 2000 г. была связана с исследованиями в области физики защиты и дозиметрии, радиобиологии, радиационного мониторинга на ядерно-физических установках ОИЯИ и в окружающей среде. Основными направлениями исследовательских работ были:

- спектрометрия и радиометрия нейтронов и радиационный мониторинг;
- исследования полей излучения вокруг толстых мишеней;
- физическое обеспечение радиобиологических экспериментов;

- расчеты и конструирование защит;
- исследования закономерностей и механизмов точечных и структурных мутаций, индуцируемых в клетках про- и эукариот излучениями с различными линейными передачами энергии (ЛПЭ);
- проблемы облучения малыми дозами с различными ЛПЭ и восстановления клеток;
- исследования терапевтической эффективности действия комплекса «метилтионин хлорид — ^{211}At » на клетки меланомы.

РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были продолжены исследования опорных полей нейтронов на основе источника ^{252}Cf в полиэтиленовых замедлителях. Проведено сравнение спектров нейтронов, рассчитанных методом Монте-Карло с учетом и без учета эффекта рассеяния в помещении, с экспериментальными спектрами. Определены дозовые характеристики опорных полей для целей градуировки дозиметров нейтронов [1].

Важной проблемой физики защиты при проектировании ядерно-физических установок является расчет полей рассеянного излучения, прошедшего через различные проемы и лабиринты в защите. Начаты работы по прогнозированию радиационной обстановки за защитами в такой геометрии расчетными методами.

Начались экспериментальные исследования полей излучения вокруг толстой мишени, облучаемой протонами с энергией 650 МэВ на фазотроне ЛЯП. Данная работа осуществляется в рамках проекта создания подкритической сборки на фазотроне. Толстая мишень имитирует сердечник сборки. Исследования по этой программе проводятся совместно с ЛЯП, ЛНФ и ЛИТ. В ходе первого этапа экспериментов

были выполнены измерения следующих характеристик полей излучения вокруг мишени:

- двойного дифференциального (по углу и энергии) распределения выхода нейтронов;
- угловых распределений выходов адронов (с различными энергетическими порогами);
- пространственных распределений выходов из мишени адронов (с различными энергетическими порогами);
- полного выхода адронов из мишени.

В измерениях использованы многосферный спектрометр нейтронов с широким энергетическим диапазоном и активационные детекторы. Спектры нейтронов из мишени под углами 45, 75 и 105° приведены на рис. 1 [2, 3]. Результаты эксперимента использованы для проверки корректности расчета межъядерного каскада вторичных частиц, генерируемых протонами в мишени. Получено хорошее согласие между расчетными и экспериментальными данными. Продолжается обработка данных по измерению скоростей реакции образования радионуклидов в мишени.

Совместно с ЛВЭ продолжены исследования полей излучения, генерируемых протонами с энергией 1 и 1,5 ГэВ в $Pb + CH_2$ -сборке, для оценки сечений трансмутации радиоактивных отходов.

Счетчик нейтронов на основе In-детектора в полиэтиленовом замедлителе был разработан и изготовлен для детектирования термоядерных нейтронов в специфических условиях эксперимента (очень короткая длительность нейтронного импульса, высокий уровень γ -фона, мощные импульсные электромагнитные наводки и т.д.). Конструкция счетчика оптимизирована для достижения высокой чувствительности к быстрым нейтронам. Экспериментальные проверки показали хорошее согласие с расчетными значениями чувствительности счетчика [4].

С целью физического обеспечения радиобиологических экспериментов на нуклотроне ЛВЭ был проведен в декабре 2000 г. сеанс на ядрах ^{12}C с энергией 1 ГэВ/нуклон, в ходе которого изучены возможности использования пучка ядер для облучения биологических образцов и проведены градуировка мониторов, а также облучение трековых и активационных детекторов для исследований параметров пучка ядер и откли-

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Радиобиологические исследования на клетках высших эукариот выполнялись с клетками млекопитающих в культуре и лимфоцитах периферической крови человека [6–15]. Проведено обобщение полученных данных по выходу стабильных и нестабильных aberrаций хромосом в лимфоцитах крови человека при действии ионизирующих излучений разного качества: γ -лучей (1–7 Гр), ускоренных протонов с энергией 1 ГэВ (0,25–3,6 Гр) и ионов азота ^{14}N с ЛПЭ ~ 77 кэВ/мкм (0,5–3 Гр). При исследовании частоты их образования с использованием классического метафазного и FISH-методов подтверждены некоторые ранее известные закономерности и выявлены новые качественные и количественные особенности действия излучений разного качества, касающиеся спектра индуцированных aberrаций. Так, среди aberrаций стабильного типа преобладали транслокации, а их вклад в общее число aberrаций находился в обратной зависимости от ЛПЭ-излучений: при воздействии γ -лучей и протонов на их долю приходилось 40–45 % aberrаций, а при облучении ионами азота — ~ 25 %. Последнее определялось выраженной фрагментацией хромосом при облучении тяжелыми ионами, и в результате наблюдалось относительное снижение доли стабильных хромосомных aberrаций. Кроме того, полученные FISH-методом данные свидетельствовали о более высокой частоте повреждения хромосом 1 и 2 генома человека при действии исследованных видов ионизирующего излучения. Они могут служить подтверждением появившихся в по-

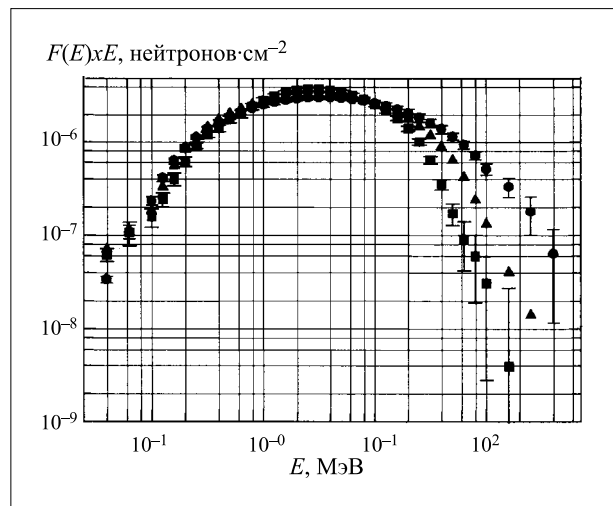


Рис. 1. Спектры нейтронов из толстой свинцовой мишени под углами: ● — 45°; ▲ — 75°; ■ — 105°

ков детекторов. Завершены аналогичные работы для пучков релятивистских протонов [5].

следнее время предположений о неодинаковой радиочувствительности разных хромосом человека.

Полученные данные по индукции стабильных aberrаций (транслокаций) хромосом были использованы для построения калибровочных кривых в плане использования таких aberrаций в качестве биоиндикаторов для оценки поглощенных доз излучений разного качества. Анализ показал, что в исследованном диапазоне доз точность оценки дозы γ -лучей и протонов составляет 7–15 %, а для ионов азота — около 20 %. Точность оценки повышается с ростом индуцирующей дозы.

Проведен анализ спонтанных и индуцированных излучениями разного качества (γ -лучами, протонами с энергией 1 ГэВ и ионами азота ^{14}N с ЛПЭ ~ 77 кэВ/мкм) HPRT-мутантов клеток млекопитающих. При выявлении и селекции мутантов наблюдалось появление клонов с замедленным ростом и увеличение доли таких мутантов (до 80–100 %) при высоких индуцирующих дозах γ -излучения (5–7 Гр) и действии ионов азота во всем диапазоне исследованных доз (до 3 Гр) облучения. При цитогенетическом анализе спонтанных и радиационно-индуцированных мутантных субклонов выявлена их гетерогенность по таким исследованным показателям, как митотическая активность, анеуплоидия, повышение уровня хромосомных aberrаций. Частота проявления хромосомной нестабильности мутантных субклонов снижалась с ростом ионизирующих ЛПЭ-излучений. Доля мутантов с повышенным уровнем хромосомных

аббераций по сравнению с интактным контролем составила: среди спонтанных мутантов — 71 %, γ -индуцированных — 47 %, индуцированных протонами — 33 % и ионами азота — 16 %. Наиболее высокой хромосомная нестабильность оказалась у спонтанных мутантов. Среди мутантных субклонов были выявлены группы мутантов, не отличающиеся от контроля по уровню хромосомных аббераций: с уровнем, повышенным в 2–4 раза; с экстремально высоким уровнем аббераций хромосом (более 30 % клеток с абберациями) и тетраплоидные мутанты. При радиационно-индуцированном мутагенезе отмечено появление мутантов со сниженным в 2–4 раза по сравнению с интактным контролем уровнем хромосомных аббераций. Доля таких генетически устойчивых клонов с низким уровнем аббераций хромосом составила: среди γ -индуцированных мутантов — 16 %, индуцированных протонами — 8 %, ионами азота ^{14}N — 48 %. Среди спонтанных мутантов они не были отмечены. Эти данные свидетельствуют о том, что при высоких ЛПЭ-излучениях увеличивается число генетически устойчивых мутантов.

Выявленная в наших экспериментах гетерогенность HPRT-мутантов по исследованным цитогенетическим показателям свидетельствует о том, что при мутагенезе в клетках млекопитающих неизбежно повышается вероятность нарушения целостности хромосом, что можно рассматривать как этап соответствующей перестройки генома, адекватной изменившимся условиям существования.

Продолжены исследования по эффектам малых доз облучения на клетки млекопитающих. Одним из важнейших аспектов этой проблемы является возможность экстраполяции эффектов, вызываемых высокими дозами облучения, на облучение в области низких доз. Ранее на клетках Китайского хомячка и меланомы человека с использованием анафазного анализа аббераций хромосом был выявлен нелинейный характер зависимости доза–эффект, характеризующийся гиперчувствительностью при малых дозах (до 10–20 сГр), наличием обратной зависимости от дозы в диапазоне 10–30 сГр и индуцированной радиорезистентностью при более высоких дозах. Подтверждение такой аномальной дозовой зависимости получено на синхронизированных клетках Китайского хомячка, облученных в G-1-фазе клеточного цикла. Метафазный анализ аббераций хромосом в первом пострадиационном митозе как по числу клеток с абберациями, так и по числу аббераций на клетку показал наличие ранее обнаруженных закономерностей. Аналогичная зависимость доза–эффект получена на клетках меланомы человека при использовании микроядерного теста, оценивающего реакцию клеточной популяции за весь клеточный цикл.

При изучении адаптивного ответа клеток меланомы человека по критерию аббераций хромосом и по числу клеток с микроядрами установлено, что по микроядерному тесту величина адаптивного ответа выше, чем по индукции хромосомных аббераций (0,55 и 0,80 соответственно). Предварительное облу-

чение клеток Китайского хомячка и меланомы человека в дозах, оптимальных для индукции адаптивного ответа (20 и 1 сГр соответственно), меняет форму кривой доза–эффект, фаза гиперчувствительности не выявляется, и даже имеет место восстановление части спонтанных хромосомных аббераций. На основании полученных данных предполагается, 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 количественно у клеток разного типа.

Продолжены исследования по совершенствованию методов мишенной радиотерапии пигментной меланомы человека с использованием α -излучающего радионуклида ^{211}At и метилевого синего (МС). Оценивалась степень селективности действия ^{211}At в комплексе с МС на клетки пигментной меланомы по сравнению с непигментированными клетками Китайского хомячка. Критерием оценки служила аккумуляция радионуклида в клетках при их инкубации с ^{211}At — МС и ^{211}At в ионной форме. Установлено, что накопление ^{211}At — МС в клетках меланомы человека происходит в 3–4 раза эффективнее, чем в непигментированных клетках. ^{211}At в ионной форме накапливается обоими типами клеток одинаково, в очень незначительном количестве. Эти результаты хорошо коррелируют с полученными ранее данными о том, что по критерию выживаемости клеток эффективность действия комплекса ^{211}At — МС на клетки меланомы на порядок выше, чем на непигментированные клетки.

В экспериментах с дрожжевыми клетками *Saccharomyces cerevisiae* [16–21] изучалась индукция мутаций различной молекулярной природы под действием ионизирующей радиации. В качестве модельной системы для исследования тотального мутагенеза был взят ген CAN1, кодирующий аргининпермеазу и имеющий протяженность 1,8 т.п.о. Получена линейная кривая зависимости образования прямых мутаций в гене CAN1 от дозы при γ -облучении.

Для анализа микроделений использовали возникновение реверсий у штаммов, имеющих мутации сдвига рамки считывания. Использованный в работе штамм имеет вставку 4 основания в гене LYS2 и вставку +1Т в последовательность 6Т в гене НОМ3. Реверсии к Lys^+ и Hom^+ по преимуществу представляют собой выпадение одного нуклеотида. Показано, что γ -лучи эффективно индуцируют мутации сдвига рамки считывания. Для сравнения приведены частоты индуцированного мутагенеза: частота прямых мутаций резистентности к канаванину (CAN^r) составляет $5,8 \cdot 10^{-5}$; мутации сдвига рамки считывания для реверсий к Lys^+ — $1 \cdot 10^{-6}$ и реверсий к Hom^+ — $1,6 \cdot 10^{-7}$ при дозе облучения 100 Гр. В пределах изученных доз (100–1000 Гр) зависимость частоты

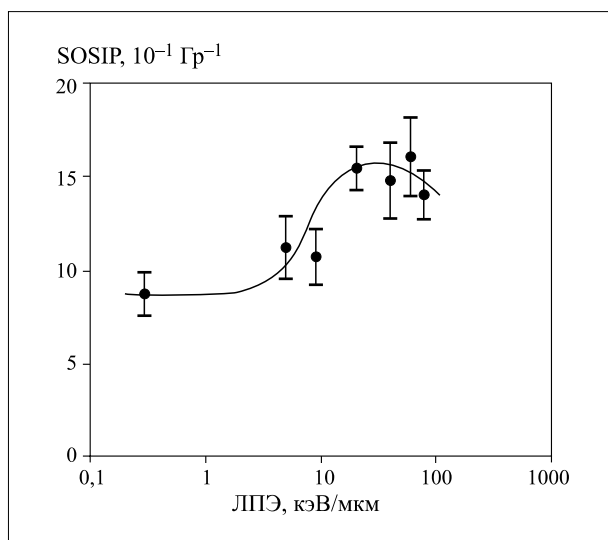


Рис. 2. Зависимость интенсивности SOS-ответа бактерий *E. coli* от ЛПЭ-излучений

ты мутаций сдвига рамки считывания от дозы носит линейный характер.

Ранее на системе, позволяющей тестировать замены пар оснований, были изучены закономерности индукции точечных мутаций под действием γ -излучения. В настоящее время ведутся работы по исследованию индукции точечных мутаций под действием ионизирующей радиации с разными физическими характеристиками. Были определены закономерности образования трансверсии АТ–ТА в диплоидных клетках дрожжей под действием ускоренных ядер гелия. Показано, что зависимость частоты мутаций от дозы в пределах до 1000 Гр носит нелинейный характер. Ядра гелия с ЛПЭ 80 кэВ/мкм индуцируют трансверсии менее эффективно, чем эти частицы с ЛПЭ 20 кэВ/мкм и γ -излучение.

Продолжены работы по изучению генетического контроля остановки клеточного цикла при получении повреждений ДНК, так называемый *checkpoint-контроль*. Для выяснения картины разветвленных путей *checkpoint-контроля* анализировали взаимодействие между генами RAD9, RAD24, RAD53 и генами SRM5/CDC28, SRM8, SRM12. Установлено, что ген CDC28 взаимодействует эпистатически с геном RAD9, но аддитивно с геном RAD53. Таким образом, протеинкиназа CDC28 и киназа RAD53 контролируют разные пути, определяющие радиочувствительность клеток. Гены RAD9 и RAD24 эпистатичны по отношению к гену RAD53 в отношении чувствительности к γ -излучению, что не противоречит данным, полученным при анализе остановки клеточного цикла в ответ на повреждения ДНК.

Продолжен анализ генов SRM1, SRM2, SRM5, SRM8, SRM12 в отношении чувствительности к летальному и мутагенному действию УФ- и γ -излучения и влиянию мутаций в этих генах на прохождение клеточного цикла.

В экспериментах с бактериальными клетками [22–28] были продолжены исследования по индукции точечных мутаций (образование *col B*- и *ton B*-мутантов) и делеций (образование *ton B trp⁻*-мутантов) при γ -облучении и действии ускоренных тяжелых ионов. Установлено, что частота образования *col B*- и *ton B*-мутантов описывается линейно-квадратичными зависимостями при действии всех видов использованных излучений (γ -кванты, ионы гелия с ЛПЭ = 20 и 78 кэВ/мкм, ионы углерода с ЛПЭ = 200 кэВ/мкм). С изменением ЛПЭ тяжелых заряженных частиц квадратичный участок дозовой кривой мутагенеза параллельно сдвигается относительно этой зависимости при γ -облучении. Зависимость относительной биологической эффективности (ОБЭ) от ЛПЭ описывается кривой с локальным максимумом, и наибольшей биологической эффективностью, равной ~ 2,8, обладают ионы гелия с ЛПЭ = 20 кэВ/мкм. Частота образования делеционных мутаций линейно зависит от дозы как γ -облучения, так и действия ускоренных ионов гелия и углерода (ЛПЭ = 78 и 200 кэВ/мкм соответственно). Наибольшую биологическую эффективность имеют ионы гелия.

Были продолжены опыты по изучению *SOS-ответа* клеток *E. coli* методом *SOS-люкс-теста* при действии тяжелых заряженных частиц: дейтронов (с ЛПЭ 5 и 9 кэВ/мкм), ионов гелия (с ЛПЭ 20, 40 и 80 кэВ/мкм), ионов углерода (с ЛПЭ 200 кэВ/мкм). Установлено, что зависимость *SOS Induction Potency* (SOSIP) от ЛПЭ-частиц описывается кривой с локальным максимумом в области 50–60 кэВ/мкм (рис. 2).

Полученные с помощью бактерий данные свидетельствуют о том, что в формировании генных мутаций у бактериальных клеток при действии разных видов излучений решающую роль играют повреждения ДНК комплексного типа. В отличие от этого делеционные мутации формируются главным образом из образующихся прямых и энзиматических двунитевых разрывов ДНК.

На бактериях *E. coli* начаты работы по исследованию закономерностей и механизмов индукции эксцизии мобильных элементов ионизирующими излучениями с разными физическими характеристиками. В экспериментах была использована новая система для мониторинга и изучения индуцированной мутабельности, основанная на индукции точной эксцизии транспозонов различными мутагенами. Точная эксцизия транспозонов является специфическим *SOS*-мутагенным процессом, в результате которого образуются делеционные мутации. Кардинально отличаясь от точечных мутаций по природе клеточной мишени для *SOS*-мутабельной машинерии, точная эксцизия транспозонов предполагает возможность обращения к процессам *SOS*-мутабельности, в ходе функционирования которой формируются геномные делеции, что подтверждает участие прямых повторов ДНК или палиндромных последовательностей в их формировании.

Получены кривые выживаемости штаммов *E. coli* дикого типа и репарационно-дефицитных (*recA*, *recN*), несущих различные транспозоны — Tn5 и Tn10. Определен характер зависимости частоты элиминации транспозонов от дозы γ -облучения. Кривые выживаемости изучаемых штаммов носят экспоненциальный характер. Показано, что зависимость частоты элиминации Tn10 от дозы γ -квантов имеет характер кривой с насыщением (максимумом). Для клеток дикого типа полностью отсутствует индукция эксцизии транспозона при мутации в гене *recA*. У *recN*-мутантов кривая занимает промежуточное положение. Результаты дают основание полагать, что гены *recA* и *recN* не только вовлечены в репарацию повреждений ДНК, но и осуществляют контроль индукции вырезания и встраивания транспозона Tn10 в геноме *E. coli*.

Были продолжены работы по изучению действия малых доз ионизирующей радиации в лабораторных экспериментах (на семенах гороха) и сочетанного действия на популяции подорожника, произрастающего в Балаковском районе Саратовской области и подвергающегося воздействию радионуклидных и химических загрязнений [29–32]. Изучались изменения физико-химических процессов (антиоксидантный статус семян), цитогенетические нарушения (выход клеток с хромосомными aberrациями корешков проростков семян и митотическая активность) и ада-

птивный ответ апикальных клеток растений. Проведенные исследования показали наличие изменений (по использованным критериям) в исследованных образцах по сравнению с контрольными участками.

Продолжены работы по *математическому моделированию влияния малых доз облучения на организм* [33–36]. На основе модели двух защитных реакций выполнен анализ стохастических радиобиологических эффектов при малых дозах облучения различных биологических объектов. Стохастическими эффектами являлись опубликованные в последнее десятилетие результаты эпидемиологических наблюдений смертности от рака людей, выход апоптоза тимоцитов у мышей и различного вида aberrации хромосом. Результаты анализа показали, что в зависимости от природы биологического объекта, спонтанного эффекта, условий облучения и вида излучения реализуется та или иная форма взаимосвязи доза–эффект: надлинейная (выпуклостью вверх), близкая к линейной и подлинейная (выпуклостью вниз), в том числе и с эффектом гормезиса. Этот результат свидетельствует о неполном соответствии наблюдаемым эффектам рекомендаций 1990 г. Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), основанным на линейной беспороговой гипотезе о взаимосвязи доза–эффект. Вследствие этого методология оценки радиационного риска, рекомендованная МКРЗ, нуждается в уточнении.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационный контроль за облучением персонала на ядерно-физических установках ОИЯИ и при работе с радиоактивными источниками осуществлялся в 2000 г. с помощью автоматизированных систем радиационного контроля и переносными приборами. В ЛНФ проводились работы с оборудованием, имеющим высокую наведенную активность:

- разборка и перемещение в каньон-хранилище отработавшего подвижного отражателя реактора ИБР-2;
- работы по программе испытания криогенного замедлителя для зоны реактора ИБР-2.

Принятые организационно-технические меры по обеспечению радиационной безопасности и специальный дозиметрический контроль позволили не превысить планируемые дозы облучения персонала.

В ЛЯР в рамках проекта DRIBs (фаза 1) сотрудниками ОРБ измерены выход и спектрально-угловое распределение вторичных нейтронов, выходящих из производящей мишени ускорителя МЦ-400 в проектном режиме производства радиоактивных ионов. Оценена необходимая биологическая защита установки и даны рекомендации по ее сооружению.

В соответствии с соглашением ОИЯИ–НИКНЕФ (Нидерланды) и требованиями международных пра-

вил перевозки опасных радиоактивных грузов выполнена транспортировка из Амстердама в Дубну оборудования ускорителя НИКНЕФ, имеющего наведенную активность.

В 2000 г. на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состояло 1810 человек, включая 73 прикомандированных специалиста. Средняя годовая доза в целом по ОИЯИ равна 1,8 мЗв. Наибольшее значение средней индивидуальной годовой дозы персонала лабораторий наблюдается в ЛЯР и составляет 2,8 мЗв. На фазотроне ЛЯР в результате грубых нарушений правил радиационной безопасности и неисправности в системе блокировок имел место случай повышенного облучения сотрудника.

Регулярный мониторинг окружающей среды по образцам почвы, растений (трава), воды из водоемов в окрестностях Дубны, водопроводной воды и воды на сбросе очистных сооружений подтвердил тот факт, что радиоактивность окружающей среды вокруг ОИЯИ остается постоянной в течение длительного времени и обусловлена лишь естественной радиоактивностью и продуктами глобальных выпадений. Какой-либо вклад в радиоактивность окружающей среды от ядерно-физических установок ОИЯИ не обнаружен.

КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

Международная конференция «Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и эволюции», посвященная 100-летию со дня рождения Н.В.Тимофеева-Ресовского, была проведена в Дубне в сентябре 2000 г. Конференция поддержана ЮНЕСКО, ИНТАС, Министерством промышленности, науки и технологий РФ, Генетическим обществом США и фондом Сороса. В конференции приня-

ли участие более 200 ученых из различных стран. Издан буклет, посвященный Н.В.Тимофееву-Ресовскому.

Успешно продолжался процесс обучения на кафедре «Биофизика» международного университета «Дубна». В 2000 г. на специальность «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» зачислено 10 студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aleinikov V., Beskrovnaja L., Florko B. *JINR Preprint E16-2000-144. Dubna, 2000.*
2. Bamblevski V.P. et al. *JINR Preprint E1-2000-307. Dubna, 2000.*
3. Bamblevski V. et al. *JINR Preprint E1-2000-308. Dubna, 2000.*
4. Timoshenko G., Krylov A., Bamblevski V. *JINR Preprint E13-2000-264. Dubna, 2000.*
5. Bamblevski V. et al. // *Radiat. Measurements.* 2001. V. 33. No. 1. P. 151.
6. Koshlan' I.V. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century»*, Moscow, November 20–24, 2000. P. 37.
7. Govorun R.D. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century»*, Moscow, November 20–24, 2000. P. 87.
8. Репин М.В. // Автореферат канд. дисс., Обнинск, 2000. ОИЯИ 19-2000-250. Дубна, 2000.
9. Lukashova E. et al. // *Abstr. of the Workshop on «Higher-Order Structure of Cell Nuclei and Genetic Effects of Radiation»*, Valtice, Czech Republic, November 7–8, 2000. P. 20.
10. Shmakova N. et al. // *Abstr. of the Workshop «Higher-Order Structure of Cell Nuclei and Genetic Effects of Radiation»*, Valtice, Czech Republic, November 7–8, 2000. P. 28.
11. Кошлань Н.А., Кошлань И.В. // Тез. шк.-конф. «Горизонты физ.-химической биологии», Пуццино, 28 мая – 2 июня, 2000 г. Пуццино, 2000. С. 144.
12. Шмакова Н.Л. и др. // *Радиационная биология. Радиэкология.* 2000. Т. 40. № 4. С. 405.
13. Shmakova N. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Evolution»*, Dubna, September 6–9, 2000. P. 40.
14. Shmakova N. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century»*, Moscow, November 20–24, 2000. P. 45.
15. Shmakova N. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «Current Status of Nuclear Medicine and Radiopharmaceuticals»*, Obninsk, October 23–27, 2000. P. 308.
16. Арман И.П. и др. // Тез. II съезда ВОГИС. 2000. Т. 2. С. 71.
17. Koltovaya N. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Evolution»*, Dubna, September 6–9, 2000. P. 70.
18. Колтовая Н.А., Кадышевская Е.Ю. // *Abstr. of the Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century»*, Moscow, November 20–24, 2000. P. 130.
19. Ljubimova K.A. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century»*, Moscow, November 20–24, 2000. P. 150.
20. Колтовая Н.А. и др. // *Генетика (в печати).*
21. Колтовая Н.А. и др. *Препринт ОИЯИ P19-2000-273. Дубна, 2000.*
22. Борейко А.В., Булах А.П., Красавин Е.А. *Сообщение ОИЯИ P19-2000-110. Дубна, 2000.*
23. Борейко А.В., Булах А.П. *Сообщение ОИЯИ P19-2000-109. Дубна, 2000.*
24. Boreyko A.V., Bulah A.P. // *Abstr. of the Intern. Conf. «The Problems of Radiation Genetics at the Turn of the Century»*, Moscow, November 20–24, 2000. P. 11.
25. Krasavin E. et al. // *Abstr. of the Intern. Conf. «Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Evolution»*, Dubna, September 6–9, 2000. P. 103.
26. Krasavin E. et al. // *Abstr. of the Workshop «Higher-Order Structure of Cell Nuclei and Genetic Effects of Radiation»*, Valtice, Czech Republic, November 7–8, 2000. P. 19.
27. Колова О.В., Кандиано Е.С., Малавиа Г. // *Радиационная биология. Радиэкология.* 2000. Т. 40. № 1. С. 10.
28. Колова О.В., Кандиано Е.С., Красавин Е.А. // *Радиационная биология. Радиэкология.* 2000. Т. 40. № 4. С. 378.
29. Корогодина В.Л. и др. // *Радиационная биология. Радиэкология.* 2000. Т. 40. № 3. С. 334.
30. Корогодина В.И., Петров Р.В., Поликарпов Г.Г. // *Наука в России.* 2000. № 4. С. 21.
31. Korogodin V., Polikarpov G., Velkov V. // *J. Biosci.* 2000. V. 25. No. 2. P. 125.
32. Корогодина В.И., Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н. // *Рабочая книга по конструированию. Ч. I. Томск: изд-во Томск. ун-та, 2000.*
33. Зюзиков Н.А. и др. // Тез. шк.-конф. «Горизонты физ.-химической биологии», Пуццино, 28 мая – 2 июня, 2000. Пуццино, 2000. Т. 1. С. 293.
34. Корогодина В.И., Корогодина В.Л. *Информация как основа жизни. Дубна: Феникс, 2000.*
35. Комочков М.М. *Препринт ОИЯИ P19-2000-237. Дубна, 2000.*
36. Knatko V., Komochkov M., Yanush A. *JINR Preprint E19-2000-175. Dubna, 2000.*

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 2000 г. Учебно-научный центр продолжил работу по теме первого приоритета «Организация, поддержка и развитие образовательного процесса университетского типа в ОИЯИ». Выполнение этой темы возложено главным образом на УНЦ.

По завершении этапов темы или ее проектов ожидаются следующие результаты:

- разработка и обновление учебных курсов и программ для студентов-физиков;
- поддержка аспирантуры;
- налаживание обменов студентами и аспирантами между УНЦ и иностранными университетами на основе соглашений о сотрудничестве;
- создание системы повышения квалификации инженерно-технического персонала ОИЯИ;
- разработка информационно-вычислительного комплекса для образовательного процесса университетского типа, сети дистанционного обучения и базы данных по курсам программирования.

Старшекурсники получают в УНЦ полное высшее образование в следующих областях: ядерная физика, физика элементарных частиц, физика конденсированных сред, теоретическая физика, техническая физика, радиобиология.

В весеннем (осеннем) семестре 2000 г. в УНЦ обучалось 76 (82) студентов из вузов стран-участниц ОИЯИ. Учебные планы разработаны совместно с вузами, направившими своих студентов для завершения образования в УНЦ. В табл. 1 приведено распределение студентов УНЦ по вузам.

Для отдельных студенческих групп УНЦ разрабатывает новые программы специальной подготовки.

В рамках подготовки специалистов для словацкого циклотронного комплекса, строящегося с помощью ОИЯИ, осенью 1998 г. в УНЦ начались занятия у первой группы студентов из Словакии. В 2000 г. они

Таблица 1

Вуз	Кол-во студентов	
	весна 2000 г.	осень 2000 г.
МГУ	16	16
МИФИ	13	15
МФТИ	20	17
Вузы других стран-участниц ОИЯИ (Армении, Белоруссии, Грузии, России, Словакии, Украины, Чехии)	27	34
Всего:	76	82

успешно защитили дипломные работы. В январе 2001 г. защитится вторая группа словацких студентов. Обе группы состоят из студентов Братиславского технического университета. В сентябре 2000 г. в УНЦ приступила к занятиям третья группа, она составлена из студентов Братиславского технического университета и Университета им. Я.Коменского.

В УНЦ студенты из Словакии обучаются по специальности «Физика и техника ускорителей». Учебная программа включает следующие курсы:

- прикладная математика;
- динамика пучков заряженных частиц;
- взаимодействие радиации с веществом;
- физика и техника ускорителей тяжелых ионов;
- физика атома и плазмы;
- источники тяжелых ионов;
- высокочастотные системы ускорителей.

Лекции читают специалисты из ЛЯР, ЛФЧ, ОРРИ и ЛЯП. Согласно программе, курсам по специальности предшествует интенсивный курс русского языка.

УНЦ старается расширить область своей образовательной деятельности. Активное использование медицинских пучков ускорителя ЛЯП стало основанием для учреждения новой выпускающей кафедры МИФИ — кафедры физических методов в прикладных исследованиях и медицине (№ 45). Возглавляет ее директор ЛЯП профессор Н.А.Русакович.

Особенностью университетского образования является его разносторонность. Студенты могут выбирать лекторов и лекции; для них есть много дополнительных курсов, в том числе факультативных. Среди курсов, преподаваемых в УНЦ, — физика элементарных частиц, релятивистская ядерная физика, теория фундаментальных взаимодействий, квантовая хромодинамика, теория ядерных реакций, структура атомного ядра, введение в теорию ускорителей, экспериментальная ядерная физика, современные методы регистрации ядерных реакций и ядерного излучения, программируемые логические устройства, основы радиотехники, цифровые устройства и их применение, электронные методы регистрации ионизирующего излучения, радиационная безопасность и защита окружающей среды, математическая статистика, объектно-ориентированное программирование на C++, программирование в UNIX, компьютеринг в физике высоких энергий, Интернет-технологии, компьютерная техника в ядерной физике (семинар), телекоммуникационные системы и мировые информационные ресурсы, визуализация в научных исследованиях, работа с системой «Mathematica», английский язык (для студентов), английский язык (для аспирантов).

В течение семестров УНЦ предлагает своим студентам и аспирантам короткие курсы лекций по современным достижениям в физике и смежных областях. Эти курсы образуют лекционный цикл «Современные проблемы естествознания». В осеннем семестре были прочитаны следующие курсы:

- «Современная физика на адронных коллайдерах» доктора К.Пальяроне (Университет г. Кассино и Национальный институт ядерной физики (INFN), Пиза, Италия);
- «Адронная физика при высоких энергиях — почему и как» профессора Ш.Пауля (Мюнхенский технический университет).

Для своих студентов и аспирантов УНЦ издает учебные пособия. В 2000 г. выпущено руководство по системе «Mathematica», автор — профессор Р. Краглер (Высшая профессиональная школа, Равенсбург-Вайнгартен; Университет прикладных наук): R.Kragler «Mathematica Tutorial Course».

Таблица 2

	Количество аспирантов	
	весна 2000 г.	осень 2000 г.
ЛТФ	3	3
ЛЯП	9	15
ЛЯР	2	4
ЛНФ	7	5
ЛВЭ	3	1
ЛФЧ	5	5
ЛИТ	8	9
ОРПИ	2	1
УНЦ	1	1
Всего:	40	44

В 2000 г. продолжила работу аспирантура ОИЯИ по 10 специальностям физики и математики.

С 1995 г. 49 человек закончили аспирантуру ОИЯИ; 36 остались в Институте для дальнейшей работы. В настоящее время в аспирантуре ОИЯИ обучается 44 человека.

В табл. 2 представлено распределение аспирантов УНЦ по лабораториям ОИЯИ в 2000 г.

Выпуск первого набора аспирантов состоялся в 1998 г. К настоящему времени восемь из них защитили кандидатские работы.

Двое из нынешних аспирантов УНЦ — граждане АРЕ.

В связи с международным характером деятельности ОИЯИ УНЦ активно развивает свои связи с зарубежными вузами. В рамках программы Германской службы академических обменов (DAAD) «Стипендии Леонарда Эйлера» на 1999–2000 и 2000–2001 гг. поддержан совместный проект УНЦ и Института теоретической физики Университета г. Гиссен (Германия). Два аспиранта и один студент УНЦ, занимающиеся теоретическими исследованиями в физике тяжелых ионов, получают в 2000 г. дополнительную стипендию и будут проходить месячную стажировку в г. Гиссен.

В июле 2000 г. УНЦ посетила группа из 18 студентов Пражского технического университета. Они побывали в лабораториях ОИЯИ и познакомились с деятельностью УНЦ.

20–28 июня 2000 г. в Познани (Польша) состоялся региональный форум Европейской сети физического образования (EUPEN). ОИЯИ был представлен на форуме Учебно-научным центром. На форуме обсуждались сотрудничество по линии Европейского физического общества (EUPEN и ОИЯИ), проведение в 2001 г. в ОИЯИ международной студенческой школы «Ядерно-физические методы и ускорители в биологии и медицине», а также вопросы, связанные со студенческими обменами.

УНЦ получил грант Европейского физического общества, который позволит пяти студентам УНЦ провести месяц в одном из итальянских университетов.

Стали традиционными дружеские связи УНЦ с университетским сообществом Польши. Студенты и аспиранты УНЦ и польских вузов обмениваются ознакомительными визитами и участвуют в школах и конференциях, проводимых в Дубне и Польше. Для поддержки инициатив польских университетов и ОИЯИ по разработке и выполнению образовательных проектов была учреждена программа «Боголюбов–Инфельд», которая финансируется специальным грантом Полномочного Представителя Польши в ОИЯИ.

В табл. 3 приводится статистика посещений ОИЯИ польскими студентами в последние три года (распределение по университетам и годам).

Таблица 3

Университет	Количество студентов		
	1998 г.	1999 г.	2000 г.
г. Лодзь	—	—	9
г. Вроцлав	15	—	24
им. Адама Мицкевича, Познань	—	12	—
Ягеллонский и Горно-металлургическая академия, Краков	40	19	—
г. Люблин	—	10	—

Осенью 1998 г. в ОИЯИ руководством Института и Московского института радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА) учреждена выпускающая кафедра по специальности «Электроника и автоматика физических установок». Теперь в УНЦ с первого курса обучаются студенты МИРЭА дневного отделения. В настоящее время в УНЦ учатся в общей сложности 46 студентов МИРЭА, им предоставлены две аудитории и компьютерный класс.

Вся эта работа требует должного материального обеспечения. На рисунке показана схема оборудования УНЦ:

- четыре компьютерных класса, один из которых специализирован на визуализации данных;
- три аудитории с лекторскими местами, оборудованными мультимедийными средствами;
- серверная комната с e-mail и WWW-сервером (Alpha Server под DecUNIX) и мультимедийным сервером локальной аудиторной сети (под Windows NT);
- лаборатория физического практикума, оснащенная за счет гранта дирекции ОИЯИ.

В учебные программы УНЦ введен практикум, состоящий из двух лабораторных работ. В одной из них студенты изучают основные характеристики спектрометра, измеряют гамма-спектр калиброванных источников и определяют энергию и интенсивность характерных линий. Тема другой работы — спектрометрия заряженных частиц.

В 2000 г. Учебно-научный центр продолжил организационно-методическое обучение, переподготовку и повышение квалификации специалистов и рабочих, организацию и координацию учебного процесса на базе лабораторий и подразделений ОИЯИ. УНЦ намерен расширить область обучения технического и инженерного персонала, для чего в настоящее время идет работа по получению лицензий на ведение образовательной деятельности в области радиационной безопасности, охраны труда и информационных технологий.

Подготовка рабочих по новым и смежным профессиям проводилась по индивидуальной форме обучения. В 2000 г. 10 человек, принятые на работу в ОИЯИ, получили новые специальности, а 16 сотрудников ОИЯИ обучались по смежным профессиям.

На курсах по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Госгортехнадзору, обучено 84 человека.

В 2000 г. было организовано обучение руководящих работников и специалистов ОИЯИ по промышленной безопасности. По окончании обучения 229 сотрудников Института аттестованы по вопросам промышленной безопасности и охране труда. 150 сотрудников ОИЯИ прошли обучение по пожарно-техническому минимуму. 17 сотрудников ОИЯИ были направлены на обучение в различные учебные заведения Москвы, Санкт-Петербурга, Иванова, Обнинска (МИПК «Атомэнерго», НИИ охраны труда, Учебный центр ММИ и др.).

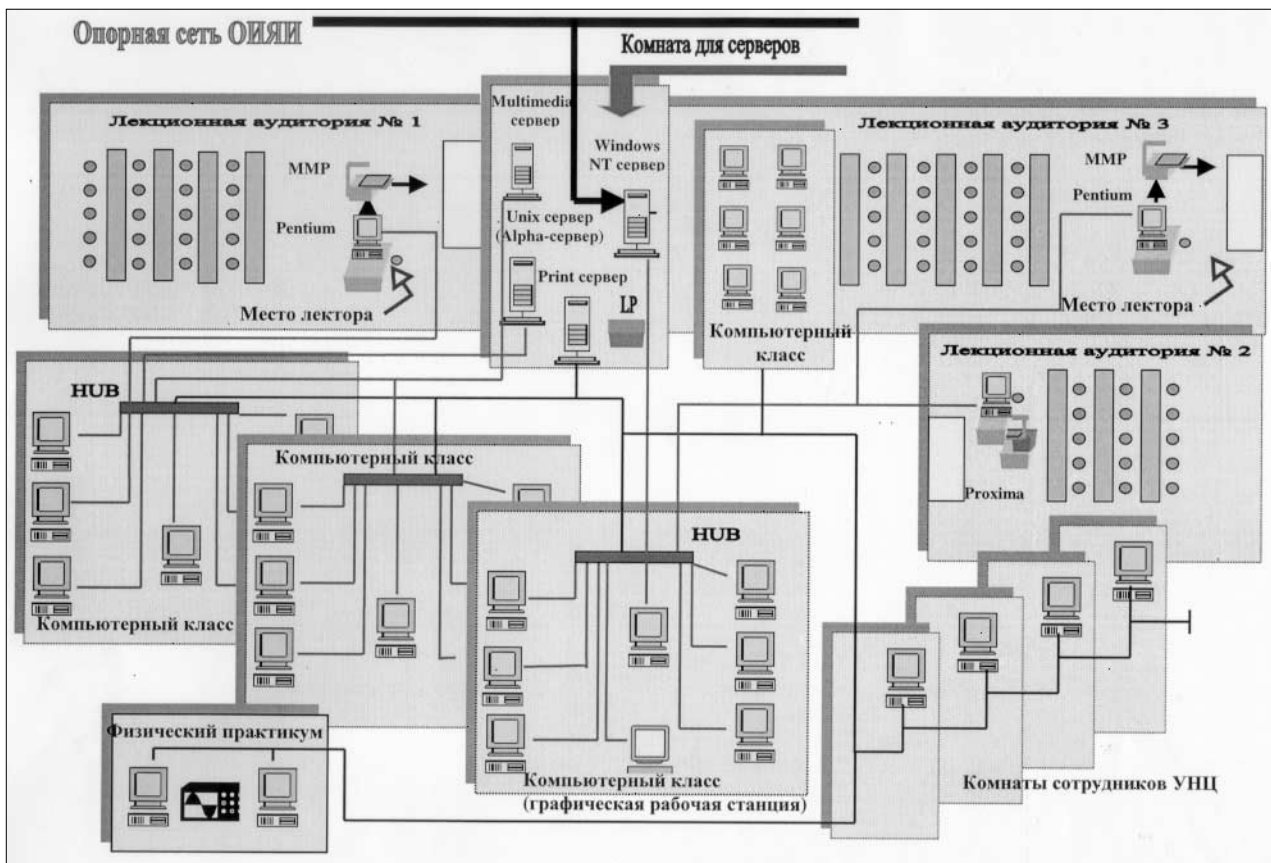


Схема оборудования Учебно-научного центра ОИЯИ

В 2000 г. Учебно-научный центр получил лицензии Госгортехнадзора России на подготовку кадров для объектов котлонадзора и подъемных сооружений. На учебном пункте УНЦ ОИЯИ обучены 11 сотрудников дубненских организаций по профессиям, подведомственным Госгортехнадзору РФ.

В лабораториях и производственных подразделениях ОИЯИ прошли производственную практику 17 учащихся ГПЛ-67 и ПУ-95, шесть студентов различных колледжей.

Организована работа филиала подготовительных курсов для поступления в МИФИ. На курсах в 2000/01 учебном году занимаются 15 учащихся школ города. Для слушателей курсов организована поездка на физико-математическую олимпиаду в МИФИ. Из выпускников курсов 1999/2000 учебного года была скомплектована группа из шести человек для целевого набора в МИФИ по направлению ОИЯИ.

Руководство УНЦ придает большое значение развитию международных студенческих обменов. Важность этой деятельности уже отмечена участниками прошлых обменов. Такие связи помогут молодым ученым стран-участниц ОИЯИ легко стать частью международного научного сообщества.

27 июня – 11 июля 2001 г. в Ратмино (окрестности Дубны) состоится международная студенческая школа «Ядерно-физические методы и ускорители в биологии и медицине». Эта школа будет очередной в цикле летних студенческих школ, проводимых ОИЯИ.

В 2000 г. отчеты о ходе выполнения образовательной программы ОИЯИ были представлены:

- на региональном форуме Европейской сети физического образования (EUPEN) (Познань, Польша);
- международном конгрессе «Наука и образование на пороге XXI века» (Минск).

В рамках совместного проекта УНЦ и Института теоретической физики Университета г. Гиссен (Германия) в УНЦ проводились теоретические исследования в области физики тяжелых ионов [1–5].

Учреждение УНЦ стало своевременным и важным шагом в развитии системы подготовки молодых специалистов для ОИЯИ и его партнеров. Образовательная программа имеет очень большое значение для ОИЯИ. Продолжение этой работы в рамках Проблемно-тематического плана позволит объединить усилия лабораторий.

Регулярно обновляется сайт УНЦ (<http://uc.jinr.ru>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shneidman T.M. et al. // Nucl. Phys. A. 2000. V. 671. P. 119–135.*
2. *Shneidman T.M. et al. // Russian J. Physics of Atomic Nuclei. 2000. V. 63. P. 1716–1723.*
3. *Ivanova S.P. et al. // Phys. Rev. C. 2000. V. 62. P. 064303–6.*
4. *Ivanova S.P. et al. // Proc. of Intern. Conf. «Nuclear Shells — 50 years», Dubna, 1999. P. 286–295.*
5. *Ivanova S.P. et al. // Proc. of Int. Conf. «Dynamical Aspects of Nuclear Fission». Singapore, 2000 (to be published).*



Дубна, 31 июля. XIII Международный коллоквиум по теоретико-групповым методам в физике



Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова. Открытие памятной доски профессору В.Г.Соловьеву

Дубна, 22 августа.
Участники международного рабочего совещания
«Актуальные проблемы астрофизики»



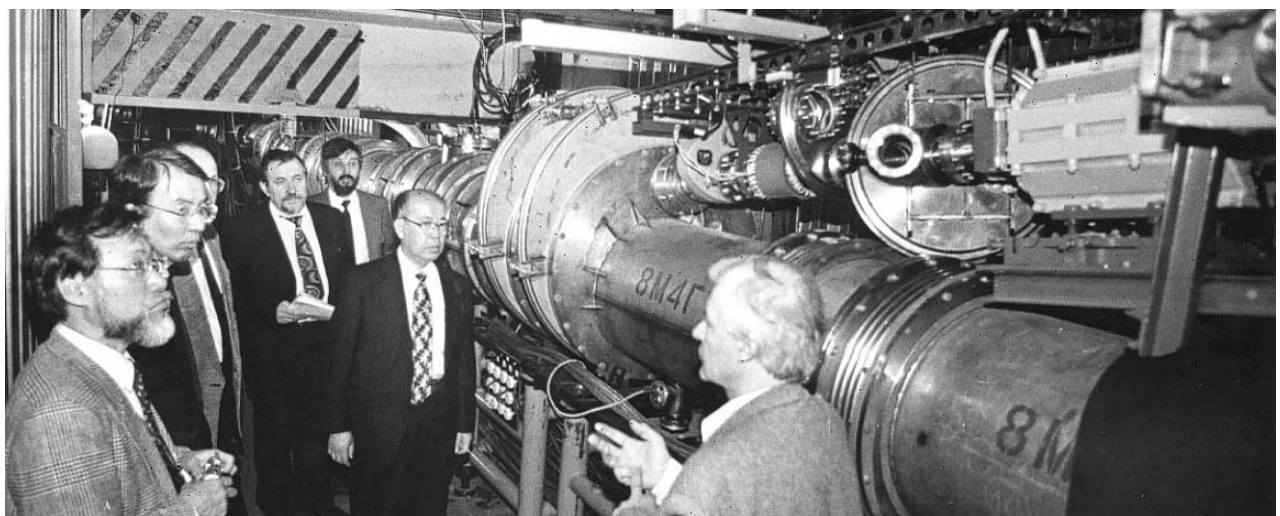


Дубна, 25 сентября.
 XV Международный семинар по проблемам
 физики высоких энергий «Релятивистская
 физика и квантовая хромодинамика».
 Выступает академик А.М.Балдин



Лаборатория высоких энергий.
 Канал «медленного вывода» пучков
 заряженных частиц из нуклотрона

Дубна, 17 апреля. Делегация экспертов
 правительства Японии в Лаборатории
 высоких энергий ОИЯИ



Лаборатория ядерных проблем
им. В.П.Джелепова, 26 июня.
Участники Международного совещания
по физике очень больших
множественностей



Лаборатория ядерных проблем им. В.П.Джелепова. Научный семинар, посвященный памяти В.П.Джелепова.
Выступает профессор С.С.Герштейн (ИФВЭ, Протвино)

Лаборатория ядерных проблем им. В.П.Джелепова.
Участок сборки и испытания дрейфовых детекторов для экспериментов по теме ATLAS в ЦЕРН





Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова.
Визит в ОИЯИ губернатора Московской области Б.В.Громова (второй справа)



Лаборатория ядерных реакций
им. Г.Н.Флерова.
Учащиеся лица «Дубна» — лауреаты
стипендии им. Г.Н.Флерова 2000 года
с членами жюри, руководителями
лаборатории и ОИЯИ

Дубна, 12 мая. Заседание Комитета
по ядерной физике Европейского
физического общества

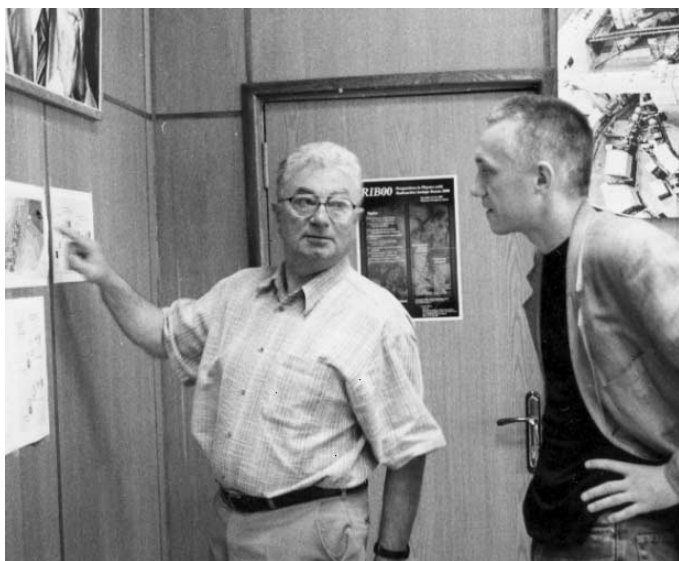


Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова, 25 мая.
Участники рабочего совещания по проблемам динамики слияния атомных ядер в экстремальных условиях

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова.
Экспериментальная установка для изучения реакций слияния-деления слабовозбужденных компаунд-ядер



Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова.
Научный руководитель лаборатории Ю.Ц.Оганесян
рассказывает научному обозревателю «Независимой газеты»
А.Г.Ваганову о синтезе атома нового, 116-го элемента





Дубна, 5 июня. Участники II Международного совещания по системам сбора данных в экспериментах на нейтронных источниках (DANEF-2000) в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка



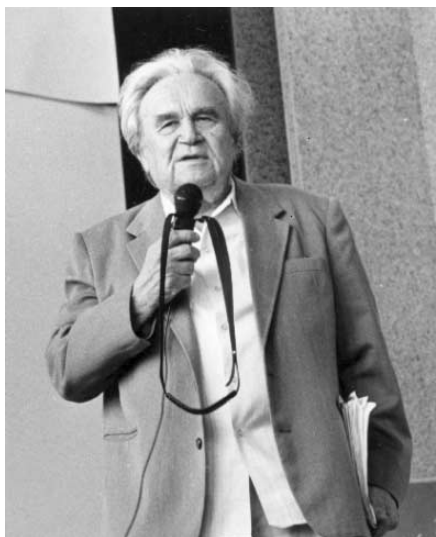
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка. Ускоряющая секция для установки ИРЕН, разработанная в ИЯФ им. Г.И.Будкера (Новосибирск), на испытательном СВЧ-стенде

Дубна, 7 февраля – 4 марта.
Слушатели и преподаватели
Школы по современной нейтрографии





Брюссель, сентябрь. Многолетнее сотрудничество связывает ОИЯИ и Международный Сольвеевский институт физики и химии (ISIPC). На снимке: рабочий семинар в кабинете лауреата Нобелевской премии директора ISIPC профессора И.Р.Пригожина (в центре)



Дубна, 24 июля. Вторая международная конференция «Актуальные проблемы вычислительной физики», посвященная памяти Н.Н.Говоруна. Выступает академик А.А.Самарский

Лаборатория информационных технологий, 27 октября. Научный семинар памяти одного из основателей ОИЯИ, г. Дубны и Лаборатории вычислительной техники и автоматизации члена-корреспондента АН СССР М.Г.Мещерякова

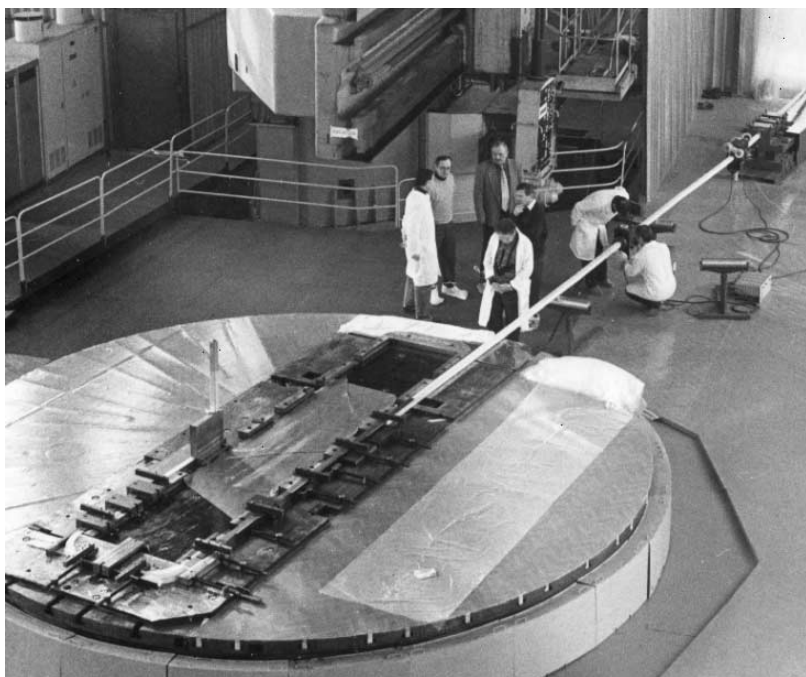




Дубна, 31 января – 4 февраля.
IV Научная конференция молодых
ученых и специалистов



Издательский отдел ОИЯИ, 5 июня.
Визит президента международной
издательской компании «Наука»
А.Шусторовича (второй слева)
и его заместителя Н.Г.Ованесова



Опытное производство ОИЯИ.
Работы по изготовлению прототипа
обмотки большого дипольного магнита
мюонного спектрометра установки
ALICE (ЦЕРН)

ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2000 г. издательский отдел выпустил в свет 323 наименования сообщений и препринтов ОИЯИ. Издано 120 служебных материалов.

Вышли из печати 36 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды XIV Международного семинара по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» (в двух томах), труды семинара «Симметрии и интегрируемые системы», семинара «Современные проблемы теоретической физики», III научного семинара памяти В.П.Саранцева, рабочего совещания «Суперсимметрии и квантовые симметрии». Увидели свет годовые отчеты ОИЯИ за 1999 г. (на русском и английском языках), годовой отчет Лаборатории нейтронной физики за 1999 г. Материалы круглого стола, состоявшегося в ходе работы 87-й сессии Ученого совета ОИЯИ в январе 2000 г., были включены в сборник «Сотрудничество ОИЯИ с институтами, университетами и предприятиями России».

Ученому с мировым именем, выдающемуся организатору науки, создателю и первому директору ЛВТА посвящена книга «М.Г.Мещеряков», изданная к 90-летию со дня его рождения. Выход книги воспоминаний «Николай Николаевич Говорун» был приурочен к 70-летию со дня рождения известного ученого в области автоматизации физического эксперимента, информатики и системного программирования. Буклет «Тимофеев-Ресовский Н.В.» был издан к 100-летию одного из крупнейших биологов XX века.

В 2000 г. вышли в свет шесть выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 35 обзоров, и 6 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», в которые вошли 50 статей, содержащих оригинальные научные, научно-технические,

методические и прикладные результаты. Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

Среди учебно-методических пособий УНЦ ОИЯИ издан «Вводный курс по системе *Математика*» Р. Краглера.

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 более 300 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 1999 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано более 120 тысяч различных бланков.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2000 году число читателей НТБ составило 4709 человек. Количество выданной литературы — 299685 экземпляров. По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 1359 изданий. По соглашению с INTAS получено 159 ксерокопий научных статей из зарубежных журналов, отсутствующих в фондах библиотеки ОИЯИ и библиотек Москвы.

По всем источникам комплектования поступило 7980 книг, периодических изданий, препринтов; 5303 из них — на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. Регулярно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий; на них было представлено 6393 названия.

Организованы 3 тематические выставки. На 1 января 2001 г. библиотечный фонд составил 424842 экземпляра, из них 188253 экз. — на иностранных языках.

Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет

156 номеров) с информацией относительно 17346 названий. Экспресс-бюллетени получают около 200 сотрудников Института, они рассылаются по 50 адресам вне Института, а также заносятся в электронную почту. Информационные бюллетени и списки конференций регулярно пополняются в WWW и передаются в службу ИНФОМАГ (Москва).

Подготовлен к изданию «Библиографический указатель работ сотрудников Института» за 1999 г. (1595 записей). База данных работ сотрудников ОИЯИ (библиографические описания публикаций с 1987 г.) доступна в Интернете.

За 2000 год в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, поступило 4446 изданий из 33 стран. Из них на долю России приходится 469, Германии — 655, Италии — 306, США — 866, Франции — 153, Швейцарии — 42, Японии — 346, а также ЦЕРН — 1265. Дополнительно в НТБ поступают научные журналы и книги (125 названий) из 32 стран и организаций.

БЮРО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

В 2000 году одним из направлений работы бюро было получение сотрудниками Института информации с использованием патентной и технической литературы, в том числе стандартов. Фонд библиотеки стандартов пополнился 76 экземплярами нормативных документов. Обновлялась база данных по нормативным документам, связанным с аттестацией рабочих мест. Получено на дискетах 12 документов. Выпущен материал с изменением в действующий в ОИЯИ стандарт СТП-310-86 «Поля допусков и рекомендуемые посадки».

В 2000 году в бюро поступило 72 официальных патентных бюллетеня РФ, и фонд бюро составил 1732 бюллетеня. Это издание обрабатывалось с учетом тематики ОИЯИ. Выпущено 12 номеров бюллетеня «Патенты».

В 2000 году было подано 7 проектов на заявки изобретений. Работа по проектам включала выявление объектов защиты (способ, устройство или вещество), методическую помощь в составлении формулы и описания изобретений. В частности, ЛНФ обратилась с просьбой помочь запатентовать методику производства селеносодержащих медицинских препаратов на основе матрицы сине-зеленой водоросли *Spirulina-Platensis*.

По ранее поданной заявке получен патент № 2156328 «Способ изготовления субмикронных трубчатых металлических реплик с трековых мембран», авторы В.Ф.Реутов и С.Н.Дмитриев.

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 2000 году Опытное производство изготовило по заказам лабораторий и подразделений Института продукции на сумму 7,7 млн рублей. Как и в прежние годы, среди этих заказов преобладало механическое оборудование для физических экспериментов, проводимых в рамках международного сотрудничества ОИЯИ:

- модули и submodule адронного калориметра ATLAS;
- силовая структура, оснастка для производства прототипа обмотки большого дипольного магнита ALICE;
- мини-дрейфовые трубки, сборочные приспособления и детали submodule COMPASS;
- система защиты от естественного радиоактивного фона для установки NEMO-3.

Большой объем работ выполнен по модернизации спектрометра поляризованных нейтронов Лаборатории нейтронной физики. Начато производство узлов подвижного отражателя (ПО-3) для ИБР-2, изготовление которых планируется завершить в 2001 году. Ведется монтаж оборудования для электромагнитного калориметра Университета Вейна (Детройт, США). На уровне прошлого года сохранился объем производства изделий для НПЦ «Аспект». Его заказы позволили почти полностью загрузить мощности радиоэлектронного цеха.

Значительный объем работ был выполнен для предприятий различных отраслей народного хозяйства.

АДМИНИСТРАТИВНО- ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ



ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ для проведения научно-исследовательских работ, сооружения базовых установок и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, на 2000 год утвердил бюджет в сумме 37500,0 тыс. долларов США. Фактическое поступление средств за год составило

16908,0 тыс. долларов США, или 45,1 % по отношению к годовым ассигнованиям.

Фактические затраты научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 2000 г. составили 18722,6 тыс. долларов 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
1. Научные исследования	14876,9	10378,7	69,8
2. Базовые установки	6159,6	3053,9	49,6
3. Инфраструктура лабораторий	5143,3	2548,1	49,5
4. Инфраструктура Института	5244,0	2741,9	52,3
5. По соглашению с ФМИТ ФРГ за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	875,1		
6. По соглашению с АН Венгрии за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	127,5		
7. Гранты полномочных представителей — 8% долевых взносов стран-участниц	2906,1		
8. Резерв дирекции — 5% бюджета	1867,5		
9. Экономия по разделу 4 на финансирование развития компьютерно-сетевой инфраструктуры ОИЯИ	300,0		
Итого — расходы:	37500,0	18722,6	49,9

КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 2001 г. составила 5718 человек (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают: академики РАН А.М.Балдин, В.Г.Кадышевский, Д.В.Ширков; члены-корреспонденты РАН И.Н.Мешков, Ю.Ц.Оганесян; действительные члены 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, Б.Н.Захарьев, С.П.Иванова, И.Звара, Р.М.Мир-Касимов, А.И.Титов, В.А.Халкин; 244 доктора наук, 653 кандидата наук, в том числе 88 профессоров и 14 доцентов.

НАГРАЖДЕНИЯ

Указами Президента Российской Федерации за заслуги перед государством, многолетний добросовестный труд и большой вклад в укрепление дружбы и сотрудничества между народами ряд сотрудников Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова отмечены государственными наградами: орденом Почета К.Я.Громов — главный научный сотрудник; орденами Дружбы В.А.Жуков — ведущий научный сотрудник, Л.М.Сороко — старший научный сотрудник.

За заслуги в научной деятельности присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации»: М.К.Волкову — начальнику сектора Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова; Г.В.Ефимову — начальнику сектора Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова, А.А.Кузнецову — советнику при дирекции ОИЯИ, Ю.В.Заневскому — начальнику сектора Лаборатории высоких энергий, А.А.Смирнову — начальнику отдела Лаборатории высоких энергий.

За особые заслуги в успешном и динамичном развитии сотрудничества немецких ученых с физиками ОИЯИ вручена почетная награда ФРГ — крест «За за-

В 2000 году в ОИЯИ принято на работу 499 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 704 человека.

В течение года присвоены ученые звания: профессора — 3, старшего научного сотрудника — 12, младшего научного сотрудника — 2.

В 2000 году защитили кандидатские диссертации 15 сотрудников, докторские — 12. Среди защитившихся — сотрудники ОИЯИ (15), граждане Республики Белоруссии (1), Республики Болгарии (2), Италии (1), Республики Казахстан (1), Марокко (1), Российской Федерации (6).

слуги» на ленте ордена Федеративной Республики Германии «За заслуги» директору ОИЯИ профессору В.Г.Кадышевскому.

За выдающиеся заслуги перед Институтом в области развития приоритетных направлений науки и техники, подготовки научных кадров присвоено звание «Почетный доктор ОИЯИ»: профессору К.Детразу (Франция), профессору В.П.Дмитриевскому (ОИЯИ), профессору С.Жюллиану (Франция), профессору В.П.Зрелову (ОИЯИ), профессору Г.Мюнценбергу (Германия), профессору Х.Ойшлеру (Германия), академику А.Н.Тавхелидзе (Грузия), академику Д.В.Ширкову (ОИЯИ).

За заслуги перед ОИЯИ, многолетнюю и плодотворную деятельность присвоено звание «Почетный сотрудник ОИЯИ» 24 сотрудникам Института.

Награждены почетными дипломами ОИЯИ 10 сотрудников Института.

За добросовестный долголетний труд, достижение высоких показателей в работе награжден знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности» 291 сотрудник ОИЯИ.

Ответственный за подготовку отчета — *Б.М.Старченко*

Отчет подготовили:

В.А.Бедняков
А.А.Бельков
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
П.Е.Колесова

2001-34

Редакторы: *М.И.Зарубина, Е.Ю.Шаталова*
Технический редактор *Е.Н.Водоватова*
Компьютерная верстка *И.Г.Андреевой*

ЛР № 020579 от 23.06.97

Получено 02.03.2001. Подписано в печать 28.04.2001
Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная
Усл. печ. л. 19,3. Уч.-изд. листов 23,3. Тираж 280. Заказ 52631

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980 Дубна Московской области, ул. Жолио-Кюри, 6