

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2002



Объединенный институт ядерных исследований

Россия, 141980, Дубна, Московская обл.,
ул. Жолио-Кюри, 6

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	28
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	33
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова	55
Лаборатория высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина	64
Лаборатория физики частиц	75
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова	83
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	94
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка	105
Лаборатория информационных технологий	114
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	122
Учебно-научный центр	127
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	135
Научно-техническая библиотека	136
Бюро интеллектуальной собственности, лицензирования и стандартизации	137
Опытное производство	138
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	141
Кадры	142

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

В 2002 г. в ОИЯИ активно велись исследования по основным, наиболее перспективным направлениям научной программы, включая ядерную физику и физику элементарных частиц, физику конденсированных сред с использованием нейтронов, радиобиологические исследования, программу в сфере высшего образования.

Были продолжены уникальные научно-технические работы по совершенствованию системы медленного вывода пучка заряженных частиц из нуклотрона. В итоге получены рабочие пучки широкого спектра ионов в большом диапазоне энергий с хорошей временной структурой и высоким коэффициентом однородности. Впервые в мировой практике осуществлено комплексное решение задачи медленного резонансного вывода пучка из сверхпроводящего ускорителя. Важнейший результат был достигнут в декабрьском сеансе работы нуклотрона: ускорен до энергии 2 ГэВ/нуклон и выведен из нуклотрона пучок поляризованных дейтронов. Получение поляризованного пучка открывает принципиально новые возможности для исследований.

На дубненском газонаполненном сепараторе велись эксперименты по синтезу 118-го элемента. Наблюдавшиеся события предварительно отнесены к распаду нового сверхтяжелого элемента с $Z = 118$ и $A = 294$, образующегося в реакции полного слияния с испарением трех нейтронов с поперечным сечением около 0,5 пб.

В рамках проекта DRIBs (получение пучков радиоактивных ионов на дубненских циклотронах) создано уникальное оборудование и осуществлено объединение первоклассных циклотронов У-400М и У-400. В результате на новой установке реализована оригинальная методика получения радиоактивных пучков. Радиоактивный пучок гелия-6 был проведен через систему транспорта на расстояние 120 м в зал ускорителя У-400 и ускорен до энергии 15 МэВ/А.

В работах теоретиков Института было показано, что повышенное содержание позитронов в

космических лучах, наблюдаемое коллаборациями HEAT (High-Energy Antimatter Telescope) и AMS (α -Magnetic Spectrometer), может быть объяснено аннигиляцией нейтралитона от темной материи в гало галактик. Полученная при этом оценка массы нейтралитона ~ 100 ГэВ совместима с фитированием всех низкоэнергетических данных в рамках минимальной суперсимметричной стандартной модели.

Метод сепарабелизации взаимодействия Скирма в рамках частично-дырочного приближения случайной фазы был обобщен для использования в ядрах с сильными парными корреляциями, что позволило проводить расчеты свойств ядерных возбуждений в большом конфигурационном пространстве. Исследованы свойства низколежащих квадрупольных и октупольных колебаний в ядрах, далеких от линии стабильности.

Группой теоретиков развит новый S -матричный термодинамический подход к описанию процессов множественного рождения адронов. На его основе в области очень больших множественностей предсказано явление термализации конечного состояния, подтвержденное предварительными данными, полученными в экспериментах STAR (RHIC, BNL).

Продолжается участие специалистов ОИЯИ в экспериментах самого высокого уровня на ускорителях таких мировых научных центров, как ЦЕРН, DESY, BNL. Группой физиков ОИЯИ внесен значительный вклад в создание спектрометра NA-48 (ЦЕРН) и в обработку экспериментальных данных. Были получены наиболее точные результаты по измерению эффекта прямого CP -нарушения в распадах нейтральных каонов на два пиона.

Многие ученые ОИЯИ участвуют в программе ЦЕРН по подготовке экспериментов на LHC. В июле 2002 г. был перевезен в ЦЕРН последний, 65-й модуль для калориметра установки ATLAS. Таким образом, ОИЯИ выполнил свои обязательства по изготовлению и сборке всех модулей адронного тайл-калориметра.

Было завершено также изготовление магнитопровода, состоящего из 28 модулей, для большого дипольного магнита детектора ALICE в рамках объединенного проекта ЦЕРН–ОИЯИ.

В 2002 г. проводились работы по созданию нового подвижного отражателя для реактора ИБР-2. Изготовление и предварительная сборка узлов подвижного отражателя велись в Опытном производстве ОИЯИ и НИКИЭТ им. Н. А. Доллежалея.

Удалось достичь значительного прогресса в реализации проекта ИРЕН: осуществлен демонтаж старого линейного ускорителя электронов ЛИУ-30 и начата установка нового линейного ускорителя.

К новому циклу исследований по биофизике фотобиологических процессов приступили сотрудники Отделения радиационных и радиобиологических исследований. Важнейшие проблемы фотобиологии будут изучаться с использованием базовых установок ОИЯИ.

В течение 2002 г. активно велись работы по созданию GRID-сегмента ОИЯИ и включению его в общую GRID-структуру. Работа мониторинговых систем проходит в тестовом режиме; осуществляются экспериментальное моделирование и анализ модельных данных для экспериментов CMS, ALICE, ATLAS.

На базе медико-технического комплекса и медицинских адронных пучков фазотрона ОИЯИ успешно проводились медико-биологические и клинические исследования по лечению онкологических больных. В 2002 г. эти работы получили финансовую поддержку в рамках российской программы «Наукоград Дубна».

Успешно развивается образовательная программа. В 2002 г. более двухсот студентов вузов стран-участниц приняли участие в работе Учебно-научного центра. В рамках новой программы подготовки специалистов и инженеров, в том числе для ИБР-2, на базе дубненского отделения МИРЭА проходит обучение около ста студентов.

В прошедшем году удалось достичь значительного прогресса в развитии и укреплении научно-технического сотрудничества ОИЯИ с целым рядом стран. Так, в результате переговоров дирекции ОИЯИ с ведущими организаторами науки США стороны приступили к работе над полномасштабным соглашением между Министерством энергетики США и Объединенным институтом. Новым витком в развитии нашего сотрудничества с научными центрами Китая стали двусторонние переговоры дирекции ОИЯИ с руководством Министерства науки и техники Китая: обсуждались возможности возобновления участия КНР в деятельности Института. Успешно развивается сотрудничество с Индией: директор Центра новых технологий профессор



Д. Д. Бхавалкар во время своего визита в ОИЯИ в сентябре 2002 г. сообщил о согласии со стороны Департамента по атомной энергии и Департамента по науке и технологиям Правительства Индии заключить соглашение об участии Индии в деятельности ОИЯИ.

Одним из итогов визита делегации ОИЯИ в Мадрид стала подготовка протоколов о сотрудничестве ОИЯИ с Институтом структуры материи и Институтом математической и фундаментальной физики.

В 2002 г. были проведены многочисленные конференции, школы, семинары, в том числе в Греции, Монголии, Румынии, Словакии, Украине. В Бухаресте прошла традиционная, совместная с ЦЕРН, выставка «Наука сближает народы». Ее путешествие по миру продолжается: в 2003 г. эта выставка будет развернута в Ереване.

В ноябре Дубну и ОИЯИ посетил председатель Совета Федерации Федерального собрания РФ Сергей Миронов. Целью его визита было ознакомление с накопленным в Дубне опытом развития инновационной экономики, науки и образования. В конце декабря гостем ОИЯИ был первый заместитель министра иностранных дел России, специальный представитель Президента РФ в государствах — участниках Содружества Независимых Государств в ранге федерального министра В. И. Трубников. Вместе с ним Институт посетил российский космонавт и политик Ю. М. Батулин.

Значимым событием года стала проходившая в последние дни декабря в Дубне международная конференция «Интеллектуальный мост Россия–Запад. Проблемы, перспективы». Одним из ее организаторов являлся Объединенный институт. Для участия в конференции были приглашены российские ученые, работающие за рубежом, представители российских наукоградов и научных центров Московского региона. Конференция может рассматриваться как еще один пример взаимодействия ОИЯИ с учеными-соотечественниками из других стран в русле широкого международного сотрудничества. В ее задачу входила консолидация усилий российских ученых, работающих в разных странах мира, с целью формирования и реализации совместных проектов и программ.

В 2002 г. по инициативе дирекции и при участии научных коллективов лабораторий и подразделений Института шла всесторонняя разработка проекта научной программы развития ОИЯИ на предстоящие семь лет: 2003–2009 гг. Эта программа отражает участие наших ученых в крупных международных проектах и включает в себя обязательства перед странами-участницами Института по созданию базовых и экспериментальных установок мирового класса.

В. Г. Кадышевский
директор Объединенного института
ядерных исследований

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ



РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

21–22 марта в Дубне состоялась очередная сессия Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ.

Председателем сессии Комитет Полномочных Представителей избрал академика М. П. Кирпичникова (Российская Федерация).

Полномочные представители заслушали и обсудили доклад директора Института В. Г. Кадышевского «О выполнении рекомендаций Ученого совета и решений Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ, о деятельности ОИЯИ в 2001 году и планах на 2002 год».

КПП одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 2001 г., а также по выполнению программы реформирования Института. Утверждены рекомендации 90-й и 91-й сессий Ученого совета ОИЯИ и план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 2002 г.

Комитет Полномочных Представителей поручил дирекции ОИЯИ обеспечить первоочередное выделение средств в 2002 г. на приоритетные задачи, рекомендованные 91-й сессией Ученого совета ОИЯИ (17–18 января 2002 г.):

- совершенствование системы вывода и каналов выведенных пучков нуклотрона, дальнейшее улучшение параметров ускоренных и выведенных пучков, расширение набора ускоренных частиц и ядер, предоставляемых пользователям; эксплуатация и развитие нуклотрона, дальнейшее снижение энергозатрат на его работу;

- модернизация реактора ИБР-2 по графику работ, утвержденному в соглашении между ОИЯИ и Министерством РФ по атомной энергии: изготовление нового подвижного отражателя, замена активной зоны, изготовление новой топливной загрузки, замена криогенной установки;
- начало физических экспериментов с радиоактивными пучками, завершение первой фазы проекта DRIBs, работы по реализации второй очереди проекта;
- вывод реактора ИБР-30 из эксплуатации и создание узлов установки ИРЕН в рамках скорректированного в январе 2002 г. графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ по реализации первой очереди в 2003 г.;
- дальнейшее развитие телекоммуникационных каналов и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ;
- 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 участие в актуальных экспериментах, нацеленных на изучение фундаментальных свойств элементарных частиц и их взаимодействий, в том числе на ускорителях ИФВЭ (Протвино), ЦЕРН, DESY, BNL и FNAL;
- эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов с $Z = 115–118$ с использова-

нием модернизированных сепараторов ГНС и ВАСИЛИСА, эксперименты по химическому выделению и идентификации сверхтяжелых элементов с $Z = 112, 114$; изучение реакций слияния-деления, вызываемых ионами ^{48}Ca , ^{58}Fe , ^{64}Ni , на установке CORSET+DEMON; изучение структуры легких экзотических ядер и механизма ядерных реакций с пучками ионов радиоактивных и стабильных элементов на установках АКУЛИНА, КОМБАС, МСП-144 и ИСТРА, создание сепаратора MASHA;

- продолжение исследований взаимодействий релятивистских ядер с целью поиска проявлений кварк-глюонных степеней свободы в ядерной материи, асимптотических законов для ядерной материи при высоких энергиях, а также изучение спиновой структуры легчайших ядер; проведение экспериментов в ОИЯИ, главным образом на нуклотроне, а также ускорителях других научных центров: ЦЕРН (SPS, LHC), BNL (RHIC), GSI (SIS), Университета в Упсале (CELCIUS), RIKEN, DESY (HERA);
- развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2 с целью создания возможностей для осуществления программы исследований с холодными нейтронами; совершенствование детекторной базы для работ на ИРЕН;
- развитие образовательной программы ОИЯИ, включая целевую подготовку специалистов из стран-участниц;
- продолжение исследований и разработок отдельных ускорительных систем для LHC и линейных коллайдеров TESLA и CLIC, а также развитие перспективных ускорительных технологий;
- исследование генетического действия ионизирующих излучений на биологические объекты, продолжение работ по созданию новых радиофармпрепаратов для диагностики и терапии раковых заболеваний.

Комитет Полномочных Представителей принял к сведению доклад помощника директора Института по экономическим и финансовым вопросам В. В. Катрасева об исполнении бюджета ОИЯИ за 2001 г. и утвердил бюджет на 2002 г. по расходам в размере 37,5 млн долларов США. Утверждены долевыми взносы стран-участниц в бюджет ОИЯИ на 2002 г. Размер бюджета ОИЯИ по доходам и расходам в 2003 г. определен в сумме 37,5 млн долларов США. Установлены ориентировочные долевыми взносы на 2003 г.

Комитет Полномочных Представителей поручил дирекции выработать меры, направленные на увеличение в ОИЯИ численности национальных групп сотрудников стран-участниц.

По докладу А. И. Володина «О работе Финансового комитета 21–22 февраля 2002 года» Комитет Полномочных Представителей утвердил протокол заседания Финансового комитета и отчет об исполнении бюджета ОИЯИ за 2000 г.

Заслушав и обсудив предложение полномочного представителя правительства Российской Федерации М. П. Кирпичникова по учету целевого финансирования научных проектов ОИЯИ, Комитет Полномочных Представителей постановил:

- учитывая особенности финансирования ОИЯИ в Российской Федерации как стране местонахождения Института, разрешить дирекции с 2001 г. засчитывать в фактически уплаченный долевым взносом Российской Федерации денежные средства, поступившие на финансирование научных тем и проектов Проблемно-тематического плана Института от государственных учреждений и организаций Российской Федерации. Эти средства ежегодно учитывать в бюджете Института как долевым взносом в дополнение к средствам, выплаченным из государственного бюджета Российской Федерации на взнос в ОИЯИ, или в счет погашения долгов Российской Федерации предыдущих лет;
- поручить дирекции при подготовке изменений в финансовом протоколе ОИЯИ включить в него пункт о зачете целевого финансирования научных проектов в счет долевыми взносами и погашения задолженности по уплате долевыми взносами стран-участниц Института.

Комитет Полномочных Представителей одобрил предложение дирекции по подготовке изменений в нормативные документы ОИЯИ, регулирующие финансовую деятельность.

По информации главного ученого секретаря Института В. М. Жабицкого КПП принял к сведению новые назначения членов Ученого совета, произведенные полномочными представителями правительств Республики Болгарии и Румынии: А. Н. Антонова (Республика Болгария) и Г. Стратана (Румыния) и утвердил членами Ученого совета А. Вагнера (Федеративная Республика Германия), М. В. Ковальчука (Российская Федерация), Д. Л. Надя (Венгерская Республика) с полномочиями сроком на 5 лет.

КПП выразил благодарность академику Н. Кроо, генеральному секретарю Венгерской академии наук, за многолетнюю и исключительно плодотворную деятельность в качестве члена Ученого совета ОИЯИ и постановил вывести его из состава совета по личной просьбе.

Заслушав и обсудив информацию вице-директора Института А. Н. Сисакяна о присвоении Лаборатории высоких энергий ОИЯИ имени академиков В. И. Векслера и А. М. Балдина, Комитет Полномочных Представителей постановил: в соответствии

с рекомендацией Ученого совета и просьбой дирекции ОИЯИ присвоить Лаборатории высоких энергий имя академиков В. И. Векслера и А. М. Балдина за

их выдающийся вклад в создание, становление и развитие этой лаборатории, ускорительного комплекса синхрофазотрон–нуклотрон и всего Института.

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

17–18 января в Дубне под председательством директора ОИЯИ академика В. Г. Кадышевского проходила 91-я сессия Ученого совета Института.

В. Г. Кадышевский выступил с докладом о выполнении 89-й и 90-й сессий Ученого совета ОИЯИ. О состоянии дел на базовых установках ОИЯИ, ходе работ по проекту ИРЕН доложил главный инженер Института И. Н. Мешков. Научный руководитель ЛЯР Ю. Ц. Оганесян сообщил о ходе работ по проекту DRIBs. С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов ОИЯИ выступили их председатели: ПКК по физике частиц — Т. Холлман, ПКК по ядерной физике — Н. Роули, ПКК по физике конденсированных сред — Х. Лаутер.

В рамках сессии Ученого совета состоялось заседание круглого стола «Белоруссия в ОИЯИ», на котором выступили представители научных центров, университетов и организаций Белоруссии. Была открыта фотовыставка, посвященная сотрудничеству ученых ОИЯИ и Белоруссии.

Вице-директор ОИЯИ Ц. Вылов сообщил о решении жюри по премиям ОИЯИ за 2001 г. Принято решение о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ», состоялось вручение премии им. Б. М. Понтекорво и выступление лауреата премии.

Проведены выборы на вакантные должности директоров Лаборатории высоких энергий, Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, Лаборатории физики частиц и заместителя директора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка.

С информацией о предложениях в перспективные планы научных исследований в ОИЯИ по физике частиц и по физике конденсированных сред выступили вице-директор ОИЯИ А. Н. Сисакян и директор ЛНФ А. В. Белушкин. С научным докладом «Об исследованиях на пучках холодных нейтронов» выступил профессор Х. Лаутер.

Ученый совет принял к сведению подробный доклад о выполнении рекомендаций 89-й и 90-й сессий Ученого совета ОИЯИ, представленный директором Института В. Г. Кадышевским. Ученый совет с удовлетворением отметил успешное выполнение рекомендаций, касающихся научной программы Института, работы и модернизации базовых установок, создания новых установок, а также высоко оценил значительные научные достижения международного

коллектива сотрудников ОИЯИ в области физики частиц, ядерной физики и физики конденсированных сред в 2001 г. Было отмечено, что в результате переговоров с Правительством Российской Федерации, связанных с финансированием ОИЯИ, произошло повышение заработной платы сотрудников Института.

Ученый совет приветствовал решение дирекции ОИЯИ о присвоении Лаборатории высоких энергий имени академиков В. И. Векслера и А. М. Балдина за их выдающийся вклад в деятельность этой лаборатории и всего Института.

Круглый стол «Белоруссия в ОИЯИ». В течение многих лет Республика Белоруссия является страной-участницей ОИЯИ и играет важную роль в формировании научной политики Института, выполнении научной программы и создании уникального оборудования и физической аппаратуры для проведения экспериментов в Дубне и, через ОИЯИ, в ЦЕРН и FNAL. Выступления за круглым столом, а также приуроченные к этому событию научно-техническая выставка и фотовыставка продемонстрировали интенсивное и плодотворное сотрудничество ОИЯИ с белорусскими научными центрами и промышленными предприятиями. Ученый совет отметил, что существуют новые возможности для расширения этого сотрудничества, в частности, в области физики конденсированных сред и материаловедения.

Ученый совет выразил пожелание, чтобы подобные выступления за круглым столом о научно-техническом сотрудничестве ОИЯИ с научными центрами стран-участниц планировались в повестке будущих сессий Ученого совета.

Ученый совет с удовлетворением отметил, что работа базовых установок Института в 2001 г. велась в соответствии с планом и что был достигнут значительный прогресс в развитии и совершенствовании базовых установок, в частности:

Нуклотрон. Проведено три сеанса общей продолжительностью работы ускорителя 1330 часов. Повышены интенсивность и качество выведенных пучков, расширен набор типов ускоренных частиц. Главными задачами в 2002 г. на нуклотроне следует считать инжекцию и ускорение поляризованных дейтронов, совершенствование систем диагностики и управления пучком в ускорителе.

ИБР-2. Работы по модернизации реактора ведутся в соответствии с принятым планом. Высказывалась определенная обеспокоенность по поводу возможных задержек, в связи с чем Ученый совет настоятельно просит руководство ОИЯИ придерживаться плана-графика выполнения работ.

У-400 и У-400М. Надежная работа обоих ускорителей обеспечивает выполнение важной научной программы по синтезу сверхтяжелых элементов, генерации экзотических ядерных состояний и другим исследованиям.

ИРЕН. Прогресс, достигнутый в выполнении проекта в 2001 г., позволяет надеяться на завершение в 2003 г. его первой очереди, включающей запуск линейного ускорителя с выводом пучка в мишенный зал. Вместе с тем совет отметил значительное (на один год) отставание в сроках ранее утвержденного плана реализации проекта, вызванное продолжающимися финансовыми проблемами.

Фазотрон. Возрос интерес пользователей к постановке экспериментов на пучке фазотрона. Ученый совет приветствовал усилия ЛЯП по расширению программы этих экспериментов.

Синхрофазотрон. Отмечена важность проводимой программы исследований с поляризованными дейтронами. Ученый совет ожидает в 2003 г. перевода этих физических экспериментов на нуклотрон.

Ученый совет принял к сведению доклад «О ходе работ по проекту DRIBs», представленный научным руководителем Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова Ю. Ц. Оганесяном, и поздравил коллектив ЛЯР с успешным запуском первой очереди ускорительного комплекса радиоактивных пучков и с получением ускоренного пучка ${}^6\text{He}$.

Ученый совет принял к сведению научные отчеты по направлениям исследований, представленные в письменном виде директорами лабораторий ОИЯИ, а также предложения в научную программу Института, основанную на трехлетнем плане деятельности, и одобрил «Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2002 г.». Ученый совет просил в дальнейшем включать в отчеты списки публикаций (данные из рецензируемых журналов, докладов на конференциях, диссертаций).

Учитывая эти предложения и рекомендации ПКК, Ученый совет поддержал следующие приоритетные направления деятельности ОИЯИ в 2002 г.:

- совершенствование системы вывода и каналов выведенных пучков нуклотрона, дальнейшее улучшение параметров ускоренных и выведенных пучков, расширение набора ускоренных частиц и ядер, предоставляемых пользователям; эксплуатация и развитие нуклотрона, дальнейшее снижение энергозатрат на его работу;

- модернизация реактора ИБР-2 по графику работ, утвержденному в соглашении между ОИЯИ и Министерством РФ по атомной энергии: изготовление нового подвижного отражателя, замена активной зоны, изготовление новой топливной загрузки, замена криогенной установки;
- начало физических экспериментов с радиоактивными пучками, завершение первой фазы проекта DRIBs, работы по реализации второй очереди проекта;
- вывод реактора ИБР-30 из эксплуатации и создание узлов установки ИРЕН в рамках скорректированного в январе 2002 г. графика и связанного с ним финансирования с целью завершения работ по реализации первой очереди в 2003 г.;
- дальнейшее развитие телекоммуникационных каналов и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ;
- 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 участие в актуальных экспериментах, нацеленных на изучение фундаментальных свойств элементарных частиц и их взаимодействий, в том числе на ускорителях ИФВЭ (Протвино), ЦЕРН, DESY, BNL и FNAL;
- эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов с $Z = 115-118$ с использованием модернизированных сепараторов ГНС и ВАСИЛИСА, эксперименты по химическому выделению и идентификации сверхтяжелых элементов с $Z = 112, 114$; изучение реакций слияния-деления, вызываемых ионами ${}^{48}\text{Ca}$, ${}^{58}\text{Fe}$, ${}^{64}\text{Ni}$, на установке CORSET+DEMON; изучение структуры легких экзотических ядер и механизма ядерных реакций с пучками ионов радиоактивных и стабильных элементов на установках АКУЛИНА, КОМБАС, МСП-144 и ИСТРА, создание сепаратора MASHA;
- продолжение исследований взаимодействий релятивистских ядер с целью поиска проявлений кварк-глюонных степеней свободы в ядрах, асимптотических законов для ядерной материи при высоких энергиях, а также изучение спиновой структуры легчайших ядер; проведение экспериментов в ОИЯИ, главным образом на нуклотроне, а также ускорителях других научных центров: ЦЕРН (SPS, LHC), BNL (RHIC), GSI (SIS), Университета в Упсале (CELCIUS), RIKEN, DESY (HERA);
- развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2 с целью создания возможностей для осуществления программы исследований с холод-

ными нейтронами, о которой говорится в рекомендациях ПКК по физике конденсированных сред; совершенствование детекторной базы для работ по ИРЕН.

Другие важные направления деятельности:

- развитие образовательной программы ОИЯИ, включая целевую подготовку специалистов из стран-участниц;
- продолжение исследований и разработок отдельных ускорительных систем для ЛНС и линейных коллайдеров TESLA и CLIC, а также развитие перспективных ускорительных технологий;
- исследование генетического действия на биологические объекты ионизирующих излучений с разной линейной передачей энергии, продолжение работ по созданию новых радиофармпрепаратов для диагностики и терапии раковых заболеваний.

В соответствии с предыдущей рекомендацией Ученый совет заслушал сообщения о первых долгосрочных планах научных исследований по физике высоких энергий и физике конденсированных сред. Ученый совет предложил дирекции ОИЯИ представить на 93-й сессии проект научной программы ОИЯИ на предстоящие 7 лет, предварительно обсудив ее на сессиях ПКК и Ученого совета. Кроме того, Ученый совет хотел бы заслушать предложение по перспективной программе научных исследований, планируемой в связи с дальнейшим развитием экспериментальной базы ОИЯИ.

Ученый совет принял к сведению и поддержал рекомендации, сделанные на сессиях программно-консультативных комитетов в ноябре 2001 г. и представленные их председателями.

По физике частиц. Ученый совет с удовлетворением отметил фундаментальные результаты по исследованию *CP*-нарушения, которые получены при активном участии физиков ЛФЧ на всех этапах эксперимента NA-48 в ЦЕРН. Ученый совет приветствовал участие физиков ЛТФ в теоретических исследованиях, связанных с разработкой научных программ экспериментов CDF, D0 и STAR.

Ученый совет принял к сведению список работ, предложенный для выполнения с первым приоритетом в 2002–2004 гг., и согласен с закрытием ряда проектов с учетом сформулированных рекомендаций ПКК по физике частиц. Ученый совет, однако, выразил озабоченность в связи с широким спектром работ, ведущихся с участием физиков ОИЯИ во многих экспериментах, и с наблюдающейся тенденцией еще большего расширения этого списка.

Ученый совет с удовлетворением отметил успешно проводимую работу по выводу нуклотрона на режим эксплуатации и проведения экспериментов, который соответствует «установке пользователей». Это значительно расширит возможности международного научного сообщества для проведения исследова-

ований в области КХД и физики сильных взаимодействий. Ученый совет согласен с предложением ПКК о разработке дирекцией ЛВЭ стратегического и скоординированного плана научно-технической программы на нуклотроне на период до конца 2005 г.

По ядерной физике. Ученый совет поздравил коллектив Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова с получением новых результатов по синтезу элемента с $Z = 116$. Наблюдение трех цепочек распада этого элемента с регистрацией последующих распадов дочерних ядер (α -распад и спонтанное деление) убедительно подтверждает осуществленную ранее идентификацию элементов с $Z = 114, 112$ и 110 . Ученый совет настоятельно рекомендовал продолжить исследования по синтезу элемента с $Z = 118$, что поможет определить заполненную протонную оболочку «острова стабильности» ядер. Ученый совет поддержал проведение дальнейших работ по изучению химических свойств сверхтяжелых элементов, а также разработку масс-сепаратора MASHA, который позволит точно ($\Delta A \approx 0,3$) определять массу сверхтяжелых элементов.

Ученый совет с удовлетворением отметил, что реализация первой фазы проекта DRIBs завершена в запланированные сроки. Для своевременной реализации второй фазы проекта DRIBs в 2003 г., связанной с получением низкоэнергетических отсепарированных осколков деления, требуется соответствующее финансирование в 2002 г.

Ученый совет отметил прогресс, достигнутый в осуществлении проекта ИРЕН; поддержал предложение руководителей проекта по параллельной реализации создания его отдельных частей и демонтажа существующего оборудования. Это касается закрытия ИБР-30, получения необходимых лицензий на создание установки ИРЕН и завершения работ по созданию первой стадии линейного ускорителя ЛУЭ-200 к середине 2003 г. Ученый совет настоятельно рекомендовал сделать все возможное для соблюдения графика реализации проекта ИРЕН с тем, чтобы осуществить запуск установки к концу 2003 г.

По физике конденсированных сред. Ученый совет посчитал, что проведение исследований с холодными нейтронами представляет большой интерес для ОИЯИ, и рекомендовал дирекции ОИЯИ рассматривать это направление как приоритетное. Недостаток финансирования работ по модернизации реактора ИБР-2, который может задержать реализацию этого проекта, необходимо полностью устранить. 600 часов работы в год в период вплоть до 2007 г. существующего холодного источника представляется слишком малым временем для того, чтобы гарантировать получение ощутимых научных результатов. Следует уже сейчас приступить к программе развития холодного источника, имеющей целью получение улучшенных параметров нейтронного пучка для каждого из спектрометров на реакторе ИБР-2.

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Азербайджанская Республика	— Н. А. Гулиев	Республика Молдова	— В. А. Москаленко
Республика Армения	— Г. А. Вартапетян	Монголия	— Ц. Ганцог
Республика Белоруссия	— А. И. Лесникович	Республика Польша	— А. Хрынкевич
Республика Болгария	— Э. Вапирев	Российская Федерация	— М. П. Кирпичников
Социалистическая Республика Вьетнам	— Нгуен Ван Хьеу	Румыния	— Д. Попеску
Грузия	— Н. С. Амаглобели	Словацкая Республика	— С. Дубничка
Республика Казахстан	— К. К. Кадыржанов	Республика Узбекистан	— Б. С. Юлдашев
Корейская Народно-Демократическая Республика	— Ли Че Сон	Украина	— Б. В. Гринев
Республика Куба	— Д. Кодорньо	Чешская Республика	— Р. Мах

Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

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

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

Программно-консультативный комитет по физике частиц

Председатель — Т. Холлман (США)
Ученый секретарь — Ю. А. Горнушкин

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

Председатель — Н. Роули (Франция)
Ученый секретарь — Н. К. Скобелев

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

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

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дирекция

Директор В. Г. Кадышевский

Вице-директор А. Н. Сисакян

Вице-директор Ц. Вылов

Главный ученый секретарь В. М. Жабицкий

Главный инженер И. Н. Мешков



«Реалистичная программа» развития инструментальной базы на холодном источнике находится в следующем состоянии: на дифрактометре ФДВР уже сейчас можно реализовать преимущества холодного источника; работа спектрометра малоуглового спектрометра ЮМО на холодном источнике может дать положительный эффект при условии запуска в 2002 г. позиционно-чувствительного детектора.

Общие вопросы. Ученый совет еще раз обратил внимание на то, что локальной и внешним сетям ОИЯИ придан статус базовой установки, и подчеркнул необходимость ее соответствующей финансовой поддержки. В сложившейся критической ситуации представляется крайне важным восстановление функционирования локальной сети Института в полном объеме, которое следует обеспечить адекватным финансированием. Рекомендовано также реализовать предлагаемые меры по обеспечению ее защиты от несанкционированных воздействий постоянных пользователей.

Ученый совет высоко оценил важность теоретических исследований, проводимых в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, и рекомендовал увеличить фонд финансирования, связанный с командированием сотрудников и международным обменом учеными.

По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил в состав ПКК по физике конденсированных сред следующих новых членов: П. А. Алексеева (ИФТТ, РНЦ «Курчатовский институт», Москва), С. Козубека (ИБ, Брно, Чешская Республика), Р. Цивинского (Университет, Лидс, Великобритания). Ученый совет выразил благодарность профессорам М. В. Ковальчуку, А. И. Лесниковичу, В. А. Соменкову и Дж. Б. Форсайту за исключительно плодотворную деятельность в качестве членов ПКК по физике конденсированных сред.

Ученый совет избрал тайным голосованием: М. Г. Иткиса — директором Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова сроком на 5 лет, В. Д. Кекелидзе — директором Лаборатории физики частиц сроком на 5 лет, А. И. Малахова — директором Лаборатории высоких энергий сроком на 5 лет, В. Н. Швецова — заместителем директора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка до окончания срока действия полномочий директора этой лаборатории.

В соответствии с действующим положением Ученый совет объявил о вакансиях заместителей директоров ЛВЭ, ЛФЧ, ЛЯР им. Г. Н. Флерова и ЛНФ им. И. М. Франка.

Ученый совет поздравил доктора Н. Самюса (BNL, Брукхейвен, США) с награждением премией им. Б. М. Понтекорво 2001 г. за выдающийся вклад в физику частиц, а также утвердил рекомендации жюри о присуждении премий ОИЯИ за 2001 г.

Ученый совет поздравил профессоров Ш. Бриансон, В. Г. Зинова, С. М. Коренченко и В. А. Халкина

с присвоением им звания «Почетный доктор ОИЯИ» за выдающиеся заслуги перед Институтом в области развития приоритетных направлений науки и техники, в подготовке научных кадров.

6–7 июня в Дубне под председательством директора ОИЯИ академика В. Г. Кадышевского прошла 92-я сессия Ученого совета Института.

В. Г. Кадышевский выступил с информацией о решениях сессии Комитета Полномочных Представителей государств — членов ОИЯИ от 21–22 марта 2002 г. Главный инженер ОИЯИ член-корреспондент РАН И. Н. Мешков доложил о ходе работ на базовых установках ОИЯИ и исследований по физике и технике ускорителей. С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили их председатели: ПКК по физике частиц — профессор Т. Холлман, ПКК по ядерной физике — профессор Н. Роули, ПКК по физике конденсированных сред — доктор Х. Лаутер.

В связи с подготовкой 7-летней научной программы развития ОИЯИ с сообщением о концепции и целях программы выступил вице-директор ОИЯИ А. Н. Сисакян; предложения в программу по основным научным направлениям исследований представили дирекции лабораторий Института.

Состоялись выборы на вакантные должности заместителей директоров Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, Лаборатории физики частиц, Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова и Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка. По предложению дирекции группе ученых было присвоено звание «Почетный доктор ОИЯИ».

С научными докладами на сессии выступили И. Г. Митрофанов («Первые результаты исследований поверхности Марса с помощью детектора HEND на американском космическом аппарате») и Г. Л. Мелкумов («Изучение ядерных взаимодействий в эксперименте NA-49»).

Ученый совет принял к сведению информацию, представленную директором ОИЯИ В. Г. Кадышевским, о решениях состоявшейся в марте 2002 г. сессии Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ, в частности:

- об одобрении деятельности дирекции ОИЯИ по подготовке программы научного развития ОИЯИ на следующие 7 лет;
- об утверждении «Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2002 г.», основанного на рекомендациях Ученого совета и программно-консультативных комитетов ОИЯИ;
- об избрании в состав Ученого совета ОИЯИ А. Антонова (ИЯИЯЭ, Болгария), А. Вагнера (DESY, Германия), М. В. Ковальчука (ИК, Россия), Д. Нады (КФКИ, Венгрия), Г. Стратана

(NIPNE, Румыния), что продолжило процедуру ротации членов Ученого совета (общие выборы нового состава Ученого совета состоятся на сессии КПП в марте 2003 г.);

— о присвоении Лаборатории высоких энергий имени академиков В. И. Векслера и А. М. Балдина.

Ученый совет высоко оценил новые шаги, принятые дирекцией ОИЯИ по развитию международного сотрудничества с научными центрами и университетами стран-участниц и других стран, в частности, состоявшееся подписание Соглашения между ОИЯИ и INFN (Италия), совместного заявления о намерениях Министерства энергетики США и ОИЯИ развивать научно-техническое сотрудничество, а также договоренность между ОИЯИ и BMBF (Германия) о продлении существующего соглашения о сотрудничестве. Ученый совет с удовлетворением отметил, что в результате последних переговоров с правительством Российской Федерации стали регулярными поступлениями российского взноса в бюджет ОИЯИ.

Ученый совет принял к сведению доклад «О ходе работ на базовых установках ОИЯИ и исследований по физике и технике ускорителей», представленный главным инженером Института И. Н. Мешковым.

Нуклотрон. Увеличилась продолжительность сеансов до запланированных 2000 часов в год и улучшены технические характеристики ускорителя. Вместе с тем Ученый совет считает главной целью ЛВЭ им. В. И. Векслера и А. М. Балдина доведение нуклотрона до проектных параметров, в частности, по энергии выведенных ионов и по ускорению поляризованных дейтронов.

ИБР-2. Важными задачами ОИЯИ являются работы по модернизации реактора ИБР-2 в соответствии с принятым графиком и создание модернизированного источника холодных нейтронов. Ученый совет с удовлетворением отметил поддержку этого проекта со стороны Министерства РФ по атомной энергии.

У-400 и У-400М. Надежная и качественная работа ускорителей ЛЯР им. Г. Н. Флерова обеспечивает проведение важной научной программы по синтезу сверхтяжелых элементов и получению экзотических ядер. Значительный успех в реализации проекта DRIBs также открывает возможность для осуществления широкой экспериментальной программы по ядерной физике в ближайшем будущем.

Фазотрон. Работа фазотрона и усовершенствование его каналов обеспечивают ЛЯП им. В. П. Дзельцова протонным пучком, который может использоваться для различных исследований по физике промежуточных энергий и для решения прикладных задач.

ИРЕН. Работы по реализации проекта ИРЕН, задержанные из-за недостаточного финансирования, тем не менее продолжают. Планируемое в 2003 г.

введение в эксплуатацию линейного ускорителя является необходимым шагом в работах по завершению проекта ИРЕН.

В соответствии с рекомендациями Ученого совета дирекция ОИЯИ разрабатывает программу научного развития Института на предстоящие 7 лет (2003–2009 гг.). Ученый совет принял к сведению сообщение о концепции и целях этой программы, представленное вице-директором ОИЯИ А. Н. Сисакином, и предложения в программу по основным научным направлениям, представленные дирекциями лабораторий Института. Ученый совет рассматривает подготовку перспективной программы как прекрасную возможность для дирекции ОИЯИ определить будущую стратегию и научные приоритеты с целью укрепления международного авторитета Института. Особый акцент в этом документе, в частности, следует сделать на финансовых и кадровых ресурсах, необходимых для реализации в реальные сроки крупномасштабных проектов, привлекательных для молодых ученых.

Ученый совет принял к сведению и поддержал рекомендации, сделанные на сессиях программно-консультативных комитетов в апреле 2002 г. и представленные их председателями.

По физике частиц. Относительно долгосрочного плана проведения физических исследований на нуклотроне ПКК вновь выразил мнение, что в перспективной программе для нуклотрона необходимо более четко обозначить научную мотивацию основных направлений исследований вместе с соответствующим планом использования определенного числа первоочередных экспериментальных установок.

Ученый совет рекомендовал дирекции ОИЯИ обеспечить коллективы физиков, работающих на нуклотроне, необходимым финансированием с тем, чтобы привлечь молодых ученых к активному участию в научных исследованиях.

Ученый совет разделяет озабоченность ПКК в связи с необходимостью дальнейшего развития сетевой и информационной инфраструктуры ОИЯИ, без чего невозможно успешное выполнение научной программы Института и, в частности, участие в больших международных коллаборациях, таких как LHC. Ученый совет настоятельно рекомендовал дирекции ОИЯИ обеспечить необходимую поддержку постоянному совершенствованию этой инфраструктуры.

Ученый совет отметил широкую программу работ в области ускорительной физики и техники, проводимых в ОИЯИ на высоком уровне. Ученый совет согласился с ПКК, что материальные и кадровые ресурсы, выделяемые на эту программу, слишком расщеплены между лабораториями и их научными исследованиями, и рекомендовал организовать рабочие группы по проектам, чтобы сосредоточить усилия на основных задачах развития базовых установок ОИЯИ.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по новым научным проектам (NN -рассеяние, PIKASO, PHe3, «Гиперон-М», TUC) и по текущим экспериментам, ранее одобренным к завершению в 2002 г., как это указано в материалах сессии ПКК.

По ядерной физике. Ученый совет поддержал необходимость регулярного финансирования и постоянной поддержки технических служб с целью завершения проекта ИРЕН в соответствии с утвержденным графиком.

Ученый совет одобрил программу экспериментов, представленную для первой фазы проекта DRIBs (стабильные и легкие радиоактивные пучки), и, в целом, рекомендовал оказывать приоритетную поддержку всем работам по проекту DRIBs, включая его вторую фазу, модернизации циклотрона U-400M и развитию необходимого экспериментального оборудования.

Ученый совет также рекомендовал всесторонне поддерживать проект MASHA, который позволит проводить прямое определение массы ($\Delta m/m \approx 0,1\%$) и более детальное изучение химических и физических свойств сверхтяжелых элементов.

В связи с проводимой работой по модернизации фазотрона Ученый совет ожидает результатов проработки систем внешней инжекции и рекомендовал рассмотреть проблемы активации узлов каналов транспортировки пучка при значительном увеличении его интенсивности. Ученый совет рекомендовал создать организационную структуру для проведения работ по протонной терапии в соответствии с запросами медицинских учреждений.

По физике конденсированных сред. Ученый совет считает модернизацию реактора ИБР-2 исключительно важной задачей ОИЯИ. Работы по модернизации источника холодных нейтронов следует рассматривать как часть программы модернизации реактора, в том числе:

- рефрижератор, входящий в комплекс источника холодных нейтронов, должен быть установлен в 2004 г. для последующего использования на существующем и будущем криогенном замедлителе;
- из-за ограниченного времени жизни существующий криогенный замедлитель (иначе называемый «широкополосный источник») может работать три цикла в год в период 2004–2007 гг., что является разумным компромиссом, поскольку он будет работать только на два спектрометра, но позволит полностью продемонстрировать преимущества существующего замедлителя;
- работы по новому криогенному замедлителю следует уже сейчас включить в программу модернизации реактора, а их планирование, вместе с совершенствованием физической аппаратуры, начать в 2002 г.

Общие вопросы. Научные исследования и разработки должны быть сконцентрированы на наиболее передовых и уникальных проектах и установках, опирающихся на обоснованные научные потребности лабораторий ОИЯИ. Аналогичный подход должен применяться и в отношении предложений новых проектов, таких как ДЭЛСИ и ЛЕПТА, для которых требуются детальные обоснования научных целей и необходимых ресурсов на их осуществление. Важное значение приобретает дистанционный анализ физических данных, получаемых в экспериментах других центров, что требует значительного повышения эффективности работы сетевой инфраструктуры и соответствующего финансирования.

Ученый совет выразил благодарность профессорам Х. Лаутеру, Н. Роули и Т. Холлману за исключительно плодотворную деятельность в качестве председателей ПКК по физике конденсированных сред, ПКК по ядерной физике и ПКК по физике частиц соответственно. По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил председателями ПКК: Х. Лаутера — сроком на один год, Н. Роули — сроком на два года, Т. Холлмана — сроком на три года.

Ученый совет избрал тайным голосованием: Н. Н. Агапова и С. Вокала — заместителями директора Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, С. Н. Дмитриева и Я. Климана — заместителями директора Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, М. Г. Сапожникова — заместителем директора Лаборатории физики частиц, Н. Попу — заместителем директора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка до окончания срока действия полномочий директоров соответствующих лабораторий.

В соответствии с действующим положением Ученый совет объявил о вакансиях директора и заместителей директора Лаборатории информационных технологий.

Ученый совет принял к сведению информацию директора ОИЯИ В. Г. Кадышевского о том, что еще не определен кандидат на должность директора Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова. По итогам состоявшегося обсуждения Ученый совет согласился с предложением В. Г. Кадышевского назначить вице-директора А. Н. Сисакяна, в дополнение к занимаемой должности, исполняющим обязанности директора ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова после окончания срока полномочий нынешнего директора этой лаборатории (т. е. после 16 января 2003 г.).

Ученый совет поздравил профессоров В. Грайнера, М. Ф. Лихачева, Б. Е. Патона, В. Н. Пенева и А. А. Смирнова с присвоением им звания «Почетный доктор ОИЯИ» за выдающиеся заслуги перед Институтом в области развития приоритетных направлений науки и техники, в подготовке научных кадров.

Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 21–22 февраля под председательством представителя Российской Федерации А. И. Володина.

Директор Института академик В. Г. Кадышевский рассказал о выполнении рекомендаций Ученого совета и решений КПП ОИЯИ, о деятельности Института в 2001 г. и планах на 2002 г. Финансовый комитет одобрил деятельность дирекции по выполнению научной программы ОИЯИ, отметил значительные успехи в обеспечении успешной работы базовых установок, в выполнении плана мероприятий по реализации Соглашения между Российской Федерацией и ОИЯИ о местопребывании и об условиях деятельности ОИЯИ в Российской Федерации. Одобрены предложения 91-й сессии Ученого совета и планы дирекции по разработке 7-летней программы развития ОИЯИ.

По докладу помощника директора ОИЯИ В. В. Катрасева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2001 г., о проекте бюджета на 2002 г., о долевых взносах на 2003 г.» Финансовый комитет принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 2001 г. и рекомендовал Комитету Полномочных Представителей утвердить бюджет ОИЯИ на 2002 г. с общей суммой расходов 37,5 млн долларов США.

С итогами работы Контрольной комиссии от 21–22 июня 2001 г. на заседании выступил председатель комиссии заместитель начальника отдела Минпромнауки РФ В. Г. Дроженко.

Финансовый комитет рекомендовал КПП одобрить предложение дирекции по подготовке изменений в нормативные документы ОИЯИ, регулирующие финансовую деятельность.

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

17-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 15–16 апреля под председательством профессора Т. Холлмана.

Программно-консультативный комитет по физике частиц с одобрением принял к сведению информацию, представленную вице-директором ОИЯИ А. Н. Сисакином, о рекомендациях 91-й сессии Ученого совета ОИЯИ и решениях Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ (март 2002 г.), а также о подготовке научной программы физических исследований в ОИЯИ в области физики высоких энергий на следующие 7 лет (2003–2009 гг.).

ПКК с удовлетворением воспринял решение Комитета Полномочных Представителей ОИЯИ о присвоении Лаборатории высоких энергий имени академиков В. И. Векслера и А. М. Балдина за их выдающийся вклад в развитие этой лаборатории, ускорительного комплекса синхрофазотрон–нуклотрон и всего Института.

ПКК с интересом заслушал информацию о предложениях в проект научной программы ОИЯИ по физике частиц и релятивистской ядерной физике, представленных начальником сектора ЛТФ А. В. Ефремовым, директором ЛВЭ А. И. Малаховым, директором ЛФЧ В. Д. Кекелидзе, директором ЛЯП Н. А. Русаковичем и директором ЛИТ И. В. Пузыниным. Комитет рекомендовал дирекции ОИЯИ подготовить обобщенный и согласованный

проект программы для рассмотрения на следующей сессии ПКК.

ПКК с удовлетворением заслушал перспективный план организации, обеспечения и развития учебного процесса университетского типа в ОИЯИ, представленный заместителем директора УНЦ ОИЯИ Т. А. Стриж, и выразил свою полную поддержку этому направлению деятельности Института как средству подготовки молодых ученых и студентов. ПКК принял к сведению информацию, представленную в докладе директора ЛИТ И. В. Пузынина, и с удовлетворением отметил достигнутый прогресс в развитии сетевой и компьютерной инфраструктуры ОИЯИ.

Заслушав доклад главного инженера ОИЯИ И. Н. Мешкова о состоянии базовых установок Института и работ по ускорительной тематике в ОИЯИ, ПКК отметил значительное увеличение времени работы нуклотрона в 2001 г., а также дальнейшее совершенствование качества пучка и, в особенности, обеспечение получения пучков поляризованных дейтронов и вторичных пучков поляризованных протонов.

Отметив широкую программу работ в области ускорительной физики и техники, проводимых на высоком уровне в ОИЯИ, и успешное участие физиков-ускорительщиков ОИЯИ во многих международных коллаборациях и проектах, ПКК в то же

время рекомендовал концентрировать материальные и кадровые ресурсы на основных задачах развития базовых установок ОИЯИ.

ПКК с интересом заслушал представленный директором ЛВЭ А. И. Малаховым долгосрочный план проведения физических исследований на нуклотроне и рекомендовал более четко обозначить физическую мотивацию основных направлений исследований вместе с соответствующим планом использования первоочередных экспериментальных установок. ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ обеспечить коллективы физиков, работающих на нуклотроне, необходимым финансированием с тем, чтобы привлечь молодых ученых к активному участию в этих исследованиях.

Рассмотрев ряд предложений новых экспериментов, ПКК одобрил проекты: «Экспериментальные исследования NN -рассеяния с поляризованными частицами на ускорителе VdG Карлова университета», «Спиновые эффекты при рождении мезонов на поляризованных ядрах» (проект PIKASO), «Исследование спиновой структуры дейтрона на малых расстояниях с использованием пучка поляризованных дейтронов и поляризованной ^3He -мишени» (проект PHe3), «Астрофизические исследования в экспериментах на искусственных спутниках Земли» (эксперимент TUC) для выполнения с первым приоритетом до конца 2005 г.

Проект «Изучение мезон-ядерных взаимодействий на установке “Гиперон-М”» одобрен для выполнения со вторым приоритетом до конца 2004 г. ПКК предложил авторам проекта «Исследование взаимодействий релятивистских ядер в эмульсии — программа “Беккерель” по облучению эмульсий в пучках нуклотрона» представить на следующей сессии уточненную информацию по ряду вопросов.

ПКК заслушал отчет об участии ОИЯИ в проекте ALICE. ПКК дал высокую оценку выполненным в Институте работам по подготовке запуска в производство ярма дипольного магнита, отметил вклад ОИЯИ в создание математического обеспечения мюонного спектрометра и проведение пучковых испытаний мюонных камер. ПКК отметил успешное изготовление опытной серии кристаллов вольфрамата свинца для фотонного спектрометра в Институте монокристаллов (Харьков, Украина) и успешное создание и испытание прототипа дрейфовой камеры для детектора TRD.

ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в проекте ATLAS и с удовлетворением отметил, что в соответствии с графиком подготовки эксперимента завершаются работы по созданию адронного сцинтилляционного и жидкоаргонового калориметров и начато массовое производство мюонных камер и компонентов внутреннего трекера. ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ обеспечить этому направлению деятельности надлежащую финансовую и техническую поддержку.

ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в проекте CMS и с удовлетворением отметил, что коллаборация CMS вступила в первый год этапа сборки и установки детекторов. Учитывая важность своевременного производства и поставки в ЦЕРН в 2002 г. компонентов детекторов, за которые отвечает группа CMS ОИЯИ, ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ обеспечить надлежащую техническую и финансовую поддержку этих работ, а также подготовки к последующему участию в выполнении научной программы эксперимента.

Комитет рассмотрел состояние ряда экспериментов, одобренных к завершению в 2002 г. ПКК высоко оценил большой вклад ОИЯИ в разработку и создание дрейфовых камер установки NADES, электроники считывания информации с них и математического обеспечения для обработки экспериментальных данных и рекомендовал продление этой работы с первым приоритетом до конца 2005 г. ПКК рекомендовал продолжить участие ЛВЭ в проекте CERES/NA-45 с первым приоритетом до конца 2005 г. при условии продолжения в ЦЕРН эксперимента NA-45. ПКК принял к сведению отчет по проекту MAPUSЯ и информацию о трудностях с привлечением специалистов и поддержкой проекта в 2000–2002 гг. ПКК рекомендовал скоординировать научные цели этого проекта с задачами других экспериментов в рамках разработки согласованной научной программы исследований на нуклотроне. ПКК рекомендовал продолжить работы по проекту второго приоритета «Лидирующие частицы» до конца 2005 г.

ПКК принял к сведению отчет по проекту «Разработка ускорителей для радиационных технологий» и с удовлетворением отметил, что новые соглашения ОИЯИ с USTC (Хэфэй, Китай) и MUS (Токио, Япония) усиливают международную значимость разработок ускорителей для радиационных технологий и предусматривают финансирование этих работ из внебюджетных источников на следующие три года. ПКК рекомендовал продление этой работы со вторым приоритетом до конца 2005 г.

ПКК с интересом заслушал доклад «Перспективы участия ОИЯИ в проекте TESLA» и предложил заинтересованным научным группам в ОИЯИ проработать направления, в которых они могли бы внести вклад в создание детектора, ускорителя и разработку физической программы TESLA. ПКК предложил представить соответствующий проект на одной из будущих сессий.

Комитет дал высокую оценку эксперименту BOREXINO с точки зрения изучения фундаментальных свойств нейтрино, электрона и нуклона, отметив, что детектор BOREXINO обладает высокой чувствительностью к распаду электрона по SUSY-каналу $e \rightarrow \gamma + \nu$ и к магнитному моменту нейтрино, и поблагодарил О. Ю. Смирнова за интересный доклад.

ПКК выразил благодарность профессору Т. Холману за плодотворную деятельность в качестве председателя ПКК по физике частиц и рекомендовал Ученому совету ОИЯИ продлить его полномочия председателя на три года.

16-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 18–19 апреля под председательством доктора Х. Лаутера.

ПКК заслушал информацию главного ученого секретаря В. М. Жабицкого о рекомендациях 91-й сессии Ученого совета (январь 2002 г.), касающихся вопросов физики конденсированных сред, а также о деятельности ПКК.

ПКК принял к сведению доклад В. Д. Ананьева о текущем состоянии реактора ИБР-2 и выполнении плана модернизации. ПКК отметил задержку платежей со стороны бюджета ОИЯИ, в то время как финансовая поддержка Минатома осуществляется регулярно. ПКК поддержал планы привлечения новых специалистов на реактор за счет улучшения жилищных условий и премирования. Основная рекомендация ПКК — это ликвидация разрыва в финансировании основных этапов графика модернизации за счет ОИЯИ. ПКК констатировал, что модернизированный реактор с широкополосным холодным замедлителем представляет для экспериментаторов уникальные возможности. В связи с этим ПКК рекомендовал на следующей сессии в ноябре 2002 г. заслушать доклад А. В. Белушкина о программе работ по замедлителю и связанным с ним спектрометрам. ПКК принял к сведению доклады А. В. Петренко и А. И. Куклина, которые касались модернизации рефлектометра СПН и установки малоуглового рассеяния ЮМО. ПКК отметил важность проводимой работы и первые результаты, достигнутые на установках СПН и ЮМО.

На сессии были представлены научные доклады: «Функциональные материалы» (Р. Цивински), «3-мерная поляриметрия в нейтронной рефлектометрии» (Б. Топерверг), «Молекулярный механизм зрительной рецепции» (М. А. Островский), «Конформная прогонная радиотерапия внутричерепных опухолей в Дубне» (Е. И. Лучин), «Радиоаналитические исследования в ЛНФ, вклад в науку о живом» (М. В. Фронтасьева). Первые три доклада имеют отношение к установке ИБР-2, и их выводы должны найти применение в работе экспериментальных установок ОИЯИ и поддержку со стороны лаборатории. Темам следующих двух докладов необходимо дать адекватную поддержку со стороны соответствующих лабораторий.

ПКК заслушал информацию о предложениях лабораторий в научную программу ОИЯИ по теме «Физика конденсированных сред на период 2003–2009 гг.», представленную А. В. Белушкиным (ЛНФ), Е. А. Красавиным (ОРРИ), Н. М. Плакидой (ЛТФ),

С. Н. Дмитриевым (ЛЯР). ПКК поддержал представленные исследовательские программы. В частности, исследовательская программа, касающаяся модернизации ИБР-2 вместе с широкополосным замедлителем, представляющая собой развитие экспериментального оборудования, является центральной задачей в ОИЯИ.

ПКК принял к сведению доклад И. Н. Мешкова «Статус базовых установок и исследования по физике и технике ускорителей в ОИЯИ». ПКК рекомендовал авторам проекта ДЭЛСИ представить первую часть исследовательской программы, являющейся комплементарной между исследованиями с нейтронами и синхротронным излучением, с целью оценить вклад ДЭЛСИ в физику конденсированных сред.

ПКК заслушал информацию М. В. Авдеева о результатах проведения «Школы по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения» (8 февраля — 7 марта 2002 г.). ПКК принял к сведению информацию, представленную М. Балашою, о рабочем совещании ОИЯИ–Румыния (18–22 марта 2002 г.), посвященном современным материалам и их характеристикам.

16-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 22–23 апреля под председательством профессора Н. Роули.

Члены ПКК заслушали отчет о выполнении рекомендаций 15-й сессии ПКК, информацию о резолюции 91-й сессии Ученого совета ОИЯИ (январь 2002 г.), о решениях Комитета Полномочных Представителей (март 2002 г.) и о подготовке программы научных исследований ОИЯИ на 2003–2009 гг. Председатель ПКК поздравил коллектив ЛЯР с ускорением ${}^6\text{He}$ (проект DRIBs) и с первыми экспериментами, связанными с химией элемента $Z = 112$.

Базовые установки ОИЯИ. Заслушав доклад о положении дел по базовым установкам ОИЯИ, ПКК отметил широкий спектр исследований по физике и технике ускорителей в ОИЯИ. Однако, учитывая большое число предстоящих новых исследований, ПКК выразил озабоченность тем, что ресурсы Института рассредоточены, и рекомендовал сконцентрироваться на совершенствовании наиболее уникальных проектов и установок.

Ядерная физика с помощью нейтронов. Заслушав сообщение о предложениях по программе исследований ЛНФ в области ядерной физики на 2003–2009 гг., ПКК отметил, что она сконцентрирована на изучении нарушения четности и несохранения временной инвариантности, которое должно проводиться на ИРЕН. ПКК предложил представить на следующей сессии более детально программу по измерению длины нейтрон-нейтронного рассеяния, нейтрон-ядерных взаимодействий и электромагнитных свойств нейтрона.

ПКК удовлетворен тем, что подготовка к демонтажу реактора ИБР-30 идет в соответствии с графиком, однако отметил, что появились дополнительные задержки с реализацией проекта ИРЕН и рекомендовал оказывать регулярное финансирование и постоянную поддержку техническим службам ИРЕН для завершения проекта в срок.

ПКК заслушал предложение по созданию в Дубне подкритической системы, управляемой пучком протонного ускорителя с энергией 660 МэВ, и отметил важность этого проекта с точки зрения изучения актуальных проблем получения энергии и трансмутации ядерных отходов.

Физика тяжелых ионов. Заслушав программу научных исследований ЛЯР на 2003–2009 гг., ПКК выразил поддержку продолжению проводимых этой лабораторией работ по модернизации циклотронного комплекса, синтезу экзотических ядер и исследованию их ядерных и химических свойств, изучению ядерных реакций со стабильными и радиоактивными пучками и по прикладным исследованиям.

Отметив прогресс в реализации проекта DRIBs (фаза I), ПКК считает, что фазу II следует завершить быстро, и рекомендовал оказывать всемерную поддержку всех аспектов проекта. ПКК одобрил представленную программу первых экспериментов на DRIBs, а также рекомендовал оказывать всестороннюю поддержку проекту MASHA, который позволит провести прямое определение массы ($\Delta m/m \approx 0,1\%$) и более детальное изучение химических и физических свойств сверхтяжелых элементов.

Комитет отметил успешное проведение химических исследований сверхтяжелых элементов с $Z = 114$ и 112 и рекомендовал всемерно поддерживать и выполнять эти работы с высоким приоритетом.

Физика низких и промежуточных энергий. Заслушав план научных исследований ЛЯП на 2003–2009 гг., ПКК подчеркнул важность изучения слабых процессов в редких процессах, ориентированных на поиск новой физики за рамками стандартной модели. ПКК поддержал эти работы, в частности такие проекты, как NEMO-3 и TGV-2 для поиска 2β -распада и безнейтринного 2β -распада различных ядер, и программу ANCOR по изучению слабого взаимодействия в β -распаде ядра и процесса мюонного захвата.

ПКК одобрил участие ЛЯП в разработке детекторов нового поколения для эксперимента «Majorana» в области физики нейтрино и дал высокую оценку теоретической поддержке всех этих работ. ПКК отметил также перспективность работ по получению легких мезонов в протон-нуклонных соударениях и изучению кумулятивных процессов в протон-ядерных взаимодействиях (ANKE, COSY) и эксперимента по β -распаду пиона.

ПКК заслушал отчет о работе фазотрона в 2001 г. и отметил достигнутый прогресс на первых двух эта-

пах его модернизации. ПКК ожидает результатов проработки вопросов по внешней инжекции, рекомендовав представить доклад по физическому обоснованию этого этапа и о его возможных преимуществах для проводимых на фазотроне экспериментов.

Эксперименты на фазотроне по взаимодействию низкоэнергетических пионов (DUBVO), поиску аномальной скалярной частицы в мюонном распаде («Familon»), мюонному катализу («Catalysis»), изучению процесса захвата мюона («Muon») и ядерно-спектроскопическим исследованиям с использованием масс-сепаратора (YASNAPP) будут продолжены в эти годы.

Программа исследований ЛТФ. ПКК поддержал представленный план по развитию научно-исследовательской программы ЛТФ по физике ядра на 2003–2009 гг. и подчеркнул важность теоретических исследований для всей научной деятельности ОИЯИ. Комитет дал высокую оценку сотрудничеству ЛТФ с экспериментальными и теоретическими группами ОИЯИ и зарубежных научных центров, а также с Учебно-научным центром по подготовке молодых ученых.

Образовательная программа ОИЯИ. ПКК, приняв к сведению представленные планы по образовательной программе ОИЯИ на 2003–2009 гг., выразил поддержку деятельности по привлечению и подготовке студентов и молодых ученых, которые необходимы для дальнейшей успешной реализации научной программы ОИЯИ.

Лаборатория информационных технологий. ПКК принял к сведению предложения ЛИТ в программу научных исследований ОИЯИ на 2003–2009 гг. Предложения нацелены на удовлетворение потребностей ОИЯИ в области сетевой и вычислительной инфраструктуры, а также на развитие работ по вычислительной физике. Комитет с удовлетворением отметил улучшение ситуации с локальной и внешней информационными сетями и рекомендовал предпринимать постоянные усилия для адекватного финансирования совершенствования, повышения надежности и безопасности вычислительной и сетевой инфраструктуры. ПКК заслушал предложение по новой теме «Информационное, компьютерное и сетевое обеспечение деятельности ОИЯИ» и поддержал ее открытие с 2003 г.

Радиационная терапия. ПКК заслушал сообщение о конформной протонно-радиационной терапии, в котором были продемонстрированы ее преимущества. Комитет рекомендовал создать соответствующую организационную структуру для проведения протонной терапии по запросам медицинских учреждений.

Научные доклады. Члены ПКК заслушали два научных доклада: «Обобщение метода Струтинского» (В. В. Пашкевич) и «Первые результаты, полученные с помощью детектора нейтронов высоких энергий HEND на космическом аппарате NASA

2001 «Mars Odissey», перспективы сотрудничества» (В. Н. Швецов) — и высоко оценили представленные в них результаты.

18-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 11–12 ноября под председательством профессора Т. Холлмана.

Программно-консультативный комитет по физике частиц с одобрением воспринял информацию, представленную вице-директором ОИЯИ А. Н. Сисакином, о рекомендациях 92-й сессии Ученого совета ОИЯИ (июнь 2002 г.) и о завершении подготовки первой редакции проекта научной программы физических исследований в ОИЯИ в области физики высоких энергий на следующие 7 лет (2003–2009 гг.). ПКК выразил поддержку своевременным и целенаправленным усилиям дирекции ОИЯИ по выработке прочного и конкурентоспособного научного фундамента будущего Института и назвал представленный проект большим шагом к окончательному варианту долгосрочной программы.

ПКК отметил, что ясное определение научного будущего Института, и особенно в период после 2006 г., когда начнет работать ЛНС, требует дальнейшей проработки. ПКК также выразил мнение, что в рамках долгосрочной программы было бы уместным обсуждение общей структуры ОИЯИ. Учитывая уровень ресурсов, необходимых для участия в крупных проектах по физике частиц в будущем, ПКК считает, что реструктуризация помогла бы устранить дублирование усилий и программ в Институте и сделала бы научную деятельность ОИЯИ более эффективной и целенаправленной в целом.

ПКК с интересом заслушал предложения по физике элементарных частиц и релятивистской ядерной физике в проект «Научной программы развития ОИЯИ на 2003–2009 гг.», представленные директором ЛВЭ А. И. Малаховым, директором ЛТФ А. Т. Филипповым, директором ЛФЧ В. Д. Кекелидзе, директором ЛЯП Н. А. Русаковичем и директором ЛИТ И. В. Пузыниным. В целом все проекты, включенные в программу, нуждаются в тщательной оценке их научной значимости и запрашиваемых ресурсов с точки зрения научных целей ОИЯИ в 2003–2009 гг. ПКК считает, что было бы полезным начать обсуждение научных задач Института также и на период после 2009 г. Это важно, так как некоторые текущие эксперименты закончатся или изменят свой статус в 2006–2007 гг.

ПКК с удовлетворением заслушал перспективный план организации, обеспечения и развития учебного процесса университетского типа в ОИЯИ, представленный директором УНЦ ОИЯИ С. П. Ивановой. ПКК полностью поддержал это направление деятельности Института как средство привлечения и подготовки молодых ученых и студентов, необходимых для успешного выполнения научной программы ОИЯИ.

ПКК рассмотрел ряд предложений по новым проектам (PHENIX, «Термализация», ТУС, «Беккерель») и рекомендовал одобрить их для выполнения с первым приоритетом до конца 2005 г. ПКК рекомендовал одобрить также открытие двух новых тем: «Информационное, компьютерное и сетевое обеспечение деятельности ОИЯИ» и «Современная математическая физика» для выполнения с первым приоритетом до конца 2007 г.

ПКК отметил, что авторы проекта МАРУСЯ представили исправленный вариант предложения, в котором учли замечания прошлой сессии ПКК и дирекции ЛВЭ. ПКК рекомендовал продолжить работу по проекту МАРУСЯ с первым приоритетом до конца 2005 г.

ПКК принял к сведению доклад «Перспективный скоординированный план научно-технического развития ускорительного комплекса нуклотрона на период 2003–2005 гг.». ПКК отметил значительные достижения в развитии этой базовой установки в течение последних лет и рекомендовал продолжить тему «Развитие ускорительного комплекса нуклотрон» с первым приоритетом до конца 2003 г. В то же время ПКК выразил пожелание, чтобы специальная комиссия, состоящая из независимых экспертов внешних организаций, сделала соответствующую оценку научного потенциала нуклотрона в течение ближайших шести месяцев. Эта независимая экспертиза станет основой для установления приоритета по программе развития нуклотрона.

ПКК высоко оценил масштабное участие ОИЯИ в создании детектора и анализе физических данных, представленное в докладе об эксперименте DELPHI на LEP (ЦЕРН). За более чем десятилетний срок успешной работы в этом эксперименте были получены многие выдающиеся физические результаты. Учитывая планы по анализу физических данных, набранных в эксперименте DELPHI, ПКК рекомендовал продлить участие ОИЯИ в этом эксперименте с первым приоритетом до конца 2005 г.

ПКК принял к сведению:

- отчет по теме «Теоретические и экспериментальные исследования электроядерного способа получения энергии и трансмутации радиоактивных отходов и рекомендовал ее продление с первым приоритетом до конца 2005 г.;
- отчет об участии ОИЯИ в проекте D0 (FNAL). Комитет с удовлетворением отметил, что группа ОИЯИ сделала значительный вклад в модернизацию установки D0, изготовив детекторы и электронику для передней мюонной трековой системы, а также имеет интересные предложения (в области КХД и b -физики) в физическую программу эксперимента;
- отчет об участии ОИЯИ в проекте CDF (FNAL) и с удовлетворением отметил, что в ОИЯИ группа CDF внесла крупный вклад в оснащение этой установки уникальными новыми де-

- текторами и не имеющими аналога триггерными комплексами, имеет актуальную долгосрочную программу исследований на тэватроне FNAL и уже начала первичную обработку данных по этой программе. ПКК рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в экспериментах D0 и CDF с первым приоритетом до конца 2005 г.;
- отчет об участии ОИЯИ в проекте STAR (BNL). ПКК отметил значительный вклад ОИЯИ в создание и подготовку к предстоящему запуску центральной и передней частей электромагнитного калориметра установки STAR и высоко оценил успешную работу большой группы специалистов ОИЯИ, работающих в США, а также усилия физиков ОИЯИ по созданию программного обеспечения систем ЕМС. ПКК рекомендовал продолжить участие в этом эксперименте с первым приоритетом до конца 2005 г.;
 - отчет об участии ОИЯИ в проекте HERA-B (DESY). ПКК с удовлетворением отметил существенный прогресс в получении новых экспериментальных результатов на установке HERA-B в рамках пересмотренной физической программы и рекомендовал продолжить эту работу с первым приоритетом до конца 2005 г.;
 - отчет об участии ОИЯИ в проекте NA-49 (ЦЕРН) и рекомендовал продолжить участие в этом проекте с первым приоритетом до конца 2005 г.;
 - отчет по проекту ДИСК (ОИЯИ) и рекомендовал продолжить эту работу с первым приоритетом до конца 2005 г. Однако ПКК выразил озабоченность, что слабый прогресс в этом эксперименте может быть связан с тем, что его участники заняты в других проектах;
 - отчет об участии ОИЯИ в проекте WASA (Университет г. Упсала) и рекомендовал продолжить эту работу со вторым приоритетом до конца 2005 г. при условии его финансирования из внебюджетных источников;
 - отчет об участии ОИЯИ в проекте NARP, PS-214 (ЦЕРН) и с удовлетворением отметил, что за 17 месяцев создана крупная экспериментальная установка и в 2002 г. на ней завершен набор данных по образованию адронов адронами в широком интервале энергий на различных мишенях. ПКК рекомендовал продолжить участие в этом эксперименте с первым приоритетом до конца 2004 г.;
 - письменный отчет об участии ОИЯИ в проекте NOMAD (ЦЕРН) и рекомендовал продолжить эту работу с первым приоритетом до конца 2003 г.;
 - письменный отчет по проекту NIS (ОИЯИ). ПКК отметил, что коллективу эксперимента

и дирекции следует приложить необходимые усилия для ускорения завершающей стадии создания установки, и рекомендовал продолжить эту работу с первым приоритетом до конца 2005 г.;

- письменный отчет по проекту PoLiD (ОИЯИ) и рекомендовал продолжить работу со вторым приоритетом до конца 2005 г. при условии, что финансирование будет осуществляться из средств, выделяемых Чешской Республикой целевым образом;
- предложение дирекции ЛФЧ и рекомендовал продолжение работы по проекту «Разработка элементов будущих коллайдеров (проекты LHC, TESLA, CLIC)» на один год до конца 2003 г. с первым приоритетом;
- письменный отчет по проекту КАППА (ОИЯИ) и рекомендовал продолжить работу с первым приоритетом до конца 2003 г.

ПКК сделал ряд замечаний общего характера по подготовке и оформлению проектов. Комитет считает, что авторам проектов следует строже придерживаться «Правил подготовки предложений» и, кроме того, предоставлять краткое резюме проектов, содержащее наиболее существенную информацию. ПКК рекомендовал в этих правилах более четко определить процедуру продления действующих экспериментов. Предложения продления текущих экспериментов должны делаться в целом так же, как и предложения новых экспериментов. В документах особое внимание должно быть уделено: прогрессу в технической части проекта; достигнутым физическим результатам; причинам, по которым для выполнения первоначальных физических задач требуется дополнительное время; дополнительным физическим задачам, если они появились; планируемым изменениям в установке; требуемым дополнительным ресурсам; в больших международных коллаборациях — достижениям и вкладу стран-участниц.

ПКК с интересом заслушал два информационных сообщения: «Предложение группы Турин—ОИЯИ по созданию большого трекового детектора RICH Wall» (А. Маджора) и «Поиск частиц темной материи с помощью германиевых детекторов» (В. А. Бедняков).

17-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 14–15 ноября под председательством профессора Н. Роули.

Члены ПКК заслушали отчет о выполнении рекомендаций 16-й сессии ПКК и информацию о резолюции 92-й сессии Ученого совета ОИЯИ (июнь 2002 г.). Комитет рассмотрел программы исследований по ядерной физике ЛЯР, ЛНФ, ЛЯП, ЛТФ и ЛИТ как составные части общего документа «Научная программа развития Объединенного института ядерных исследований на 2003–2009 гг.» и рекомендовал одобрить основные направления представлен-

ных программ развития исследований по ядерной физике.

Физика тяжелых ионов. В дополнение к предложенной экспериментальной программе, ПКК считает, что использование многодетекторного гамма-спектрометра существенно расширит работы по спектроскопии как сверхтяжелых ядер, так и экзотических ядер на радиоактивных пучках. ПКК рекомендовал реализовать проект масс-сепаратора MASHA с высоким приоритетом. Комитет считает, что модернизация циклотрона У-400 и подготовка экспериментального оборудования необходимы для синтеза сверхтяжелых ядер и эффективной работы с радиоактивными пучками. Достижением является пуск первой части ускорительного комплекса DRIBs, т. е. получение пучка ${}^6\text{He}$. Однако из-за недостаточного финансирования вывод пучка из У-400 и начало экспериментов отложено по крайней мере на полгода. Для обеспечения конкурентоспособности проекта DRIBs не следует допускать дальнейших задержек и своевременно предоставлять финансирование обоих этапов этого проекта.

ПКК отметил, что получены обнадеживающие результаты по синтезу сверхтяжелых ядер с $Z = 118$, и пожелал успехов ЛЯР в продолжении этого эксперимента.

Нейтронная ядерная физика. Поддержав научную программу ЛНФ по ядерной физике, наивысший приоритет ПКК отдал экспериментам по исследованию фундаментальных симметрий и их возможных нарушений, по изучению свойств нейтрона и основных взаимодействий с нейтронами. Программа, касающаяся нейтронных источников высокого разрешения, включает исследования несохранения T -инвариантности, основных свойств нейтронных резонансов, деления ядер и электромагнитных свойств нейтрона. Эти эксперименты будут проводиться как на базовых установках ОИЯИ (ИРЕН, ИБР-2), так и на установках других научных центров.

Программа, касающаяся источников нейтронов высокой интенсивности, включает эксперименты по физике и оптике УХН в ILL (Гренобль) и PSI (Виллиген), в частности, нейтронно-гравитационные эксперименты, а также эксперимент по прямому измерению амплитуды nn -рассеяния на реакторе ЯГУАР в Снежинске (РФ). ПКК отметил, что своевременное завершение проекта ИРЕН, включая модернизацию экспериментального оборудования и электроники, необходимо для реализации этой интересной программы. ПКК просит представить доклады по первым экспериментам, которые планируется провести на ИРЕН.

Физика низких и промежуточных энергий. ПКК отметил, что программа ЛЯП включает актуальные эксперименты по исследованию редких и запрещенных стандартной моделью процессов, по физике нейтрино и слабым взаимодействиям, по изучению меха-

низмов ядерных реакций и структуры ядер, а также разработку новых установок. Программа охватывает широкую область физических исследований и решается как на фазотроне ОИЯИ, так и на лучших в мире базовых установках других научных центров. ПКК рекомендовал проанализировать еще раз приоритеты этих экспериментов на случай недостатка финансирования, а также представить на следующей сессии общий доклад о состоянии дел и предпринимаемых усилиях по исследованию двойного β -распада ядер.

Предложения новых экспериментов. «Прямое сравнение электрических зарядов электрона и позитрона на накопителе ЛЕПТА». У комитета возникли серьезные замечания к представленному проекту, поэтому следует рассмотреть также возможность постановки других экспериментов на накопителе ЛЕПТА.

«Измерение магнитного момента нейтрино на реакторе Калининской АЭС с помощью спектрометра GEMMA». ПКК заслушал предложение ученых из ОИЯИ и ИТЭФ (Москва) о новом эксперименте по измерению магнитного момента нейтрино с чувствительностью $3 \cdot 10^{-11}$ $\mu\text{В}$. Поскольку эксперимент может установить новые границы в области физики нейтрино, ПКК рекомендовал подготовить проект полностью к следующему заседанию.

«Предложение по созданию на базе фазотрона ЛЯП прототипа электроядерной установки для исследований трансмутации радиоактивных отходов (проект SAD)». ПКК отметил прогресс в конструировании нового канала пучка на фазотроне ЛЯП для тестирования подкритической сборки (SAD). Рассматривая проект SAD как важный шаг в исследовании трансмутации радиоактивных отходов, ПКК рекомендовал представить его с детальными техническими и финансовыми оценками на следующей сессии.

Лаборатория теоретической физики. ПКК одобрил программу исследований ЛТФ на ближайшие семь лет и высоко оценил помощь, оказываемую Учебно-научному центру ОИЯИ со стороны этой лаборатории по подготовке молодых ученых. Комитет еще раз подчеркнул необходимость постоянной теоретической поддержки экспериментальных работ, проводимых в ОИЯИ, и рекомендовал обеспечить ЛТФ вычислительной мощностью, достаточной для ее успешной деятельности.

Лаборатория информационных технологий. ПКК отметил существенное улучшение ситуации с вычислительной и информационной инфраструктурой ОИЯИ и рекомендовал особое внимание уделить созданию внутренней и внешней сетей с пропускной способностью 1 Гб/с, обеспечению их безопасности. Эти работы должны быть обеспечены адекватным финансированием.

Образовательная программа ОИЯИ. ПКК дал высокую оценку деятельности УНЦ в рамках образовательной программы ОИЯИ, способствующей под-

готовке молодых ученых и укреплению связей со странами-участницами Института. Финансирование этой деятельности следует определить в окончательном варианте научной программы ОИЯИ на 2003–2009 гг.

Научные доклады. ПКК с интересом заслушал два научных доклада: «Математическое моделирование физических процессов, вызываемых в веществе частицами и ионами, и математические эксперименты с электроядерными установками» (В. С. Барашенков) и «Кластерные черты в ядерных реакциях и структуре тяжелых ядер» (Р. В. Джолос).

17-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 21–22 ноября под председательством профессора Х. Лаутера.

Главный ученый секретарь ОИЯИ В. М. Жабицкий сделал доклад о рекомендациях Ученого совета ОИЯИ по физике конденсированных сред, а также объявил о назначении доктора Н. Попа (Румыния) на должность заместителя директора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка и об утверждении доктора Д. Надя (Венгрия) членом Ученого совета ОИЯИ. Обсуждения на сессии ПКК были сосредоточены на следующих вопросах.

Реактор ИБР-2. В. Д. Ананьев (ЛНФ) сообщил о состоянии дел по модернизации реактора ИБР-2. ПКК с глубоким удовлетворением отметил повышение надежности работы реактора и продвижение в выполнении программы модернизации ИБР-2, предполагающей как замену подвижного отражателя, так и полную модернизацию реактора в период 2007–2009 гг.

Комитет еще раз приветствовал своевременный вклад со стороны Минатома в финансовую поддержку модернизации реактора ИБР-2 и выразил озабоченность относительно задержек с выплатами из бюджета ОИЯИ. ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ восстановить недостаток общего финансирования, соблюдение графика работ до конца 2002 г. и выразил поддержку плана по обеспечению реактора новыми кадрами через образовательную программу подготовки инженерных кадров при филиале МИРЭА в Дубне. ПКК поддержал продление темы «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2» с первым приоритетом до конца 2007 г.

Криогенная установка реактора ИБР-2. ПКК принял к сведению сообщение В. Д. Ананьева (ЛНФ) о подписании контракта с предприятием «Гелиймаш» на разработку технического проекта и конструкторской документации криогенно-гелиевой установки КГУ-500. Комитет полагает, что к запуску реактора в 2004 г. новая криогенная установка (модернизированный рефрижератор типа КГУ-500) будет готова для работы в тех циклах, в которых будет работать существующий холодный источник.

Криогенный замедлитель (широкополосный источник) реактора ИБР-2. ПКК принял к сведению доклад Е. П. Шабалина (ЛНФ) о существующем замедлителе на основе твердого метана и о планах по исследованию нового твердого замедлителя. Концепция твердометанового замедлителя, разработанная в ЛНФ, дает значительный выигрыш по сравнению с любыми другими холодными замедлителями. ПКК поддержал планы использовать существующий холодный замедлитель в период 2004–2007 гг. Комитет готов обсуждать предложения для оптимизации широкополосного источника с точки зрения его использования на спектрометрах.

Спектрометры. ПКК принял к сведению доклад А. И. Куклина (ЛНФ), посвященный обновлению спектрометра малоуглового рассеяния ЮМО, а также доклад В. Л. Аксенова (ЛНФ) о том, что модернизация рефлектометра СПН-1 успешно завершена и модернизированный рефлектометр назван РЕМУР. ПКК поблагодарил А. И. Куклина за его вклад в обновление малоуглового спектрометра и, в особенности, за обеспечение установки новым двухкоординатным детектором, поздравил В. Л. Аксенова и научный коллектив спектрометра РЕМУР за успешный ввод в эксплуатацию рефлектометра.

Научная программа развития ОИЯИ на 2003–2009 гг. в области физики конденсированных сред. ПКК принял к сведению представленные предложения дирекций лабораторий в «Научную программу развития ОИЯИ на 2003–2009 гг.» в области физики конденсированных сред: А. В. Белушкиным от ЛНФ им. И. М. Франка, Е. А. Красавиным от ОРРИ, Д. Блашке от ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова и С. Н. Дмитриевым от ЛЯР им. Г. Н. Флерова.

ПКК отметил, что исследования в области конденсированных сред в ОИЯИ традиционно сосредоточены вокруг нейтронных методов и направлений. Однако реально в ОИЯИ также существуют μ SR-метод, активационный анализ в комбинации с наукой о живом, EXAFS-спектроскопия и трехмерная томография с использованием конфокальной лазерной микроскопии и направления, связанные с рентгеновским анализом, включая проект ДЭЛСИ. Комитет считает, что необходима координация всех направлений деятельности и это должно найти отражение в «Научной программе развития ОИЯИ на 2003–2009 гг.» Кроме того, в ней должен быть четко обозначен план создания ведущего центра по физике конденсированных сред. Этот центр должен взять на себя исследования в области прикладной физики в широком смысле этого понятия. ОИЯИ стоит сделать такой шаг, который, по мнению ПКК, уже перекликается с интересами Минатома.

Директор ЛНФ А. В. Белушкин в своем докладе предложил современную научную программу в семилетний план развития ОИЯИ на 2003–2009 гг. В ней были четко отмечены трудности, касающиеся инструментария, которые могут повлиять на вы-

полнение такой амбициозной программы. Отмечено также, что работа реактора ИБР-2 недооценена. Этот реактор может быть поставлен в один ряд с реакторами ILL и ISIS и относится к группе лидирующих нейтронных центров во всем мире. Подчеркнута необходимость улучшения работы спектрометров благодаря использованию нейтронно-оптических элементов, таких как нейтроноводы и фокусирующие элементы, а также дальнейшего прогресса в разработке мультidetекторов, если стремиться к получению на спектрометрах результатов мирового уровня.

Начальник ОРПИ Е. А. Красавин представил научную программу в области радиобиологии, включающую радиационную генетику и фотобиологические процессы, что нашло отражение в «Научной программе развития ОИЯИ на 2003–2009 гг.». ПКК отметил важность и актуальность этой программы.

Зам. директора ЛТФ Д. Блашке в своем докладе дал описание новой структуры ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова и представил деятельность лаборатории в области физики конденсированных сред, особо метив тему бозе-эйнштейновской конденсации в ловушках и квантовых точках и проводах. Представленная программа имеет очень высокий уровень и интересна с точки зрения как нейтронного рассеяния, так и физики конденсированных сред в целом.

Зам. директора ЛЯР С. Н. Дмитриев в своем докладе дал описание искусственно созданных новых материалов, таких как прошитые треками заряженных частиц мембраны и наноструктурированные поверхности, нанопровода или наноцилиндры. Эта очень интересная область исследований была полностью поддержана ПКК.

Заключительная рекомендация по «Научной программе развития ОИЯИ на 2003–2009 гг.». Приняв во внимание доклады, отражающие различные направления «Научной программы развития ОИЯИ на 2003–2009 гг.», ПКК по физике конденсированных сред полностью одобрил основные направления этой программы, касающиеся исследований с использованием нейтронов в ЛНФ им. И. М. Франка, радио-

биологических исследований в ОРПИ, теоретических исследований конденсированного состояния в ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова и науки о материалах в ЛЯР им. Г. Н. Флерова. ПКК обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой представить единую концепцию научной программы ОИЯИ в области конденсированных сред на основе исследований, проводимых во всех лабораториях ОИЯИ. Концепция должна содержать по возможности полный обзор актуальных направлений и обозначить развитие деятельности в области конденсированных сред.

Научные доклады. В. А. Соменков (РНЦ «Курчатовский институт») представил обзор «Нейтроннография при высоких давлениях». Современные темы, касающиеся изучения оксидных сверхпроводников, магнитных систем, GMR-эффекта, — та область, которая может развиваться дальше, если соответствующие нейтронные спектрометры будут оптимизированы.

В. А. Осипов (ЛТФ) выступил с докладом «Топологические дефекты в микрокристаллах». Его теоретические исследования топологических дефектов фуллеренов и графитовых зерен показали, что это актуальная задача для нейтронных исследований. Этот доклад продемонстрировал координацию действий между Лабораторией теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова и Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка.

С. И. Тютюнников (ЛФЧ) представил доклад «EXAFS-спектроскопия на источнике синхротронного излучения “Сибирь-2”», в котором упоминается «сканирующий конфокальный микроскоп» — прибор для комплементарных исследований по нейтронному рассеянию. Не у многих научных центров есть возможность иметь такой прибор.

Доклад В. Л. Аксенова о результатах рабочего совещания по экспериментам на ИБР-2 (Дубна, 17–19 июня 2002 г.) был принят к сведению. ПКК полностью поддержал идею ежегодного проведения такого рабочего совещания и его открытости для международного сообщества.

ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Авторский коллектив: Л. А. Пастур, С. В. Пелетминский, В. Г. Кадышевский — удостоен **премии им. академика Н. Н. Боголюбова** 2001 г., учрежденной Национальной академией наук Украины, за цикл работ «Теория поля и теория неупорядоченных систем». Вручение дипломов состоялось на Общем собрании Национальной академии наук Украины 5 апреля 2002 г.

Указом Президента РФ от 5 августа 2002 г. **Государственная премия Российской Федерации 2001 г. в области науки и техники** присуждена коллективу ученых, в числе которых И. Н. Мешков — член-

корреспондент Российской академии наук, главный инженер Объединенного института ядерных исследований, — за цикл работ «Метод электронного охлаждения пучков тяжелых заряженных частиц».

Премия им. Б. М. Понтекорво 2002 г. присуждена профессору С. М. Биленькому (ОИЯИ) за выдающийся вклад в теоретические исследования в области осцилляций нейтрино.

Премия им. Н. Н. Боголюбова за 2001–2002 гг. присуждена академику А. Н. Тавхелидзе (Грузия) и профессору Й. Намбу (США) за основополагающий вклад в теорию цветных кварков.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

I. В области теоретической физики

Первая премия

«Микроскопическое описание двойных гигантских резонансов в атомных ядрах».

Авторы: В. В. Воронов, В. Ю. Пономарев.

Вторая премия

«Нелокальные конденсаты в КХД-вакууме и свойства мезонов».

Авторы: А. П. Бакулев, С. В. Михайлов, А. В. Радюшкин.

II. В области экспериментальной физики

Первая премия

«Теоретическое предсказание и экспериментальное наблюдение квантовых состояний нейтрона в гравитационном поле Земли».

Авторы: Х. Абеле, Х. Бернер, С. Бесслер, А. Н. Гагарский, В. И. Лущиков, В. В. Несвижевский, А. К. Петухов, А. В. Стрелков.

Вторые премии

«Нейтроннографические исследования структуры и динамики конденсированных сред при высоких давлениях».

Авторы: В. Л. Аксенов, А. М. Балагуров, В. П. Глазков, Д. П. Козленко, С. Л. Платонов, Б. Н. Савенко, В. А. Соменков.

«Экспериментальное и теоретическое исследование процессов слияния-деления сверхтяжелых ядерных систем».

Авторы: Я. Аритомо, В. М. Воскресенский, В. И. Загребаев, М. Г. Иткис, Г. Н. Княжева, Э. М. Козулин, Н. А. Кондратьев, Л. Крупа, Ю. Ц. Оганесян, Е. В. Прохорова.

III. В области научно-методических исследований

Первая премия

«Медленный вывод пучка нуклотрона».

Авторы: Б. В. Василишин, В. И. Волков, И. Б. Иссинский, В. Н. Карпинский, А. Д. Коваленко, В. А. Михайлов, В. А. Мончинский, С. А. Новиков, В. В. Селезнев, Г. Г. Ходжибагиян.

Вторые премии

«Разработка и создание модулей адронного тайл-калориметра АТЛАС, новой методики лазерного контроля их сборки и исследование их характеристик с использованием новых методов».

Авторы: Ю. А. Будагов, Ю. А. Кульчицкий, Ю. Ф. Ломакин, М. В. Ляблин, М. Несси, В. М. Романов, Н. А. Русакович, А. Н. Сисакян, Н. Д. Топилин, Д. И. Хубуа.

«Получение ускоренных пучков гелия-6 на циклотроне У-400 (первая стадия проекта DRIBS)».

Авторы: Ю. Ц. Оганесян, Г. Г. Гульбекян, В. В. Башевой, Д. Д. Богданов, С. Л. Богомоллов, Б. Н. Гикал, Г. Н. Иванов, И. В. Колесов, С. В. Пашенко, А. В. Тихомиров.

ГРАНТЫ

В 2002 г. ряд научных проектов сотрудников Объединенного института ядерных исследований получили финансовую поддержку международных фондов МНТЦ, INTAS, INTAS–RFBR, DFG, DFG–RFBR, CNRS, CNRS–RFBR, CRDF, а также фонда Министерства промышленности, науки и технологий РФ.

Минпромнауки РФ совместно с РФФИ профинансировали 4 гранта Президента РФ «Ведущие на-

IV. В области научно-технических прикладных исследований

Первая премия

«ТРИТОН — установка для проведения исследований мю-катализа ядерных реакций синтеза на фазотроне ЛЯП ОИЯИ».

Авторы: Ю. В. Виноградов, Н. Н. Графов, С. К. Гришечкин, Д. Л. Демин, В. Г. Зинов, А. Д. Конин, В. В. Перевозчиков, А. И. Руденко, В. В. Фильченков, А. А. Юхимчук.

Вторая премия

«Статистическая модель информационного трафика».

Авторы: П. Акритас, И. Антониу, В. В. Иванов, В. В. Иванов, Ю. Л. Калиновский, В. В. Кореньков, Ю. А. Крюков, П. В. Зрелов.

Поощрительная премия

«Развитие методики однокристалльной временной спектрометрии для поиска короткоживущих ядерных состояний».

Авторы: В. Г. Калинин, Н. А. Лебедев, В. А. Морозов, Н. В. Морозова, Ю. В. Норсеев, И. Н. Чурин.

учные школы». РФФИ профинансировал 75 проектов по конкурсу «Инициативные проекты», 10 проектов по конкурсу «Проекты создания и развития информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов», 1 проект по конкурсу «Программное обеспечение суперЭВМ и суперкомпьютерных центров», 2 проекта по конкурсу «Региональный конкурс 2001 года: Подмосковье». По конкурсу «Программа поддержки молодых ученых» сотрудниками Института было получено 9 грантов.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2002 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 39 темам первого приоритета и по 7 темам второго приоритета;

— для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2836 специалистов;

— для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 1364 специалиста;

— организовано и проведено 20 международных научных конференций, 14 рабочих и 12 организационных совещаний;

— в лабораториях Института работали 24 стипендиата.

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.

В канун 91-й сессии Ученого совета, в рамках которой прошло заседание круглого стола «Республика Белоруссия в ОИЯИ», в дирекции ОИЯИ руководители Института, директора лабораторий встретились с делегацией Белоруссии.

Состоялся заинтересованный обмен мнениями о развитии сотрудничества научных центров, университетов и предприятий этой республики с ОИЯИ. Группе ведущих ученых Белоруссии за большой вклад в развитие сотрудничества между ОИЯИ и научными и образовательными центрами Белоруссии

в связи с 30-летием Гомельских школ вручены почетные дипломы Объединенного института ядерных исследований.

19 января член Ученого совета ОИЯИ директор по исследованиям ЦЕРН профессор К. Детраз ознакомился с ходом работ по экспериментам COMPASS и ATLAS. Он посетил новый участок в Лаборатории физики частиц, оборудованный для производства «соломенных» трубчатых детекторов. К. Детраз был принят вице-директором ОИЯИ А. Н. Сисакином и директором ЛФЧ В. Д. Кекелидзе и имел с ними беседу по широкому кругу вопросов сотрудничества.

29 января Объединенный институт ядерных исследований посетила делегация Греции, в составе которой были генеральный секретарь по исследованиям и технологиям Министерства развития Греции Д. Дениозос, начальник отдела генерального секретариата по исследованиям и технологиям В. Мессанеос, сотрудник отдела Г. Бонас, торговый атташе посольства Греции в РФ А. Макрандреу, член Ученого совета ОИЯИ профессор Н. Джиокарис.

В дирекции ОИЯИ гостей приняли директор Института академик В. Г. Кадышевский, вице-директора профессора А. Н. Сисакян и Ц. Вылов, директора лабораторий. Директор ОИЯИ познакомил представителей Греции с основными направлениями фундаментальных и прикладных исследований, которые развиваются в Институте, в том числе с совместной работой ученых ОИЯИ и Греции над созданием детекторов для экспериментов на ЛНС в ЦЕРН. Участники встречи обменялись мнениями по широкому кругу вопросов сотрудничества, которое сегодня охватывает многие темы в исследовательском плане ОИЯИ. Подтверждены намерения вести работу, направленную на вступление Греции в ОИЯИ в качестве ассоциированного члена. Греческая делегация посетила Лабораторию ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.

С 30 января по 10 февраля в США с рабочим визитом находились директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян. Целью визита было обсуждение хода сотрудничества с научными центрами и университетами США и подготовка Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и США на правительственном уровне.

Руководители ОИЯИ посетили Национальную лабораторию им. Э. Ферми (Батавия, близ Чикаго). Они провели беседы с директором FNAL профессором М. Визереллом, заместителем директора профессором К. Стенфилдом, помощником директора по международному научно-техническому сотрудничеству Р. Рубинштейном, руководителями коллабораций CDF и D0 Ф. Бедески, Д. Беллетинни, Д. Вормслеем, Х. Виртцем и другими ведущими учеными. Американские физики отмечали значительный вклад коллег из ОИЯИ в развитие установок CDF (координатор от ОИЯИ профессор Ю. А. Будагов) и D0 (координатор от ОИЯИ Г. Д. Алексеев), в осуществление научной программы. Было подписано Соглашение (MoU) об участии ОИЯИ в эксперименте на CDF, в котором отмечено, что через Дубну в эксперименте примут участие специалисты из ряда стран-участниц ОИЯИ, а также Греции. В обсуждениях участвовали сотрудники ОИЯИ Ю. Яценунко, Г. Алексеев, Н. Скачков, А. Семенов и др.

3 февраля делегация ОИЯИ в Нью-Йорке встретилась с президентом Образовательного центра Й. Тохадзе и обсудила вопросы развития сотрудничества с ОИЯИ и университетом «Дубна» по образовательным программам.

4 и 5 февраля В. Г. Кадышевский и А. Н. Сисакян побывали в Брукхейвенской национальной лаборатории, где состоялись их встречи с директором BNL профессором П. Полом, его заместителем профессором Т. Кирком, руководителями подразделений Д. Ловенштейном, Х. Гордоном, Т. Холлманом, С. Аронсоном, С. Озаки, М. Миллером и другими учеными. Был подписан протокол к соглашению о сотрудничестве. В этом документе, наряду с конкретными примерами развития совместных работ, со стороны руководства BNL заявлена поддержка ассоциированного членства США в ОИЯИ и рекомендация заключить Соглашение ОИЯИ–DOE (Департамент по энергетике США).

На встрече были вручены дипломы почетного доктора ОИЯИ профессору С. Озаки, почетных докторов университета «Дубна» — профессорам П. Полу и Т. Холлману. Во встрече участвовал координатор от ОИЯИ сотрудничества по проекту STAR доктор физико-математических наук Ю. А. Панебратцев.

6 и 7 февраля делегация ОИЯИ находилась в Вашингтоне, где прошли встречи и переговоры с ведущими организаторами науки в США. Руководители Института встретились с исполнительным директором по международным связям националь-

ных академий США доктором Дж. Борайтом. Состоялись беседы и переговоры с советником президента США по науке и технологиям, директором отдела науки и технической политики администрации президента США профессором Дж. Марбургером, советником госсекретаря США по науке и технологиям доктором Н. Ньюрайтером, заместителем директора Национального фонда науки (NSF) по физико-математическим наукам доктором Р. Айзенштайном, директором по физике высоких энергий и ядерной физике отдела науки Департамента по энергетике (DOE) доктором П. Розеном, директором по международному научно-техническому сотрудничеству отдела науки DOE доктором Х. Джаффе. Во встречах также участвовал президент Американского университета в России и «Русского Дома» в США доктор Э. Лозанский.

На переговорах была дана высокая оценка сотрудничеству между ОИЯИ и научными центрами и университетами США и признано целесообразным подготовить Соглашение о сотрудничестве между DOE США и ОИЯИ в области науки и технологий. Разумеется, данное соглашение поднимет на новый уровень отношения между США и ОИЯИ.

8–10 февраля В. Г. Кадышевский и А. Н. Сисакян посетили государственный университет Флориды (Таллахасси). Прошли встречи и беседы с директором Национальной лаборатории сильных магнитных полей профессором Дж. Кроу, директором Института международного сотрудничества по исследованиям в области охраны окружающей среды профессором Р. Херндоном, заместителем директора института профессором М. Ханхасаевым, профессором М. Давидсоном, профессором В. Хагопяном и другими учеными. В. Г. Кадышевский и А. Н. Сисакян выступили на семинаре во Флоридском университете с докладами о научной программе ОИЯИ и о сотрудничестве ОИЯИ с научными центрами и университетами США.

С 4 по 10 февраля в Институте физики тяжелых ионов (GSI, Дармштадт) с официальным визитом находился директор Лаборатории высоких энергий ОИЯИ профессор А. И. Малахов. Физики ЛВЭ в течение длительного времени успешно сотрудничают с коллегами из этого института по нескольким направлениям. В GSI коллаборацией 18 институтов создан диплетонный спектрометр высокого разрешения HADES для экспериментов на пучках тяжелых ионов. Для этих экспериментов в ЛВЭ ОИЯИ созданы многослойные дрейфовые камеры с малым количеством вещества и высоким пространственным разрешением. В ноябре 2001 г. на установке HADES проведен первый физический сеанс. Полученные данные обрабатываются.

Совместно с Университетом г. Гейдельберга и GSI (Дармштадт) в ЛВЭ начаты работы, связанные

с созданием крупнейшего детектора переходного излучения для проекта ALICE на строящемся в ЦЕРН новом ускорителе. Профессор А. И. Малахов обсудил с дирекцией GSI и координатором проекта от университета основные вопросы соглашения по этой совместной работе. В связи с разработкой в GSI проекта нового ускорителя тяжелых ионов и антипротонов также совместно с ЛВЭ ведутся исследовательские работы по созданию быстроциклирующих сверхпроводящих магнитов. В переговорах принимал участие координатор работ от ЛВЭ ОИЯИ по проекту NADES и детектору переходного излучения профессор Ю. В. Заневский.

12-е заседание координационного комитета ВМБФ–ОИЯИ проходило 25–26 февраля. На нем с докладами о деятельности Института за 2001 г. и о программе научных исследований в 2002 г. выступили директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский и вице-директор А. Н. Сисакян. Помощник директора по финансовым и экономическим вопросам В. В. Катрасев доложил об исполнении бюджета ОИЯИ и использовании немецких средств в 2001 г.

Участники заседания обсудили текущие совместные проекты и перспективы взаимодействия между учеными Германии и ОИЯИ. На совещании обсуждались вопросы определения суммы немецкого взноса на 2002 г. и его использования, в связи с чем был выдвинут перечень проектов по теоретической, нейтронной физике, физике тяжелых ионов и физике высоких энергий, которые будут финансироваться немецкой стороной.

С 28 февраля по 2 марта и с 10 по 12 марта вице-директор Объединенного института ядерных исследований профессор А. Н. Сисакян находился с рабочими визитами в ЦЕРН. Он встретился с директором по исследованиям ЦЕРН сопредседателем совместного Комитета по сотрудничеству ЦЕРН–ОИЯИ профессором Р. Кэшмором и координатором сотрудничества ЦЕРН с российскими научными центрами Н. Кульбергом. Были обсуждены вопросы сотрудничества по экспериментам ATLAS, ALICE, CMS, COMPASS, организации совместных выставок «Наука сближает народы», ряд других вопросов.

11 марта в торжественной обстановке А. Н. Сисакян от имени дирекции ОИЯИ вручил почетные дипломы и памятные подарки Объединенного института ядерных исследований сопредседателю совместного Комитета по сотрудничеству ЦЕРН–ОИЯИ профессору Д. Аллаби и главному редактору журнала «CERN Courier» доктору Г. Фрезеру. Этих наград сотрудники ЦЕРН, ушедшие недавно на заслуженный отдых, были удостоены за большой вклад в развитие сотрудничества с ОИЯИ.

В научной конференции, посвященной 40-летию Латиноамериканского центра физики (ЛАЦФ), кото-

рая проходила в Рио-де-Жанейро, приняли участие и выступили с докладами директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский, помощник директора по международным связям профессор П. Н. Боголюбов, болгарский ученый, член Ученого совета ОИЯИ профессор М. Матеев. По договору о сотрудничестве между ОИЯИ и ЛАЦФ в настоящее время в Дубне работают три стипендиата из латиноамериканских стран. Представители ОИЯИ провели на конференции переговоры с коллегами из ЦЕРН, Испании, встретились с кубинскими учеными, работавшими в ОИЯИ.

27 марта Объединенный институт ядерных исследований посетила делегация Чешской Республики, в которую входили депутаты чешского парламента — вице-председатель Комитета по науке, образованию, культуре, делам молодежи и спорта П. Плева, члены комитета Я. Манясек, А. Розегнал, советник посольства Чехии в России Б. Крх, сотрудники административного аппарата парламента Чехии М. Гавдрова, А. Мухова и сопровождающие их лица.

В дирекции ОИЯИ гостей приняли вице-директор А. Н. Сисакян, члены дирекции Института и лабораторий ядерных реакций и высоких энергий, а также чешские ученые, работающие в ОИЯИ. Гости ознакомились с историей создания Института, основными научными направлениями, которые развиваются здесь, широким международным сотрудничеством, в том числе с научными центрами и университетами Чехии. Они посетили лаборатории ОИЯИ, встретились с чешскими учеными, работающими в Дубне, студентами чешских вузов, проходящими практику в лабораториях и УНЦ ОИЯИ.

С 2 по 6 апреля в Чехии и Словакии находилась делегация дирекции ОИЯИ: вице-директор Института Ц. Вылов, директор ЛВЭ А. И. Малахов, директор ЛЯР М. Г. Иткис, заместитель директора ЛЯР Я. Климан. Целью визита было обсуждение проектов совместных исследований национальных научных центров Чехии и Словакии с ОИЯИ в рамках научно-технического плана ОИЯИ на 2002 г. Совместные экспертные комиссии (3+3) приняли решения, которые были оформлены соответствующими протоколами.

С 7 по 10 апреля директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и вице-директор профессор А. Н. Сисакян находились с рабочим визитом в Чехии. Во время визита состоялись встречи и переговоры с заместителем министра промышленности и торговли ЧР Ф. Кубелкой, директором департамента ядерной энергетики этого министерства Ф. Шурански, генеральным директором МИД Чехии (ответственным за международные многосторонние связи) Я. Прживратски, ректором Карлова университета профессором И. Вильгельмом, президентом Совета АН Чехии по международным свя-

зям И. Нидерле, полномочным представителем правительства Чехии в ОИЯИ профессором Р. Махом и другими учеными и организаторами науки.

В. Г. Кадышевский и А. Н. Сисакян посетили Институт ядерной физики в Ржеже, где осмотрели установки, встретились с теоретиками, беседовали с директором профессором Я. Добешом, ученым секретарем Я. Дитрихом. Состоялись также встречи с директором компании «Вакуум-Прага» П. Хедбавным.

11–12 апреля с визитом в Дубне находились директор ЦЕРН по исследованиям профессор Р. Кэшмор и помощник директора Н. Кульберг. Гости посетили Лабораторию физики частиц и Лабораторию ядерных проблем, где ознакомились с ходом совместных работ по экспериментам ATLAS, CMS, ALICE и COMPASS. Они также посетили предприятие САВМО, где идут работы по изготовлению магнита для эксперимента ALICE. В дирекции ОИЯИ гости приняли участие в обсуждении вопросов сотрудничества с Дубной.

22 апреля ОИЯИ посетили вице-председатель Комиссии по атомной энергии Вьетнама Буй Ван Туан и директор департамента международных связей и планирования КАЭ Чан Ким Хунг. В беседе с главным ученым секретарем ОИЯИ В. М. Жабицким они обсудили вопросы развития сотрудничества вьетнамских ученых с дубненскими коллегами, обменялись мнениями о возможной подготовке в ОИЯИ ученых и инженеров в связи с планами создания во Вьетнаме атомной электростанции.

22–24 апреля вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян принял участие в качестве представителя Объединенного института ядерных исследований в заседаниях обзорного ресурсного совета ЦЕРН (RRB) по экспериментам на ускорительном комплексе LHC. Заседания проходили под председательством директора по исследованиям ЦЕРН профессора Р. Кэшмора. С обзором хода создания ускорителя и подготовки экспериментов на LHC выступил генеральный директор профессор Л. Майани. Совет обсудил проекты меморандумов о взаимопонимании, подготовленных для подписания с партнерами ЦЕРН по всем коллаборациям на LHC.

А. Н. Сисакян встретился с генеральным директором ЦЕРН Л. Майани, другими руководителями ЦЕРН и коллабораций. В беседах с профессором П. Йенни (ATLAS) и профессором М. Делла Негра (CMS) были обсуждены конкретные планы дальнейшего участия ОИЯИ в создании детекторов и в экспериментах на них.

23 апреля Объединенный институт ядерных исследований посетила представительная делегация Министерства энергетики (DOE) США во главе с заместителем министра Р. Кардом. В дирек-

ции Института состоялась беседа, в ходе которой В. Г. Кадышевский информировал гостей о состоянии дел в ОИЯИ, развитии сотрудничества с научными центрами США. Делегация США посетила лаборатории ОИЯИ: ЛЯП, ЛНФ, ЛВЭ. В Лаборатории высоких энергий состоялась презентация образовательного проекта BNL–ОИЯИ.

По итогам визита было подписано совместное заявление о намерениях Министерства энергетики США и ОИЯИ, в котором обе стороны выразили взаимную заинтересованность в укреплении сотрудничества в области физики частиц и ядерной физики. В документе отмечено, что новый этап в развитии научно-технического сотрудничества отвечает новой политической, экономической и социальной реальности. Учитывая длительное и успешное сотрудничество в многочисленных экспериментальных и иных научных работах в области физики частиц и ядерной физики между ОИЯИ и научными центрами и университетами США, стороны заявили о своем намерении развивать совместную деятельность в вышеуказанных областях с использованием экспериментальных установок и исследовательских лабораторий DOE и ОИЯИ.

С 27 апреля по 1 мая Объединенный институт ядерных исследований принимал делегацию болгарских ученых во главе с заместителем министра образования и науки Республики Болгарии И. Дамяновым.

Сегодня Болгария — одна из самых активных стран-участниц ОИЯИ как по числу совместных работ, так и по объемам научно-технических связей. Сотрудничество ведется с девятью научными центрами и четырьмя университетами Болгарии по 29 темам. Сейчас в ОИЯИ работают 20 научных сотрудников и 14 специалистов из Болгарии. На протяжении нескольких лет в Болгарии проводятся научные совещания ОИЯИ.

На встрече с директором ОИЯИ В. Г. Кадышевским И. Дамянов отметил, что в Болгарии придается большое значение сотрудничеству с Объединенным институтом, особенно в связи с обучением молодых людей, которые будут развивать научные исследования в стране в будущем. Важными направлениями считаются также информационные технологии и прикладная наука, применение фундаментальных знаний в реальной жизни, особенно в медицине. Представители болгарской науки встретились с руководителями ОИЯИ, обсудили вопросы текущего и перспективного взаимодействия. Гости посетили лаборатории Института, познакомились с действующими и создаваемыми базовыми установками.

7 мая Объединенный институт ядерных исследований посетили посол Индии в Российской Федерации Кришнан Рагхунатх и советник посольства по науке и технологиям Хари Мохан Саксена. В ди-

рекции Института гостей приняли директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский, вице-директор А. Н. Сисакян, главный ученый секретарь В. М. Жабицкий, помощник директора П. Н. Боголюбов.

Охарактеризовав основные направления деятельности Объединенного института, В. Г. Кадышевский особенно отметил сотрудничество ученых Дубны и Индии. Совместные работы с ОИЯИ ведут десять индийских научных центров и университетов. Осуществляются семь совместных проектов в различных областях теоретической и вычислительной физики, физики частиц, релятивистской ядерной физики. Во время визитов представителей ОИЯИ в Индию обсуждалась возможность участия этой страны в деятельности ОИЯИ в качестве ассоциированного члена.

Господин К. Рагхунатх в своем ответном слове подчеркнул, что у индийской стороны есть желание сделать все возможное для расширения сотрудничества, увеличения количества совместных работ. Он обратил особое внимание на образовательную часть сотрудничества. Гости посетили Лабораторию ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.

29 мая в Минпромнауки состоялась встреча заместителя министра В. Н. Фридлянова с вице-директором ОИЯИ А. Н. Сисакяном, на которой были обсуждены вопросы формирования бюджета ОИЯИ на 2003 г. и перспективного плана развития ОИЯИ, а также другие вопросы. В беседе приняли участие заместитель руководителя департамента сводного планирования А. И. Володин, заместитель начальника отдела департамента базовых и поисковых работ В. Г. Дроженко, начальник отдела экономического планирования ОИЯИ А. В. Рузаев.

3 июня Объединенный институт ядерных исследований посетил советник президента США по науке и технологиям профессор Дж. Марбургер. Главной целью визита профессора Дж. Марбургера в Дубну было знакомство с Объединенным институтом ядерных исследований и обсуждение вопросов сотрудничества ОИЯИ с научными центрами и университетами США.

По инициативе ряда ведущих американских физиков в США и в ОИЯИ идет работа над текстом полномасштабного соглашения между Министерством энергетики США и ОИЯИ об ассоциированном членстве этой страны в деятельности Объединенного института. Одним из этапов этой работы стал визит в Дубну советника президента США, которого сопровождали сотрудники американского посольства в России.

В дирекции ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский познакомил гостей со статусом Института, его историей, рассказал об основных направлениях исследований. Более подробно он остановился на вопросах сотрудничества американских и дубненских ученых. В беседе приняли участие первый заме-

ститель министра промышленности, науки и технологий академик М. П. Кирпичников и сотрудники министерства, представители Минатома РФ, профессор А. Н. Сисакян и другие члены дирекции ОИЯИ. Профессор Дж. Марбургер и сопровождавшие его лица посетили лаборатории ядерных реакций и нейтронной физики. Начальник отдела ЛВЭ Ю. А. Панебратцев продемонстрировал гостям компьютерный курс лекций по физике, разработанный специалистами ОИЯИ и BNL.

Директор Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзепеова профессор Н. А. Русакович посетил Республику Беларусь для обсуждения с руководителями и организаторами научных исследований, ведущими учеными этой страны-участницы ОИЯИ вопросов развития международного научно-технического сотрудничества.

5 июня на выставке, посвященной достижениям белорусских ученых, в Объединенном институте энергетических и ядерных исследований (Академический научно-технический комплекс «Сосны») профессор Н. А. Русакович и член Ученого совета ОИЯИ, директор Национального научно-исследовательского центра физики частиц и высоких энергий Н. М. Шумейко встретились с президентом республики А. Г. Лукашенко. В короткой беседе, отметив позитивные аспекты сотрудничества научных центров и университетов Беларуси с ОИЯИ, они передали президенту приглашение дирекции посетить Объединенный институт ядерных исследований в Дубне. В ответ А. Г. Лукашенко выразил намерение посетить ОИЯИ с большой делегацией белорусских ученых. В беседе были затронуты различные аспекты сотрудничества, в частности, совместные работы с физиками АНТК «Сосны» в области теории атомного ядра и ядерных взаимодействий с целью изучения физических аспектов электроядерного метода получения энергии и ряд других. Президент Республики Беларуси высоко оценил перспективы развития сотрудничества, обратив особое внимание на использование ускорителей для лечения онкологических больных.

Эта тема получила дальнейшее развитие в ходе встречи Н. А. Русаковича с исполняющей обязанности министра здравоохранения республики Л. А. Постоляко, которая пригласила директора ЛЯП ОИЯИ выступить в Онкологическом научном центре Республики Беларуси в Боровлянах с докладом о лучевой терапии на пучках фазотрона ОИЯИ.

В ходе своего визита профессор Н. А. Русакович встретился с ведущими учеными Национальной академии наук РБ, президентом НАН РБ М. В. Мясниковичем, полномочным представителем правительства РБ в ОИЯИ, вице-президентом НАН РБ А. М. Лесниковичем, обсудил конкретные вопросы участия Беларуси в деятельности ОИЯИ.

6 июня подписано Соглашение между Национальным институтом ядерной физики (INFN) Итальянской Республики и Объединенным институтом ядерных исследований о научном и техническом сотрудничестве. Соглашение подписали президент INFN Э. Яроччи и директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский. В соглашении отмечается продолжительное и успешное сотрудничество между INFN и ОИЯИ в различных экспериментах и других научных работах, выполняемых в соответствии с предыдущими соглашениями между INFN и ОИЯИ, и желание регулировать дальнейшую совместную деятельность и сотрудничество в использовании экспериментального оборудования INFN и ОИЯИ при реализации общих проектов.

10–13 июня в Бухаресте находились с визитом директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и вице-директор профессор А. Н. Сисакян. 11 июня они были приглашены на прием в посольство Российской Федерации в Румынии по случаю национального праздника — Дня независимости Румынии. В посольстве В. Г. Кадышевский и А. Н. Сисакян встретились с президентом Румынии господином И. Илиеску, который был проинформирован о позитивном развитии отношений между ОИЯИ и Румынией как страной-участницей, об организованной совместно с ЦЕРН в Бухаресте выставке «Наука сближает народы». Президент Румынии с удовлетворением принял приглашение посетить Дубну.

Во время посещения Румынии состоялись встречи В. Г. Кадышевского и А. Н. Сисакяна с квестором парламента Румынии депутатом М. Игнатом (который в составе группы депутатов парламента выдвинул ОИЯИ и ЦЕРН на соискание Нобелевской премии мира 2002 г.), государственным секретарем Министерства образования и науки А. Кампуреаном, полномочным представителем правительства Румынии в ОИЯИ Д. Попеску, генеральным директором Института ядерной электроники Э. Драгулеску, научным директором Института им. Х. Хулубея Ф. Бузату, генеральными директорами Национального института информатики профессором Д. Банчиу, Института инженерной электроники профессором В. Каппелем, Института теоретической и экспериментальной аэронавтики профессором А. Ионита и др. В Институте инженерной электроники была организована встреча с молодыми исследователями из различных институтов Румынии и Бухарестского университета, подготовившими проекты для сотрудничества с ОИЯИ.

11 июня в Министерстве образования и науки состоялось торжественное открытие выставки ОИЯИ–ЦЕРН «Наука сближает народы», на котором выступили А. Кампуреан, В. Г. Кадышевский, директор по исследованиям ЦЕРН Р. Кэшмор и др. В. Г. Кадышевский, А. Н. Сисакян и Р. Кэшмор при-

няли участие в пресс-конференции по случаю открытия выставки, посетили ряд научных центров.

27 июня Объединенный институт ядерных исследований посетила делегация китайских ученых. Этот визит проходил в рамках большого форума, приуроченного к годовщине подписания договора о дружбе, добрососедстве и сотрудничестве между РФ и КНР. В Дубне китайские ученые встретились с руководителями ОИЯИ, посетили Лабораторию теоретической физики и Лабораторию ядерных реакций. На встрече в дирекции Института академик В. Г. Кадышевский представил директоров лабораторий ОИЯИ, рассказал об истории и основных направлениях деятельности Института. Руководитель делегации академик Чжоу Гуанчжао, работавший ранее в ОИЯИ, выразил признательность дирекции Института за приглашение к возобновлению сотрудничества. Академик В. Г. Кадышевский предложил рекомендовать китайских экспертов для участия в Ученом совете ОИЯИ, в который входят ведущие ученые из разных стран мира. Чжоу Гуанчжао пригласил В. Г. Кадышевского на ежегодный научный совет Китайской академии наук под эгидой Всекитайской федерации по науке и технике.

3 июля в Женеве, в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) состоялась весьма необычная торжественная церемония — «презентация модуля № 65». Появление в ЦЕРН этого 20-тонного 6-метрового «героя» ознаменовало успешное выполнение Объединенным институтом ядерных исследований важного международного обязательства по сооружению 65 подобных модулей для калориметра новой физической установки ATLAS.

В выполнении этой гигантской работы, а она заняла почти 8 лет, участвовал крупный интернациональный коллектив ученых, инженеров и рабочих из стран-участниц ОИЯИ и ЦЕРН: Белоруссии, Грузии, Италии, России, Румынии, Словакии, Чехии. Их труд материализовался в большое зримое изделие, собираемое из 65 модулей, основу суперпрецизионного физического прибора — «адронный калориметр». Руководители международной коллаборации ATLAS высоко оценили успешное выполнение обязательств ОИЯИ.

Представительная делегация дирекции Объединенного института ядерных исследований в составе директора Института В. Г. Кадышевского, вице-директора Ц. Д. Вылова, директора Лаборатории нейтронной физики А. В. Белушкина и помощника директора ОИЯИ П. Н. Боголюбова посетила научные центры Франции. Целью визита было участие в презентации экспериментального комплекса NEMO-3 в Моданской подземной лаборатории (LSM), а также посещение двух международных научных центров в Гренобле — Института Лауэ–Ланжевена (ILL)

и Европейского центра синхротронных исследований (ESFR). Презентация установки NEMO-3 состоялась 12 июля. Ранее, в апреле, был произведен ее физический запуск. Трековый детектор NEMO-3 создан в рамках международной кооперации Франция–ОИЯИ–Россия–США–Украина–Чехия–Финляндия. На презентации присутствовали директор всех ведущих институтов Франции, а также делегации из Японии, США, Италии, Чехии и других стран.

Делегация Объединенного института посетила Институт Лауэ–Ланжевена, который сегодня является самым передовым международным центром нейтронных исследований в мире, и синхротронный центр в Гренобле, где работает самый яркий в мире источник синхротронного излучения. Руководителям Института удалось ознакомиться с работой ведущих международных центров в области трех научных направлений, развиваемых в ОИЯИ: неускорительной физики, нейтронной ядерной физики, физики конденсированных сред. В беседах с руководителями центров и в публичных выступлениях ведущих специалистов отмечался большой вклад физиков ОИЯИ в реализацию совместных проектов, их высокий профессионализм. Неоднократно подчеркивалась необходимость дальнейшего развития научного сотрудничества и поиска новых форм для повышения его эффективности.

6 и 7 августа в ОИЯИ находилась делегация ЦЕРН: директор по исследованиям профессор Р. Кэшмор, руководитель эксперимента CMS профессор М. Делла Негра и помощник генерального директора Н. Кульберг.

6 августа делегация была принята директором Института академиком В. Г. Кадышевским и вице-директором профессором А. Н. Сисакяном. На следующий день состоялось заседание совместного комитета по сотрудничеству ЦЕРН–ОИЯИ, сопредседателями которого являются Р. Кэшмор и А. Н. Сисакян. В заседании участвовали также директор лабораторий Н. А. Русакович, В. Д. Кекелидзе, заместитель директора ЛФЧ И. А. Голутвин, помощник директора ОИЯИ П. Н. Боголюбов; со стороны ЦЕРН — М. Делла Негра и Н. Кульберг. Стороны обсудили ход выполнения совместных работ по подготовке экспериментов на ЛНС.

Гости посетили лаборатории ОИЯИ. В частности, в Лаборатории физики частиц им были продемонстрированы сборка мюонных камер и испытания первых образцов. Представители ЦЕРН осмотрели дополнительную линию, которая выполняет определенные работы по созданию CMS, затем ознакомились с работами по проекту ATLAS. ОИЯИ отвечает за большой сегмент трекового детектора, и сейчас почти полностью подготовлены элементы для него. Делегация посетила Лабораторию ядерных проблем, где также ведутся работы по ATLAS.

Представители ЦЕРН отметили большой вклад Дубны в создание экспериментальной базы для трех (ATLAS, CMS, ALICE) из четырех проектов, которые будут осуществляться на ЛНС. Работы выполняются в срок и на высоком уровне. ОИЯИ аккумулирует усилия многих стран, заинтересованных в участии в этих проектах через Дубну.

8 августа ОИЯИ посетил директор отдела науки и технологий представительства в Москве Совместной российско-тайваньской комиссии доктор Х. Хуанг (Тайвань). Визит в Институт состоялся по просьбе доктора Х. Хуанга. Он был принят вице-директором ОИЯИ профессором А. Н. Сисакяном. Были обсуждены вопросы сотрудничества. Гость посетил ЛВЭ и ЛЯП.

3 сентября ОИЯИ посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Армении в России А. Б. Смбатян. Его сопровождали помощник Г. А. Саядян, начальник протокольного отдела А. А. Карапетян, а также представители средств массовой информации Армении. На встрече от ОИЯИ присутствовали: директор Института В. Г. Кадышевский, вице-директора А. Н. Сисакян, Ц. Вылов, главный ученый секретарь В. М. Жабицкий, главный инженер И. Н. Мешков, директор Лаборатории ядерных реакций М. Г. Иткис, научный руководитель Лаборатории ядерных реакций Ю. Ц. Оганесян.

Директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский рассказал гостям о международном статусе и контактах ОИЯИ с другими странами, о структуре Института и важнейших исследованиях, которые здесь ведутся. Вице-директор А. Н. Сисакян представил Армению как страну-участницу, которая традиционно связана с физической наукой. Сегодня основными партнерами ОИЯИ со стороны Армении являются Ереванский госуниверситет, Ереванский физический институт, Ереванский НИИ оптико-физических измерений, а также ряд промышленных предприятий. Делегация посетила Лабораторию ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, познакомилась с учеными и специалистами Армении, работающими в ОИЯИ.

4 сентября в Минпромнауки под председательством первого заместителя министра академика М. П. Кирпичникова состоялось совещание по вопросу поддержки проекта «Синтез 118-го элемента». В нем приняли участие от ОИЯИ — вице-директор профессор А. Н. Сисакян, директор ЛЯР профессор М. Г. Иткис, от Минпромнауки — руководитель департамента А. Ф. Щербак, заместитель начальника отдела В. Г. Дроженко, от Минатома — руководитель отдела Ю. П. Орлов. Достигнуты конкретные договоренности по оформлению коллаборации с участием ОИЯИ, НИИАР (Дмитровград), НИИЭФ (Саров) и возможных зарубежных научных центров.

С 4 по 10 сентября директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский, директор ЛНФ А. В. Белушкин и заместитель директора ЛЯР С. Н. Дмитриев находились в Китайской Народной Республике. Делегация Объединенного института была приглашена на ежегодную конференцию Всекитайской федерации по науке и технике. Конференция проходила 5–8 сентября в городе Ченду, в ней приняли участие более 4500 человек, представляющих организации различных министерств Китая. 7 сентября на пленарном заседании академик В. Г. Кадышевский сделал доклад «ОИЯИ открыт для сотрудничества». Специально на эту часть пленарного заседания было приглашено около тысячи молодых ученых. В ходе конференции состоялись обстоятельные беседы с видными китайскими учеными, посвященные проблемам развития взаимовыгодного сотрудничества и восстановлению прежних связей.

Представители ОИЯИ посетили Институт ядерной физики и химии китайской Академии наук, расположенный в городе Меньян. Состоялась беседа директора ЛНФ А. В. Белушкина с генеральным директором института профессором Лиу Ханганом, вице-директором института и сотрудниками лаборатории нейтронных исследований. С целью развития сотрудничества института с ОИЯИ был заключен меморандум, конкретизирующий направления совместной деятельности. Представители ОИЯИ сделали ряд сообщений для сотрудников института о научной программе ОИЯИ.

В Пекине, в Институте физики высоких энергий АН Китая, куда были приглашены ученые ОИЯИ, состоялась встреча с директором института академиком Хешен Ченем и бывшим директором этого института, президентом Китайского ускорительного общества академиком Фан Шоусянем. В ходе встречи обсуждались перспективы отношений ОИЯИ и ИФВЭ, в том числе вопрос возвращения Китая в ОИЯИ.

Состоялась встреча делегации ОИЯИ с министром науки и техники КНР Сюй Гуаньхуа, который высказал мнение, что имеются большие перспективы возобновления и развития прежних научных связей. Делегацию ОИЯИ принял посол России в Китае И. А. Рогачев, отметивший, что восстановление членства КНР в ОИЯИ — это веление времени, соответствующее духу соглашения, подписанного президентами России и Китая в 2001 г.

По приглашению директора ОИЯИ академика В. Г. Кадышевского в Дубне 5–6 сентября находились гости из польского города Ново-Сонж — ректор государственной Высшей школы профессионального образования профессор А. Баланда, ранее работавший в ОИЯИ, вице-мэр города П. Павник и заместитель ректора З. Зацлона. Гостей принял вице-директор ОИЯИ профессор Ц. Вылов и первый заместитель мэра Дубны С. Ф. Дзюба.

Польская делегация посетила Лабораторию высоких энергий, где ознакомилась с работами коллектива под руководством профессора Ю. В. Заневского по проекту HADES, в котором профессор А. Баланда принимает участие в составе группы из Краковского университета. В Лаборатории ядерных реакций гости ознакомились с научной программой и установками лаборатории.

С 11 по 13 сентября директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и помощник директора по экономическим и финансовым вопросам В. В. Катрасев посетили с краткосрочным визитом Молдавию.

С 1992 г. Молдавия является страной-участницей Объединенного института ядерных исследований, ученые республики успешно сотрудничают с ОИЯИ, участвуют в крупных международных программах по проблемам ядерной физики. Основными участниками сотрудничества являются Институт прикладной физики Академии наук Молдавии, Кишиневский государственный университет, Технический университет.

В. Г. Кадышевский провел семинар в Институте прикладной физики, на котором рассказал о последних научных результатах и вкладе в них молдавских ученых.

Состоялись переговоры делегации ОИЯИ с президентом Академии наук Молдавии академиком А. Андриешем и председателем Высшего совета по науке и технологическому развитию Молдавии (ВСНТР) А. Ротару. В ходе обмена мнениями обе стороны подтвердили взаимную заинтересованность в ближайшем научно-техническом сотрудничестве в области теоретической физики и информационных технологий, а также в области прикладных исследований, представляющих интерес для экономики Молдавии. Состоялась встреча делегации ОИЯИ, руководства Академии наук Молдавии и ВСНТР с первым заместителем премьер-министра Молдавии В. Иовом, на которой также обсуждался вопрос о расширении сотрудничества Молдавии с ОИЯИ. В обсуждении принимали участие заместитель министра экономики В. Афанасьев и начальник управления канцелярии правительства И. Пасечник.

27 сентября ОИЯИ с официальным визитом посетила делегация ученых Индии. Делегацию возглавлял доктор Д. Д. Бхавалкар, директор центра передовых технологий Департамента атомной энергии, его сопровождали доктор П. Сатьямурти и доктор В. Сахни (Атомный исследовательский центр им. Х. Баба, Мумбей), другие официальные лица. Члены делегации посетили ЛНФ, ЛЯР, ЛВЭ, после чего встретились с руководством Института. Со стороны ОИЯИ во встрече принимали участие директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский, вице-директор А. Н. Сисакян, главный ученый секретарь В. М. Жабицкий, помощник директора по междуна-

родным связям П. Н. Боголюбов, заместитель директора ЛВЭ А. Д. Коваленко, заместитель директора ЛЯП Е. М. Сыресин.

В ходе встречи обсуждались технические вопросы соглашения об ассоциированном членстве Индии в ОИЯИ. Гости из Индии отметили, что научные контакты между учеными из Департамента атомной энергии Индии и их коллегами в ОИЯИ в разных областях физики развиваются около 40 лет. Индийские ученые заинтересованы в дальнейшем развитии сотрудничества, в том числе в участии в экспериментах по поиску сверхтяжелых элементов, в фундаментальных исследованиях в разных областях на реакторе ИБР-2, а также в сотрудничестве в области конструирования и строительства ускорителя и в разработке узлов нейтронного источника, строительство которого планируется в Индии.

Сотрудничество ОИЯИ и Белоруссии расширяется. В конце сентября в Минске побывали директор ЛНФ профессор А. В. Белушкин, начальник ОРПИ профессор Е. А. Красавин и главный научный сотрудник ОРПИ академик РАН М. А. Островский. Они встретились с первым вице-президентом Национальной академии наук Белоруссии академиком П. А. Витязем, посетили Белорусский государственный университет и некоторые предприятия. В ходе визита обсуждались конкретные формы совместной работы по использованию ядерно-физических установок для проведения радиобиологических исследований, по разработке методов создания новых типов материалов и некоторым другим направлениям.

Представительная делегация ОИЯИ 8 октября приняла участие в открытии выставки «Польша в ОИЯИ» в Университете им. Адама Мицкевича в Познани, а также в приуроченном к открытию выставки большом научном семинаре, посвященном сотрудничеству ОИЯИ с научными центрами и университетами Польши. В делегацию ОИЯИ вошли директор Института академик В. Г. Кадышевский, помощники директора В. В. Катрасев, П. Н. Боголюбов, главный ученый секретарь В. М. Жабицкий, руководители лабораторий, УНЦ и ведущие ученые ОИЯИ А. В. Белушкин, В. В. Воронов, Ю. А. Панебратцев, Т. А. Стриж, С. П. Иванова. С польской стороны в церемонии участвовали председатель Государственного агентства по атомной энергии Г. Неводничански, полномочный представитель правительства РП в ОИЯИ А. Хрынкевич, ректор университета С. Лоренц, декан физического факультета А. Добек, преподаватели и студенты университета.

Делегация ОИЯИ в составе вице-директора профессора А. Н. Сисакяна, главного инженера члена-корреспондента РАН И. Н. Мешкова и ведущего научного сотрудника И. Д. Манджавидзе с 16 по 19 октября посетила новосибирский Академгородок

с рабочим визитом. Состоялись рабочие обсуждения вопросов сотрудничества с членом Президиума РАН директором ИЯФ им. Г. И. Будкера академиком А. Н. Скринским, ректором НГУ членом-корреспондентом Н. С. Диканским, заместителем председателя СО РАН членом-корреспондентом Г. И. Кулипановым и другими сибирскими учеными.

А. Н. Сисакян и И. Д. Манджавидзе выступили на научном семинаре теоретиков и экспериментаторов ИЯФ с докладами «Термализация в адронных процессах» и «Топологическая квантовая хромодинамика». Делегация ОИЯИ приняла участие в заседании круглого стола института, на котором А. Н. Сисакян выступил с докладом о научной программе ОИЯИ. В обсуждениях на круглом столе и семинарах приняли участие руководители и ведущие сотрудники ИЯФ. А. Н. Сисакян и И. Н. Мешков подробно познакомились с работами ускорительных и экспериментальных подразделений ИЯФ, экспериментальным производством, побывали в Новосибирском университете.

С 21 по 23 октября в Женеве проходили заседания обзорных ресурсных советов (RRB), на которых были рассмотрены ход работы и планы реализации проектов экспериментальных установок на LHC. Заседания проходили под председательством директора по исследованиям профессора Р. Кэшмора. На пленарном заседании выступили генеральный директор ЦЕРН профессор Л. Майани, технический директор Х. Хофман и др. Вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян принял участие в заседании в качестве члена RRB от ОИЯИ. В качестве экспертов также участвовали Н. А. Русакович (ATLAS), И. А. Голутвин (CMS), А. С. Водопьянов (ALICE).

25 октября прошло заседание совместного ЦЕРН–ОИЯИ комитета по сотрудничеству (сопредседатели Р. Кэшмор и А. Н. Сисакян). В заседании принял участие директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский. После обзорных выступлений Р. Кэшмора и А. Н. Сисакяна с информацией о состоянии дел и планах на 2003 г. выступили руководители экспериментов. Состоялся телемост ЦЕРН–ОИЯИ, во время которого были продемонстрированы последние разработки ОИЯИ по электронике для совместных с ЦЕРН экспериментов. В заседании участвовали В. Д. Кекелидзе, Н. А. Русакович, А. И. Малахов, А. Г. Ольшевский, П. Йенни, М. Делла Негра, Ю. Шукрафт и др.

В. Г. Кадышевский, А. Н. Сисакян, В. Д. Кекелидзе были приняты генеральным директором ЦЕРН Л. Майани и имели с ним продолжительную беседу по вопросам дальнейшего сотрудничества. Во время пребывания в ЦЕРН В. Г. Кадышевский и А. Н. Сисакян встретились с рядом руководителей экспериментов, в которых ОИЯИ принимает активное участие.

В октябре состоялся визит в США директора ОИЯИ академика В. Г. Кадышевского и начальника отдела ЛВЭ профессора Ю. А. Панебратцева. Они приняли участие в мероприятиях, связанных с 40-летним юбилеем Стэнфордского центра линейного ускорителя (SLAC), одной из крупнейших в мире лабораторий, специализирующихся в области физики высоких энергий.

После SLAC В. Г. Кадышевский и Ю. А. Панебратцев посетили Брукхейвенскую национальную лабораторию — BNL, которая, подобно ОИЯИ, является мультидисциплинарным научным центром. Это во многом определяет характер сотрудничества с ОИЯИ. Во время визита обсуждались планы совместных экспериментов на новом коллайдере ядер и поляризованных протонов RHIC. В настоящее время успешно реализуется совместный учебно-образовательный проект «Online Science Classroom», который дает возможность познакомить школьников с достижениями ученых BNL и ОИЯИ в физике, молекулярной биологии, экологии, химии и других естественных науках. Директор BNL и директор ОИЯИ подписали соглашение о намерении преобразовать этот проект в международный Интернет-журнал для школьников по естественным наукам.

Во время визита состоялись встречи с советником президента США по науке и технологиям Дж. Марбургером и руководителями Министерства энергетики США. При этом были обсуждены вопросы, связанные с завершением подготовки Соглашения между правительством США и ОИЯИ.

5–6 ноября с целью посещения ОИЯИ в Дубне побывал ректор Аэрокосмического технического университета им. С. П. Королева, директор Института систем обработки изображений РАН член-корреспондент РАН В. А. Соيفер. На научном семинаре в Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова он выступил с докладом о работах по компьютерной оптике, выполненных под руководством профессора И. Н. Сисакяна (1938–1995 гг.). Во время встреч, в которых участвовали вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян, директора лабораторий профессора М. Г. Иткис и Н. А. Русакович, научный руководитель ЛЯР член-корреспондент РАН Ю. Ц. Оганесян, научный руководитель ИБР-2 профессор В. Л. Аксенов и др., обсуждался широкий круг вопросов научно-технического сотрудничества. Кроме того, В. А. Соифер посетил ЛЯП, ЛЯР, а также Международный университет «Дубна».

20 ноября в Софии в большом зале Болгарской академии наук состоялось торжественное заседание, посвященное 30-летию Института ядерных исследований и ядерной энергетики (ИЯИЯЭ) Болгарской

академии наук (БАН). За успехи в развитии болгарской атомной науки ИЯИЯЭ был награжден золотой медалью Болгарской академии наук. С юбилеем сотрудников института поздравили представители многих болгарских институтов. По поручению дирекции ОИЯИ приветственный адрес и памятный подарок руководству ИЯИЯЭ вручил директор ЛВЭ профессор А. И. Малахов. В приветственном адресе отмечена важная роль ИЯИЯЭ БАН в развитии сотрудничества болгарских ученых с дубненскими коллегами и значительный вклад сотрудников института в научные достижения ОИЯИ.

В конце ноября состоялся визит директора ОИЯИ академика В. Г. Кадышевского и помощника директора по международным связям П. Н. Боголюбова в Бельгию и Испанию с целью расширения научного сотрудничества между ОИЯИ и этими странами Евросоюза. Во время пребывания в Бельгии В. Г. Кадышевский и П. Н. Боголюбов посетили Международный Сольевеевский институт физики и химии в Брюсселе, где состоялись переговоры с директором института профессором И. Р. Пригожиным и заместителем директора профессором И. Антониу.

По приглашению Высшего совета научных исследований Испании делегация ОИЯИ посетила два научных центра, расположенных в Мадриде, — Институт структуры материи и Институт математики и фундаментальной физики. В. Г. Кадышевский и П. Н. Боголюбов были приняты президентом Высшего совета научных исследований Испании профессором Р. Тарраком. Одним из итогов визита в Мадрид стала подготовка протоколов о сотрудничестве с Институтом структуры материи и Институтом математики и фундаментальной физики.

24 декабря Объединенный институт ядерных исследований посетили первый заместитель министра иностранных дел В. И. Трубников, курирующий в Министерстве иностранных дел интеграционные процессы на пространстве СНГ, его помощник О. К. Петрин и летчик-космонавт Ю. М. Батурин.

В ходе встречи с дирекцией Института обсуждались вопросы международного сотрудничества, участия в исследовательских проектах стран-участниц ОИЯИ, вопрос о перспективах членства в ОИЯИ других стран. Шла речь и о результатах многолетнего сотрудничества Института со странами СНГ.

Во встрече гостей принимали участие вице-директор ОИЯИ А. Н. Сисакян, главный инженер И. Н. Мешков, главный ученый секретарь В. М. Жабицкий, директор ЛЯР М. Г. Иткис, директор НПЦ «Аспект» Ю. К. Недачин и др. Гости посетили научно-производственный центр «Аспект» и Лабораторию ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2002 г., наиболее крупными были одиннадцать.

24–25 января в Дубне проведено совещание «*Новые модельные и ядерно-физические методы в биофизике и биохимии*», организаторами которого были ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова, ЛНФ им. И. М. Франка и ОРРИ. Целью совещания было объединить интересы биофизиков, физиков и математиков, чьи работы связаны с физической поддержкой биологических экспериментов и моделированием биологических структур. Основные направления работы совещания: возможности применения ядерно-физических установок и технологий ОИЯИ для выполнения биологических исследований, математическое моделирование генетических структур и биохимических процессов.

В работе совещания приняло участие около 50 специалистов из ОИЯИ, ведущих институтов России, Германии и Чехии. Было представлено 14 докладов по самым различным направлениям, и проведена широкая дискуссия по затронутым проблемам.

С 28 января по 2 февраля в Дубне проходила IX Международная конференция «*Математика. Компьютер. Образование*» — одна из серии конференций, проводимых по инициативе межрегиональной общественной организации «Женщины в науке и образовании». Целью этих конференций является объединение усилий российских и зарубежных специалистов, направленных на развитие науки и высшего образования в России и других странах СНГ, а также на сохранение традиций российской науки и образования и их интеграции в международное сообщество.

В организации конференции принимали участие Объединенный институт ядерных исследований, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Пушинский научный центр, Центральный экономико-математический институт РАН, Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Институт философии РАН. В конференции участвовало более 300 человек — ученые, преподаватели вузов и студенты. По сложившейся в течение многих лет традиции связующим элементом в многодисциплинарной тематике конференции было математическое моделирование.

Особый интерес вызвали пленарные заседания, а также секции по следующим направлениям: «Компьютеры в науке и образовании», «Вычислительные методы и математическое моделирование», «Математические модели в химии, биологии, экологии и медицине», «Математические ме-

тоды в экономике», «Гуманитарное и естественно-научное образование». Нужно отметить заседание, посвященное биологическим исследованиям и медицинским вопросам, в частности, доклады И. Б. Петрова «Математические модели черепно-мозговых травм и операций на сетчатке глаза», Е. А. Красавина «Биологические исследования в ОИЯИ», А. В. Иглина «Непосредственные результаты лучевой терапии в Дубне», М. В. Воронова «Модель способов преодоления препятствий». Бурную дискуссию вызвали лекции члена-корреспондента РАН С. П. Курдюмова «Синергетика и психология» и профессора Д. С. Чернавского «Мышление и распознавание».

Физика была представлена в тематике конференции следующими докладами: Н. А. Черников «Теорема о справедливости принципа эквивалентности Эйнштейна», А. А. Тяпкин «Физика высоких энергий и элементарных частиц в начале XXI века» и В. А. Русаков «Вселенная и человечество». Всем трем докладчикам удалось сочетать изложение конкретных физических проблем с небольшим экскурсом в историю физики (участниками которой они были) и в некоторые ее современные проблемы.

Специальный междисциплинарный семинар был посвящен гуманитарному и естественно-научному образованию. По установившейся традиции проводились круглые столы «Культурное пространство России: книги, журналы, конференции, Интернет» и «Люди и микроорганизмы: социальная жизнь и математические модели». Впервые на этой конференции во главе с председателем межрегиональной общественной организации «Женщины в науке и образовании» профессором Г. Ю. Ризниченко было проведено небольшое рабочее совещание с участием иностранных ученых «Mathematical models of living systems». Благодаря докладу ведущего специалиста РФФИ О. А. Плечовой «Новая программа РФФИ» участники конференции смогли ознакомиться с деятельностью и возможностями этого фонда. Для участников конференции было организовано посещение лабораторий ОИЯИ.

С 4 по 6 марта в Доме международных совещаний проходил семинар «*Ускорители частиц и ядер: прошлое, настоящее и будущее*» (ISAPAN-02), посвященный памяти академика В. И. Векслера, которому в эти дни исполнилось бы 95 лет.

«Сегодня мы собрались здесь, чтобы воздать должное одному из самых талантливых физиков, который очень много сделал для развития физики высоких энергий», — сказал на открытии семинара директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский. На семинаре прозвучали доклады ведущих ученых Инсти-

туда и других научных центров (в том числе DESY и ЦЕРН), которые отразили современное состояние физики высоких энергий и неразрывно связанной с ней физики элементарных частиц. В выступлениях докладчиков давалась оценка хода работ по совместным международным экспериментам, перспективам дальнейших исследований. Как заметил почетный директор ЛФЧ, профессор И. А. Савин, «семинар тематический, но, так как он совпал с днем рождения В. И. Векслера, то носит мемориальный характер». Поэтому среди выступлений были уже ставшие историческими обзоры работ великого ученого, воспоминания о работе с ним. Семинар стал своего рода иллюстрацией к тому, как идеи крупнейшего физика XX в. находят продолжение и воплощение в развитии современной науки. Научная программа семинара продолжалась в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН, где В. И. Векслер начал свою научную работу.

С 22 по 25 мая в Дубне проходил *10-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами «ISINN-10»*. Тематика семинара, ежегодно проводимого в Дубне, традиционно включала в себя вопросы спектроскопии нейтронов, структуры ядер, фундаментальных свойств нейтрона. В работе семинара приняли участие более 140 человек: физики ОИЯИ, ученые из Москвы, Санкт-Петербурга, Гатчины, Обнинска, Болгарии, Польши, Чехии, Словакии, Германии, США, Южной Кореи, Алжира. Собрание открыл вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян.

Большой интерес участников семинара вызвали доклады сессии «Нейтронные источники и базовые установки», в частности, сообщения, представленные М. Даумом из PSI и Я. Масудой из КЕК, посвященные источникам ультрахолодных нейтронов (УХН) нового поколения. Сессия «Фундаментальные симметрии в реакциях с нейтронами» была посвящена теоретическим и экспериментальным аспектам фундаментальных механизмов нарушения пространственной симметрии во взаимодействиях нейтронов с ядрами, а также подходам к поиску эффектов, нарушающих инвариантность относительно обращения времени. Три сессии, посвященные методике нейтронного эксперимента, следовали за соответствующими научными сессиями и давали возможность слушателям ознакомиться не только с основополагающими идеями предлагаемых и реализованных экспериментов, но и с соответствующей экспериментальной и расчетной «кухней». Как обычно, бурные обсуждения сопровождали доклады, представленные на сессии, посвященной экспериментам с ультрахолодными нейтронами. В ее работе приняли участие авторы самых первых экспериментов с УХН: А. В. Стрелков (ОИЯИ), А. Штайерл (Университет Род-Айленда), В. И. Морозов (Курчатовский институт).

Уже третий раз в работе семинара принимали участие специалисты нейтронного активационного анализа ЛНФ (ОИЯИ), для которых нейтроны служат инструментом реализации их многочисленных проектов по грантам полномочных представителей стран-участниц ОИЯИ и МАГАТЭ. Были подведены итоги многоэлементного анализа образцов мхов-биоиндикаторов из Болгарии, Польши, Словакии, Чехии, Румынии, Центральной России, а также Югославии, Китая и Южной Кореи.

Достойным завершением работы семинара стала блестящая лекция профессора Ю. В. Гапонова (Курчатовский институт) «Развитие концепции нейтрино в физике частиц двадцатого века». Этим докладом в какой-то степени был подведен итог многочисленным сообщениям участников всех десяти семинаров ISINN, посвященным проблемам слабого взаимодействия в нейтронной физике, бета-распаду нейтрона, связи нейтронной ядерной физики со стандартной моделью электрослабого взаимодействия и поискам выходов за ее пределы.

С 27 мая по 1 июня в Объединенном институте ядерных исследований проходила *VII Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов*, которая организуется Лабораторией ядерных реакций им. Г. Н. Флерова каждые 3–5 лет. Председателем организационного комитета является член-корреспондент РАН, научный руководитель ЛЯР ОИЯИ Ю. Ц. Оганесян. Научная программа школы-семинара традиционна: ядерные реакции при низких и промежуточных энергиях; физика и химия тяжелых и сверхтяжелых элементов; динамика ядерного деления; радиоактивные пучки и свойства экзотических ядер; ядерная спектроскопия; новые установки и их физическая программа.

Два дня работы школы-семинара были посвящены проблеме тяжелых и сверхтяжелых ядер. В Дубне в последние три года синтезированы элементы с атомными номерами 114 и 116, идет эксперимент по синтезу 118-го. Это не могло не привлечь внимание коллег из других научных центров, поскольку подобные эксперименты ведутся в Германии, Франции и Японии. В связи с этим одна из сессий была проведена в ЛЯР, где с докладами выступили Ю. Ц. Оганесян, М. Г. Иткис и Г. Г. Гульбекян. Гости познакомились с установками лаборатории и с состоянием дел по проекту ускорения радиоактивных пучков DRIBs.

На конференции обсуждались вопросы механизма ядерных реакций при разных энергиях (слияние-деление, квазиделение, фрагментация). Существенный прогресс наблюдался и в теории в связи с получением новых экспериментальных данных при использовании сложных детектирующих систем. Что касается химических исследований тяжелых ядер, то здесь основное внимание приковано к изучению свойств элементов 112–114. Особое значение при-

обретает деление как источник нейтроноизбыточных изотопов средней массы в районе криптона, ксенона, олова (особенно олова-132). Интерес вызвали и результаты, касающиеся самого начала периодической системы, — структура ядер очень легких элементов (водорода, гелия, бериллия, углерода), особенно тех, что расположены на границе нуклонной стабильности. В этой области ядер получены новые сверхнейтроноизбыточные ядра, изучаются также их свойства и моды распада.

В школе-семинаре приняли участие около 190 физиков из Бельгии, Великобритании, Германии, Египта, Израиля, Индии, Испании, Италии, Казахстана, Китая, Польши, России, Румынии, Словакии, США, Украины, Финляндии, Франции, Чехии, Швейцарии, Японии и ОИЯИ. С докладами выступили 68 человек, 16 — из ОИЯИ. Была проведена и стендовая сессия, на которой было представлено около 40 сообщений.

XVI Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий был посвящен теме «*Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика*». Он был организован ОИЯИ и Советом по электромагнитным взаимодействиям РАН и проходил в Доме международных совещаний с 10 по 15 июня.

Эта конференция впервые проводилась без участия А. М. Балдина, но он, ее бессменный вдохновитель и организатор, остался в памяти всех участников, которые традиционно собираются в Дубне на «Балдинскую осень». И первые слова на этой конференции прозвучали в память о выдающемся ученом. В начале 70-х годов А. М. Балдин определил актуальные цели исследований по релятивистской ядерной физике. Они сразу оказались нацеленными на установление пределов применимости протон-нейтронной модели атомного ядра и построение физической картины ядерной материи на уровне субнуклонных составляющих — кварков и глюонов. Изучение процессов столкновения ядер с ядрами распространилось до области энергий, где принципы теории относительности начинают играть определяющую роль. Новое направление физических исследований — релятивистская ядерная физика — возникло на фундаменте достижений квантовой теории поля, физики элементарных частиц, ядерной физики, физики ускорителей.

Научная программа конференции была очень насыщенной, она содержала 16 наиболее актуальных научных тем, связанных как с теоретическими, так и с методическими, ускорительными направлениями развития релятивистской ядерной физики и квантовой хромодинамики. По традиции широко было представлено международное научное сообщество — в Дубне собрались ученые практически из всех ведущих научных центров мира, где ведутся работы по тематике конференции.

С 17 по 19 июня проходило *второе рабочее совещание по исследованиям на реакторе ИБР-2*, организованное ОИЯИ при поддержке РФФИ. Цель совещания — широкое обсуждение научной программы и программы развития комплекса спектрометров реактора ИБР-2.

В настоящее время исследователи почти из 30 стран проводят на 12 спектрометрах реактора свыше 100 экспериментов ежегодно в рамках пользовательской политики, а также ведутся работы в рамках соглашения по научным программам Миннауки и Минатома. В работе совещания приняли участие более 100 ученых из стран-участниц и неучастниц ОИЯИ. В программу совещания входили обзорные доклады по основным направлениям исследований, по модернизации реактора и спектрометров, тематические секции по перспективам исследований, а также стендовая сессия по конкретным экспериментам, выполненным в последний год. В рамках совещания был проведен конкурс докладов, представленных молодыми учеными.

26 августа в греческом городе Пилосе открылась *Европейская школа молодых ученых по физике высоких энергий*, организованная совместно ЦЕРН и ОИЯИ. Традиция этих школ насчитывает уже 33 года, последние 12 лет они проводятся ежегодно, а ранее проходили раз в два года. В Пилос приехали 26 молодых ученых из ОИЯИ и научных центров стран-участниц, в том числе двое выпускников университета «Дубна». В оргкомитет школы от ОИЯИ входили профессор А. Н. Сисакян, А. Г. Ольшевский, Т. С. Донскова.

Вице-директор ОИЯИ А. Н. Сисакян выступил с лекцией о научной программе ОИЯИ. Лекторами школы являлись К. Квиг (США), А. Де Рухула (ЦЕРН), И. Илиопулос (Греция), Ю. Докжицер (Франция/Россия) и др. Среди руководителей дискуссий — А. Гладышев (ЛТФ ОИЯИ).

Во время пребывания в Греции вице-директор ОИЯИ А. Н. Сисакян принял участие в заседании оргкомитета очередной школы, которая состоится в Цахкадзоре (Армения) в августе-сентябре 2003 г.

Очередной ежегодный *Международный симпозиум по динамике процессов множественного рождения элементарных частиц «ISMD XXXII»* проходил с 7 по 13 сентября в г. Алуште (Крым, Украина) на базе пансионата «Дубна» Объединенного института ядерных исследований. 32-й симпозиум впервые проводился на территории СНГ и был организован ОИЯИ и Институтом теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова (ИТФ) Национальной академии наук Украины. Организационный комитет возглавили профессор А. Н. Сисакян (ОИЯИ) — председатель и профессор Л. Енковский (ИТФ) — сопредседатель.

В симпозиуме приняли участие более 100 ученых из 20 стран мира, а также из ЦЕРН и ОИЯИ. Научная тематика охватывала широкий спектр актуальных проблем в физике рождения элементарных частиц: флуктуации и корреляции частиц, процессы дифракции, мягкие и жесткие процессы в квантовой хромодинамике, физика тяжелых ионов, рождение частиц с большой множественностью, космологические проблемы распространения элементарных частиц в астрофизике. Она нашла свое отражение в 80 научных докладах, сделанных участниками симпозиума. Обзорные доклады были представлены профессорами Р. Ледницким (ОИЯИ), Н. Николаевым (Россия / Германия), Д. Ширковым (ОИЯИ), Д. Данлопом (США), Ф. Антинори (Италия), И. Манджавидзе (ОИЯИ), И. Дреминым (Россия).

Научная программа «ISMD XXXII» открылась специальной мемориальной сессией, посвященной памяти профессора Бо Андерсона, выдающегося ученого из Швеции, одного из активных организаторов и участника целого ряда ISMD, скончавшегося внезапно в марте 2002 г. С докладом о творческом пути профессора Б. Андерсона, его последних научных работах и идеях выступили профессор Г. Густафсон (Швеция), М. Сеймур (Великобритания), Ф. Содерберг (Швеция) и А. Де Ангелис (Италия).

Важной частью сообщений ученых на симпозиуме явились несомненные успехи в физике тяжелых ионов (SPS, ЦЕРН; RHIC, США), а также углубленный анализ данных, полученных в экспериментах на LEP (ЦЕРН). Было отмечено, что в современной физике наиболее важным является теоретическое осмысление проблем, связанных с рождением частиц при очень больших множественностях (докл. И. Манджавидзе, А. Сисакян, Л. Енковский) и обоснование предложений по подготовке новых экспериментов на ускорителях У-70, Россия (докл. В. А. Никитин), LHC, ЦЕРН (докл. Ю. Кульчицкий), и тэватроне США (докл. А. Корьтов). Большой интерес вызвали доклады, связанные с проблемами сильных взаимодействий и дифракции в современной физике элементарных частиц (Д. Ширков (ОИЯИ), Н. Николаев, Л. Липатов, А. Кайдалов, В. Фадин (Россия), Л. Лайкок (Великобритания)). Новый взгляд на вопросы термализации процессов при взаимодействии адронов при высоких энергиях был представлен в докладе А. Сисакяна (ОИЯИ). Заключительные доклады по итогам симпозиума сделали В. Кувшинов (Белоруссия) и А. Корьтов (США).

Традиционно итоги очередного симпозиума подвел комитет старейшин, состоящий из ведущих ученых мира, который прошел под руководством профессора Н. Шмитца (Германия). Комитет отметил высокий научный уровень представленных на симпозиуме докладов и хорошую профессиональную организацию «ISMD XXXII» в целом.

Симпозиум проводился при финансовой поддержке ЮНЕСКО, Российского фонда фундаментальных исследований, Министерства образования РФ и программы «Боголюбов–Инфельд». Комитет старейшин принял решение о необходимости продолжения традиций проведения ISMD и утвердил страну-организатора симпозиума на 2003 г. Очередной, 33-й симпозиум будет проходить в сентябре 2003 г. в г. Кракове (Польша).

С 30 сентября по 6 октября в Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований проходил V *Международный конгресс по математическому моделированию*. Оргкомитет возглавил директор ЛИТ профессор И. В. Пузынин. Почетным председателем конгресса был академик А. А. Самарский (ИММ РАН), сопредседатели: член-корреспондент РАН Б. Н. Четверушкин (ИММ РАН), профессор Д. Морган (LLNL, США), профессор Чин Кун Ху (Академия Синика, Тайвань). В работе конгресса участвовало более 300 ученых из 12 стран, в том числе из Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Казахстана, Португалии, России, Тайваня, Украины, Франции, Швеции, Японии. Было заслушано 39 пленарных докладов, 238 секционных сообщений и представлено 37 стендовых докладов.

Пленарные доклады были посвящены широкому кругу актуальных проблем математического моделирования в различных областях научного знания — от математики и информатики до гуманитарных и социальных дисциплин. Созданию российского математического портала Math-net.ru был посвящен доклад чл.-корр. РАН А. Б. Жижченко (ЦНТИТ РАН, Москва). Об использовании параллельных вычислительных алгоритмов и их приложениях в фундаментальных и прикладных исследованиях доложил чл.-корр. РАН А. В. Забродин (ИММ РАН, Москва). В своем докладе профессор В. Д. Лахно (ИМПБ РАН, Пущино) дал обзор основных направлений вычислительной биологии. Особое внимание в этом докладе было уделено использованию высокопроизводительных систем в биологии и биоинформатике. О моделировании и теоретических исследованиях турбулентных потоков доложил академик РАН А. М. Липанов (ИПМ, Ижевск). В его докладе была представлена модель сжимаемой среды, описываемая системой гидромеханических уравнений. Доклад профессора И. В. Пузынина (ОИЯИ) был посвящен анализу численного моделирования динамики гамильтоновых систем, моделированию переходных процессов в адсорбционных системах, а также исследованиям методами молекулярной динамики процессов в металлических образцах, облучаемых импульсными ионными источниками. В докладе чл.-корр. РАН Б. Н. Четверушкина (ИММ РАН, Москва) был дан обзор проблем, возникающих при численном моделировании с использованием высоко-

производительных многопроцессорных вычислительных систем с распределенной архитектурой памяти.

Результатам исследований, проводимых в рамках научных направлений, представленных на конгрессе в 12 секциях, были посвящены секционные доклады. В последние годы все большее значение приобретает детальное динамическое изучение различных макромолекулярных систем ввиду их многообразных применений в разных областях человеческой деятельности: биотехнологии, биоинженерии, фармакологии, микроэлектронике, медицине и т. п. Вместе с тем чисто экспериментальные методы исследования подчас не могут обеспечить достаточно подробную информацию о свойствах интересующих систем с надлежащей пространственной и временной степенью детализации. Подобную информацию способны дать методы имитационного моделирования — молекулярной динамики и Монте-Карло. Компьютерное моделирование молекулярных систем получило широчайшее распространение в мире, особенно в последние годы, в связи с бурным ростом уровня компьютерной техники — быстродействия компьютеров, объема их памяти и т. п. Особое значение молекулярное моделирование имеет для развития и совершенствования образования и переподготовки кадров с учетом новых и быстро развивающихся наукоемких технологий.

Доклады, сделанные на конгрессе, продемонстрировали, что задачи, возникающие в современных областях науки, отличаются повышенной сложностью, являются многомерными и многопараметрическими. Участники конгресса пришли к единому мнению о целесообразности развития методов компьютерного моделирования применительно к задачам, не имеющим аналитических решений.

С 15 по 17 октября в Объединенном институте ядерных исследований была проведена Всероссийская конференция «*Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции*» (RCDL-2002). В ее работе приняли участие 104 специалиста из 16 городов России и 15 специалистов из Венгрии, Германии, Латвии, Молдовы, США, Украины. На конференцию было представлено 97 расширенных тезисов докладов; в результате проведенного рецензирования программный комитет отобрал 59 секционных и 13 стендовых докладов. К открытию был издан сборник трудов конференции. Работа по организации и проведению кон-

ференции была поддержана грантами РФФИ и Минобрнауки.

Всероссийская конференция 2002 г. является четвертой по данному направлению. Основная цель этой серии конференций заключается в том, чтобы способствовать формированию сообщества специалистов России, ведущих исследования и разработки в области электронных библиотек. Конференция предоставляет возможность обсуждения идей и полученных результатов, установления контактов для более тесного сотрудничества, способствует изучению зарубежного опыта, развитию международного сотрудничества в области электронных библиотек и акцентирует внимание на перспективных исследованиях и технологиях.

Во время конференции было проведено международное экспертное совещание Института информационных технологий в образовании (ИИТО) ЮНЕСКО, рассмотревшее состояние электронных библиотек в образовании. Целью совещания ИИТО ЮНЕСКО явилось обсуждение аналитического обзора «*Электронные библиотеки в образовании*», подготовленного международной группой экспертов и представленного профессором Л. А. Калининchenko (ИПИ РАН, Москва).

Среди докладов, представленных на конференции, особый интерес вызвал обзор ориентированных на профессиональное сообщество аспектов создания узкопрофильных электронных библиотек для образования (на примере DLESES — библиотеки в науках о Земле), докладчик М. Марлино (UCAR, США). Новый подход к организации учебных курсов по известному проекту «*Электронная библиотека Александрия*» рассматривался в докладе А. Ушакова (Калифорнийский университет в Санта-Барбаре, США). Электронные библиотеки в области астрономии (Astrophysics Data System), для аэрокосмического образования были представлены в докладах Е. Б. Кудашева (Институт космических исследований РАН), Э. Гюнтера (Smithsonian Astrophysical Observatory). Одна из актуальных проблем — Data Grid и перспективы использования этой архитектуры в электронных библиотеках — была рассмотрена в докладах И. Заславского (США) и В. В. Коренькова (ЛИТ ОИЯИ). Подробная информация по результатам конференции и содержанию материалов экспертного совещания ИИТО ЮНЕСКО размещена на сайте конференции (<http://rcdl2002.jinr.ru>).

В 2002 г. ученые и специалисты ОИЯИ участвовали в 231 международной конференции.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на рабочем совещании по химическому сепаратору для сверхтяжелых элементов (Дармштадт, Германия), 14-й Международной конференции по радиохимии (Марианске-Лазне, Чехия), 10-й Международной конференции по глубоконеупругому рассеянию «DIS-2002» (Краков, Польша), 14-й Международной конференции по электромагнитным изотопным сепараторам «EMIS-14» (Виктория, Канада), 9-м Международном семинаре по исследованию конденсированных сред методом рассеяния нейтронов (Познань, Польша), совещании по программе исследований ядро-ядерных столкновений на будущем ускорителе GSI (Дармштадт, Германия), Европейской конференции по импульсному источнику нейтронов ESS (Бонн, Германия), международном семинаре «Кварки-2002» (Новгород, Россия), 8-й Европейской конференции по ускорителям заряженных частиц (Париж), 7-й Международной конференции по ядерно-аналитическим методам в науках о жизни «NAMLS-7» (Анталья, Турция), рабочем семинаре «Топология в физике конденсированного состояния» (Дрезден, Германия), 52-й Международной конференции по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Москва), XI Международном коллоквиуме «Квантовые группы и интегрируемые системы» (Прага), XXIV Международном коллоквиуме по теоретико-групповым методам в физике «Group-24» (Париж), 16-й Международной конференции по ультрарелятивистским ядро-ядерным столкновениям кварков (Нант, Франция), международной конференции по теоретической физике «ТН-2002» (Париж), 31-й Международной конференции по физике высоких энергий (Амстердам), Симпозиуме по ядерным кластерам (от легких экзотических до сверхтяжелых ядер) (Ра-

уишхольцхаузен, Германия), международной конференции «Дифракция-2002» (Алушта, Украина), 11-м Международном симпозиуме по спектроскопии захватных гамма-лучей и сопутствующим вопросам (Прухонице, Чехия), международной школе по астрофизике «Ранняя Вселенная и космический микроволновый фон» (Палермо, Италия), рабочем совещании коллаборации Дубна–Марбург–Юлих (Марбург, Германия), 15-м Международном симпозиуме по спиновой физике «Спин-2002» (Брукхейвен, США), XXXIII Европейском совещании по циклотронам (Варшава, Краков, Польша), международной конференции «Структура адронов'02» (Херляни, Словакия), Российской конференции «Научный сервис сети Интернет» (Новосибирск, Россия), Российской конференции по ускорителям (Обнинск, Россия), XVI Международной конференции по частицам и ядрам «PANIC-02» (Осака, Япония), XVII Совещании по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния (Гатчина, Россия), международном симпозиуме «Новые проекты и направления исследований в ядерной физике» (Мессина, Италия), международной конференции «Деление и свойства обогащенных нейтрино ядер» (Санибел, США), международном симпозиуме по физике нестабильных ядер (Халонг Бэй, Вьетнам), сессии-конференции «Физика фундаментальных взаимодействий» (Москва), 5-й Международной конференции «Ренормализационные группы 2002» (Татраньска Штрба, Словакия), совместной Летней школе ОИЯИ и Румынии по использованию нейтронов (Бая-Маре, Румыния), международной конференции «Прага–Спин–02» (Прага), Европейской школе по физике высоких энергий (школа ЦЕРН–ОИЯИ) (Афины), XXXII Международном симпозиуме по многочастичной динамике (Алушта, Украина), Международной школе по современной физике (Улан-Батор).

**Справка о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований в 1965–2002 гг.**

	1965	1975	1985	1990	1995	2000	2002
1. Количество командировок в ОИЯИ специалистов из стран-участниц (без учета приездов на совещания)	203	1026	1469	1050	299	425	457
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	474	600	778	682	682	814
3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	42	49	44	52	54	47
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	69	131	119	437	1451	1946	2022
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	27	226	144	563	1036	990	631
6. Количество стипендиатов		11	3	16	28	17	24

**Перечень научных и научно-организационных совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 2002 г.***

Номер	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	91-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	17–18 января	120
2.	Рабочее совещание «Новые модельные и ядерно-физические методы в биофизике и биохимии»	Дубна	24–26 января	135
3.	Конференция «Математика. Компьютер. Образование»	Дубна	28 января – 2 февраля	200
4.	VI Конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ	Дубна (Ратмино)	4–9 февраля	130
5.	3-я Школа по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения	Дубна	8 февраля – 7 марта	90
6.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	21–22 февраля	80
7.	24-е рабочее совещание по экспериментам на нейтринном детекторе ИФВЭ–ОИЯИ и эксперименту NOMAD	Дубна	23–25 февраля	30
8.	12-е совещание Координационного комитета по выполнению соглашений между ВМБФ и ОИЯИ о сотрудничестве и использовании установок ОИЯИ	Дубна	25–26 февраля	20
9.	Международный семинар памяти профессора М. И. Соловьева	Дубна	1 марта	49
10.	Международный семинар «Ускорители частиц и ядер: прошлое, настоящее и будущее» (ISAPAN-02; памяти академика В. И. Векслера)	Дубна	4–6 марта	200
11.	5-я Международная конференция «Ренормализационные группы» (RG-2002)	Словакия, Татраньска Штрба	11–15 марта	70
12.	Совещание ОИЯИ и Румынии по наукам о материалах	Дубна	18–19 марта	55

*Ряд конференций был проведен совместно с другими организациями.

Номер	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
13.	Заседание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	21–23 марта	110
14.	6-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	2–28 апреля	45
15.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	15–16 апреля	100
16.	Конференция операторов и пользователей сети спутниковой связи РФ	Дубна	16–19 апреля	200
17.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	18–19 апреля	75
18.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	22–23 апреля	100
19.	Рабочее совещание «Исследование структуры экзотических ядер на пучках нуклотрона»	Дубна	25–26 апреля	35
20.	10-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-10)	Дубна	22–25 мая	140
21.	Рабочее совещание по экспериментам на установке ЭКСЧАРМ	Дубна	24–25 мая	40
22.	VII Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов	Дубна	27 мая – 1 июня	180
23.	Международная школа «Физика тяжелых кварков»	Дубна	27 мая – 5 июня	45
24.	III Международное совещание «Физика больших множественностей»	Дубна	3–5 июня	50
25.	92-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	6–7 июня	120
26.	XVI Балдинский международный семинар по проблемам физики высоких энергий	Дубна	10–15 июня	167
27.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	11–13 июня	45
28.	Рабочее совещание по исследованиям на ИБР-2	Дубна	17–19 июня	130
29.	Школа молодых ученых и специалистов ОИЯИ	Дубна (Липня)	21–23 июня	90
30.	Школа «Ядерная медицина в XXI веке»	Дубна	23–30 июня	70
31.	III Российско-японский семинар по технецию	Дубна	24–28 июня	75
32.	Совместная летняя школа ОИЯИ и Румынии по использованию нейтронов	Румыния, Бая-Маре	1–7 июля	50
33.	Заседание Контрольной комиссии Финансового комитета	Дубна	4–5 июля	20
34.	Рабочее совещание по квантовой гравитации и суперструнам	Дубна	11–18 июля	50
35.	Международная конференция «Прага–Спин–02»	Чехия, Прага	14–27 июля	145
36.	Школа DAAD «Квантовая статистика многочастичных систем»	Дубна	21 июля – 10 августа	60
37.	Европейская школа по физике высоких энергий	Греция, Афины	24 августа – 7 сентября	130

Номер	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
38.	Конференция «Перспективы развития спутниковой связи и вещания в РФ и СНГ»	Дубна	3–6 сентября	200
39.	XXXII Международный симпозиум по динамике процессов множественного рождения элементарных частиц	Украина, Алушта	7–13 сентября	100
40.	Международная школа по современной физике	Монголия, Улан-Батор	9–19 сентября	80
41.	Международный конгресс по математическому моделированию	Дубна	30 сентября – 6 октября	450
42.	Четвертая Всероссийская научная конференция «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2002)	Дубна	15–17 октября	150
43.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	11–12 ноября	100
44.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	14–15 ноября	100
45.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	21–22 ноября	75
46.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	2–7 декабря	45



Дубна, 17–18 января.
91-я сессия Ученого совета ОИЯИ,
в рамках которой прошло заседание
круглого стола «Белоруссия в ОИЯИ»





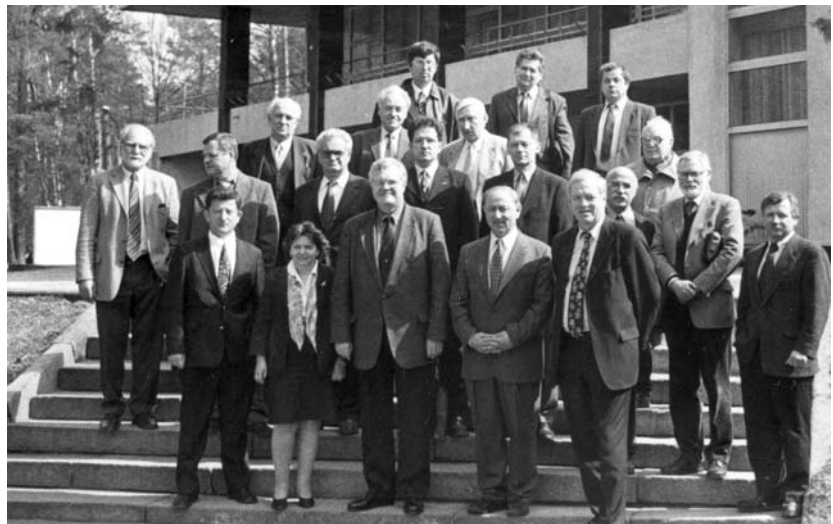
Дубна, 6–7 июня. 92-я сессия Ученого совета ОИЯИ



Дубна, 21–22 марта.
Очередная сессия Комитета
Полномочных Представителей
правительств
государств — членов ОИЯИ.
Экскурсия в Лабораторию ядерных
реакций им. Г. Н. Флерова



Дубна, 26 февраля. 12-е заседание Координационного комитета ВМВФ (ФРГ) — ОИЯИ, подписание протокола заседания



Дубна, 15 апреля.
Члены Программно-консультативного
комитета по физике частиц

Дубна, 29 ноября. Визит в ОИЯИ председателя Совета Федерации Федерального собрания РФ С. М. Миронова (в центре)





Дубна, 29 января. Визит в ОИЯИ научной делегации Греции во главе с генеральным секретарем по исследованиям и технологиям Министерства развития Греции Д. Дениозосом (третий слева)



Прага, 7–10 апреля.
Визит делегации ОИЯИ в Чехию.
Встреча в Министерстве
промышленности и торговли
Чешской Республики



Дубна, 3 сентября.
Визит в ОИЯИ Чрезвычайного
и Полномочного Посла Армении
в России А. Б. Смбатяна.
Встреча с послом (второй справа)
в Лаборатории ядерных реакций
им. Г. Н. Флерова



Дубна, 7 мая. Визит посла Индии в Российской Федерации К. Рагхунатха (в центре) в ОИЯИ



Дубна, 23 апреля.
Представительная делегация Министерства
энергетики (DOE) США посетила ОИЯИ.
Совместное заявление о намерениях подписали
заместитель министра энергетики Р. Кард
и директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский



Брюссель (Бельгия), ноябрь.
Встреча в Международном Сольвеевском
институте физики и химии.
На снимке: директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский,
барон Ж. Сольвей и директор института
И. Р. Пригожин



Бухарест, 11 июня. Открытие выставки ЦЕРН–ОИЯИ «Наука сближает народы» в Министерстве образования и науки Румынии



Познань (Польша), 8 октября.
Открытие фотовыставки
«Польша в ОИЯИ» в Университете
им. А. Мицкевича.
Выступает ректор университета
профессор С. Лоренц



Научно-производственный
центр «Аспект». Гость ОИЯИ
первый заместитель министра
иностраных дел РФ
В. И. Трубников (второй слева)
знакомится с продукцией центра



Дубна, 4 марта. Международный семинар «Ускорители частиц и ядер: прошлое, настоящее и будущее» (ISAPAN-02), посвященный памяти академика В. И. Векслера



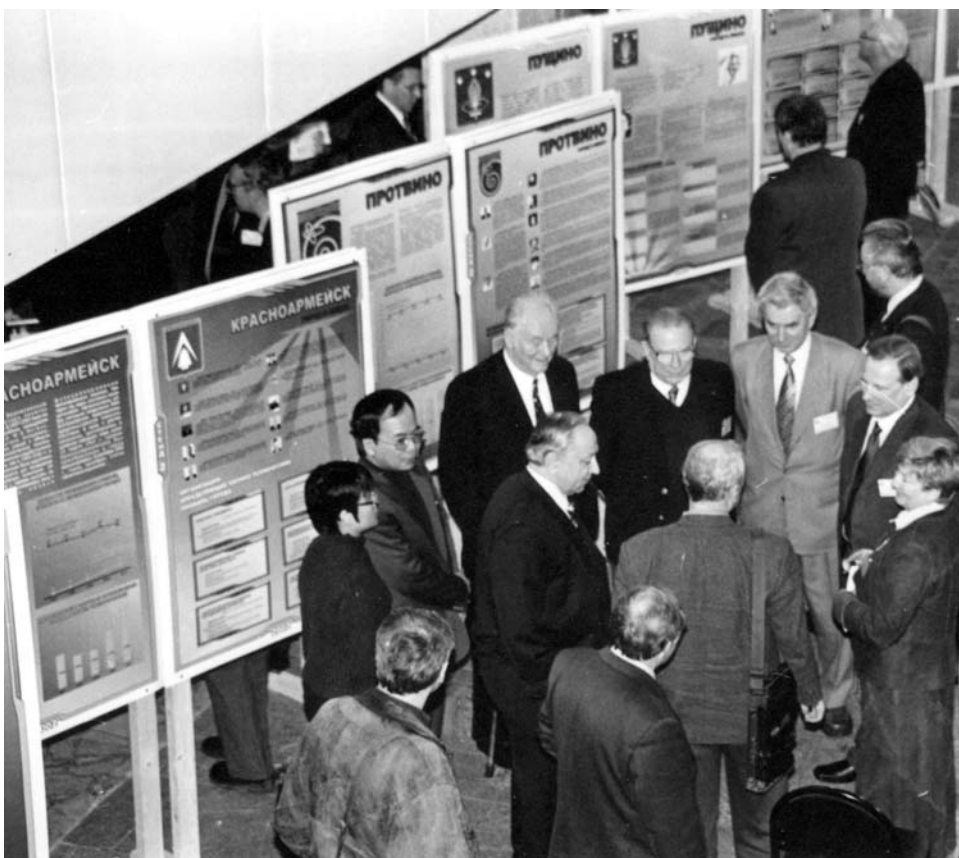
Дубна, 27 мая. Слушатели Международной школы по физике тяжелых кварков

Алушта (Крым), 7–13 сентября.
XXXII Международный симпозиум по динамике процессов множественного рождения частиц





Дубна, 26 марта. День образования ОИЯИ.
На сцене Дома культуры «Мир» лауреаты конкурса учителей Дубны — стипендиаты ОИЯИ 2002 года



Дубна, 24 декабря.
Участники международной конференции
«Интеллектуальный мост
Россия–Запад»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2002 г. в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова были продолжены исследования по трем темам первого приоритета Проблемно-тематического плана научно-исследовательских ра-

бот и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ: «Поля и частицы», «Теория атомного ядра и других конечных систем», «Теория конденсированных сред».

ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

Исследования по теме «Поля и частицы» охватывали широкий круг проблем современной математической физики, квантовой теории поля (КТП) и теории элементарных частиц.

Основная активность в области современной математической физики и квантовой теории поля была сконцентрирована на следующих направлениях:

- суперсимметрия и суперструны;
- интегрируемые модели, некоммутативные теории поля;
- непертурбативные подходы в КХД;
- квантовая гравитация и космология.

Феноменология в физике частиц представлена исследованиями стандартной модели фундаментальных взаимодействий и ее расширений, а также физики адронов при низких и высоких энергиях, нейтринной физики. Основными направлениями здесь были:

- SUSY и поиски бозона Хиггса;
- новые направления в нейтринной физике;
- КХД структурные функции;
- спиновые и поляризационные явления;
- киральные модели и спектроскопия мезонов;
- физика процессов с очень большой множественностью.

Ниже представлены некоторые результаты, полученные в ЛТФ в области современной математической физики и квантовой теории поля, а также

в феноменологических исследованиях по физике частиц.

Исследована суперконформная структура однородных суперпространств с $AdS_m \times S^n$ бозонными подпространствами. Вопреки широко распространенному мнению показано, что суперпространства $AdS_2 \times S^2$, $AdS_3 \times S^3$ и $AdS_5 \times S^5$, возникающие как решения $D = 4, 6, 10$ супергравитаций, не являются суперконформно-плоскими. Дано теоретико-групповое объяснение этого факта, и обсуждаются некоторые приложения в теории струн. В частности, показано, что должны быть пересмотрены некоторые результаты, основанные на предположении суперконформной плоскостности [1].

Предложена скобочная операция на пространстве градуированных операторов с инволюцией, обобщающая градуированный коммутатор супералгебр. Построен непрерывный предел $N = (1|1)$ решеточной иерархии Тоды — бездисперсионная $N = (1|1)$ иерархия Тоды, и получено его представление Лакса, где обобщенная градуированная скобка переходит в соответствующую скобку Пуассона на градуированном фазовом суперпространстве [2].

Непертурбативные решения нелинейных уравнений поля для NS-сектора теории (супер)струн как с кубическим, так и с неполиномиальным взаимодействием могут быть получены из линейных уравнений, включающих «спектральный» параметр λ и

кограничный оператор $Q(\lambda)$. С помощью обобщения техники генерирования решений (метода расщепления и метода одевания) показано, как построить непертурбативные конфигурации классических полей как для теории поля $N = 1$ суперструн, так и для полевой теории $N = 2$ фермионных струн. Построены разные точные решения струнных уравнений поля как с $u(n)$ -фактором Чана–Патона, так и без него [3].

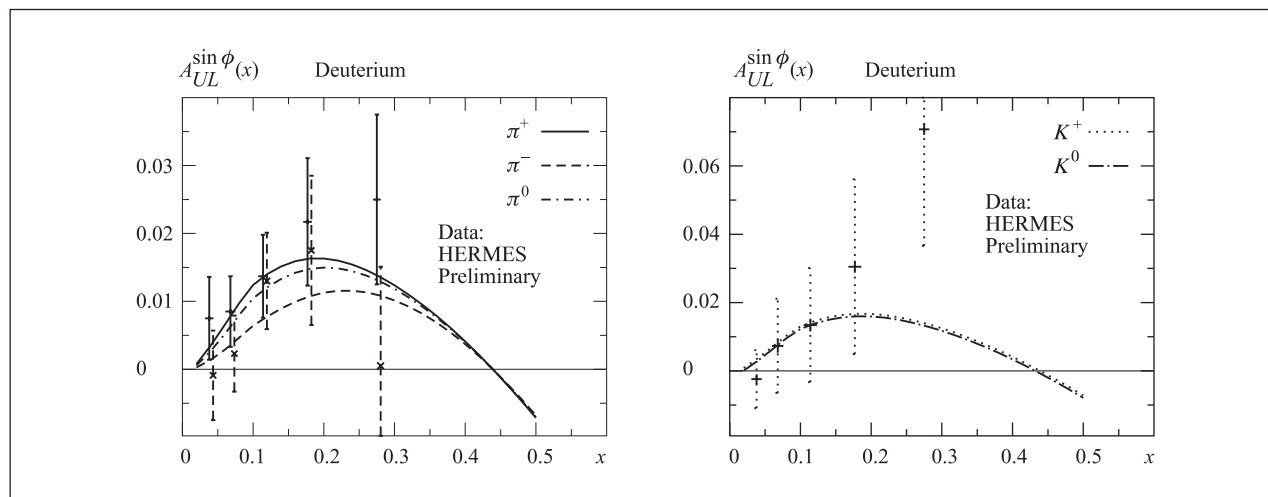
Были продолжены исследования 3-мерных спиновых интегрируемых моделей. Стартовой точкой исследования этих моделей является хорошая параметризация соответствующих бoльцмановских весов или достаточный запас решений уравнения тетраэдров, что обеспечивает интегрируемость модели на 3-мерной кубической решетке. Для нахождения этих решений исследована вспомогательная классическая дискретная интегрируемая система на кубической решетке, связанная с квантовым уравнением тетраэдров. Найдено общее решение этой системы в терминах алгебраической геометрии. Эти решения, построенные с помощью тэта-функций, обеспечили свободную параметризацию модифицированного уравнения тетраэдров. Наложение граничных условий привело к фиксации алгебраических кривых, по которым строились тэта-функции со спектральными кривыми классической системы. Периодические граничные условия позволили найти новые решения обычного уравнения тетраэдров, выраженные через тэта-функции старшего рода [4, 5].

Изучено локальное поведение статических решений общей $(1 + 1)$ -мерной дилатонной гравитации, взаимодействующей со скалярными и абелевыми калибровочными полями вблизи горизонта. Такой тип моделей, в частности, включает редукции многомерных теорий, инвариантных относительно достаточно большой группы изометрии. Решения вблизи горизонта в общем случае представляются в виде системы интегральных уравнений, а в особых случаях — в форме сходящегося ряда по степеням дилатонного поля [6].

Рассмотрены интегральные преобразования ренорм-инвариантной функции связи КХД. Особое внимание уделено преобразованию Фурье, т.е. переходу от пространственно-временной картины к представлению энергии-импульса. Сделан вывод, что условие возможности такого перехода представляет собой еще один аргумент против реальности существования нефизических сингулярностей, которые наблюдались в пертурбативной КХД. Кроме того, сформулировано замечание относительно способа «перевода» некоторых сингулярных «длинноволновых» асимптотик в ИК-область переданных импульсов. Оно имеет отношение к недавним результатам исследования асимптотического поведения эффективной функции связи КХД, полученным коллаборацией «Альфа» на основе численных решеточных симуляций [7].

Показано, что наблюдаемое коллаборациями HEAT (High-Energy Antimatter Telescope) и AMS (α -Magnetic Spectrometer) повышенное содержание позитронов в космических лучах может быть объяснено аннигиляцией нейтрально от темной материи в гало галактик. Полученная при этом оценка массы нейтрально 100 ГэВ совместима с глобальным фитом всех низкоэнергетических данных в рамках минимальной суперсимметричной стандартной модели [8].

С использованием полученной в ЛТФ в 2001 г. z -зависимости анализирующей способности Коллинза $H_1^\perp(z)/D_1^\perp(z) = (0,33 \pm 0,06)z$ были даны предсказания для спиновых асимметрий пионов и каонов для полунклюзивного процесса глубоко-неупругого рассеяния неполяризованных позитронов на продольно-поляризованной дейтронной мишени при кинематических условиях эксперимента HERMES (DESY). Недавние предварительные данные этого эксперимента неплохо согласуются с полученными предсказаниями (см. рисунок). Это свидетельствует о том, что кварковые распределения поперечного спина в нуклоне (transversity) близки к предсказаниям киральной кварк-солитонной модели.



Подготовлены к публикации аналогичные предсказания для спиновых асимметрий эксперимента COMPASS (ЦЕРН) для продольно- и поперечно-поляризованной мишеней.

С той же анализирующей способностью из спиновой асимметрии на неполяризованной мишени, но с поляризованным электронным пучком (эксперимент CLAS (JLab)) впервые получена информация о кварковом распределении твиста-3 $e(x)$ [9].

Проанализированы результаты недавних измерений калибровочно-инвариантных кварковых конденсатов на решетке. Величина длины корреляции l_{latt} хорошо согласуется с известной оценкой масштаба корреляции $1/l_{\text{latt}}^2 \approx \lambda_q^2 = \langle \bar{q}(ig\sigma_{\mu\nu}G_{\mu\nu})q \rangle / \langle \bar{q}q \rangle = 0,40-0,55 \text{ ГэВ}^2$, полученной из правил сумм КХД [10].

Предложено усовершенствование метода структурных функций в глубококонепругих (DIS) процессах. Для подсчета радиационных поправок к процессу Дрела-Яна использовался так называемый «механизм возвращения на резонанс». На основе явных выражений для радиационных поправок до второго порядка теории возмущений было сконструировано сечение в кинематической области $y \rightarrow 1$, при этом полученные выражения согласуются с предсказаниями ренорм-группы и учитывают подавление форм-фактором Судакова [11].

В низшем порядке теории возмущений рассмотрены поправки к процессу $K^\pm \rightarrow \pi^0 e^\pm \nu$ (так называемый K_{e3}^\pm -распад). Этот процесс является ключевым в определении V_{us} -элемента в матрице ККМ, и учет радиационных поправок необходим для точного вычисления значения V_{us} . Установлен общий вид зависимости от малых лептонных масс. Точность результатов оценивается на уровне 1%. Значение элемента матрицы ККМ оказывается равным $|V_{us}| = 0,2172 \pm 0,0055$ [12].

Развит S -матричный термодинамический подход к описанию процессов множественного рождения адронов. На его основе в области очень больших множественностей предсказано явление термализации конечного состояния, подтвержденное предварительными данными, полученными в экспериментах STAR (RHIC, BNL) [13].

На основе нового совместного анализа всех доступных данных по процессам $\pi\pi \rightarrow \pi\pi, K\bar{K}$ в

канале с квантовыми числами вакуума получены убедительные данные о существовании состояния $f_0(600)$ со свойствами σ -мезона. Результат включен в издание «Review of Particle Physics» 2002 г. Существование мезона $f_0(600)$ и полученная длина $\pi\pi$ -рассеяния ($a_0^0 = 0,27m_{\pi^+}^{-1}$) свидетельствуют о линейной реализации киральной симметрии [14].

Найден непертурбативный вклад в асимптотику формфактора кварка в модели инстантонного вакуума в формализме петель Вильсона. Показано, что вклад инстантонов сравним по величине с пертурбативными вкладами для импульсов передачи порядка 1 ГэВ^2 [15].

Переходные формфакторы псевдоскалярных мезонов для процессов $\gamma^*\gamma \rightarrow P$ и $\gamma^*\gamma^* \rightarrow P$, где $P = (\pi, \eta, \eta')$ при пространственноподобных импульсах фотонов, вычислены в стандартной модели Намбу-Иона-Лазинио и в эффективной модели с нелокальным кварк-мезонным взаимодействием, индуцированным обменом инстантонами. Найден ведущая и следующая за ведущей асимптотика формфакторов, и установлено соотношение между амплитудой распределения мезонов твистов 2 и 4 и динамической массой кварка [16].

Использование опубликованных недавно результатов SNO по солнечным нейтрино позволило определить долю нейтрино от распада ядер Бора в эксперименте HOMESTAKE. Это дало возможность независимым способом определить поток монохроматических бериллиевых нейтрино и предсказать ожидаемую долю событий в будущем эксперименте BOREXINO [17].

Как одно из возможных решений проблемы природы темной энергии $\Omega_\Lambda = 0,7$ предложен альтернативный космологический сценарий, в котором конформными преобразованиями эволюция расстояний стандартного подхода трансформируется в эволюцию масс всех элементарных частиц в стационарной Вселенной, а динамика задается безмассовым скалярным полем [18]. Проанализированные в рамках предлагаемого подхода наблюдательные данные по сверхновым находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными. Предсказываются возможные расстояния до сверхновых при значениях красного смещения $z > 1,7$ [19].

ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА И ДРУГИХ КОНЕЧНЫХ СИСТЕМ

Исследования по теме «Теория атомного ядра и других конечных систем» в 2002 г. велись в рамках четырех проектов:

— «Ядерная структура в экстремальных условиях»;

— «Динамика и структурные эффекты в ядерных и мезоскопических системах»;

— «Физика малочастичных систем»;

— «Релятивистская ядерная динамика».

В исследованиях по теории структуры ядра получены следующие основные результаты.

Метод сепарабельности взаимодействия Скирма в рамках частично-дырочного приближения случайной фазы обобщен для использования в ядрах с сильными парными корреляциями, что дает возможность проводить расчеты свойств ядерных возбуждений в большом конфигурационном пространстве. Исследованы свойства низколежащих квадрупольных и октупольных колебаний в ядрах, далеких от линии стабильности [20].

Вероятности реакции обычного захвата мюона для нескольких сферических ядер рассчитаны с использованием квазичастичного приближения случайной фазы. При этом зависящие от скорости слагаемые были рассчитаны с одночастичными волновыми функциями, имеющими правильную асимптотику. Сравнение с экспериментальными данными показало, что константа аксиально-векторного взаимодействия не перенормируется в ядрах среднетяжелого атомного веса, в то время как в тяжелых ядрах такая перенормировка необходима [21].

На примере системы двух дискретных уровней, связанных со сплошным спектром, исследовано влияние ширины уровней на их смешивание. Оказалось, что распадная ширина уровней с учетом смешивания демонстрирует весьма характерное поведение как функция энергии, которая зависит от относительного положения дискретных уровней и порога канала. Этот результат важен для понимания структуры слабосвязанных ядер, где ярко выражено взаимодействие связанных и несвязанных уровней [22].

Угловые моменты фрагментов деления рассчитаны в предположении, что за их формирование ответственны колебания, изгибающие делящуюся систему перед ее разрывом. Результаты расчетов качественно согласуются с экспериментальными данными о спонтанном делении ^{252}Cf [23].

Разработан формализм, позволяющий описывать нелинейную эволюцию ядерной поверхности без каких-либо предположений о форме ядерной системы. В его рамках анализ эволюции аксиально-симметричной ядерной поверхности можно провести методами дифференциальной геометрии [24].

Кроме того, методы теории ядра были использованы для решения задач физики металлических кластеров.

Разработан последовательный метод факторизации двухчастичного взаимодействия в рамках приближения случайной фазы. Метод использован при изучении мультипольных осцилляций валентных электронов в деформированных натриевых кластерах. Как деформированное среднее поле, так и остаточное взаимодействие были рассчитаны самосогласованным образом на основе энергетического функционала Кона–Шэма. В кластерах с числом

атомов более 50 ширина Ландау оказывается сравнимой с деформационным расщеплением дипольного плазмона и определяет его ширину и гросс-структуру [25].

Мультипольная деформация простых металлических кластеров исследована в рамках квазиклассического подхода. Самосогласованное среднее поле валентных электронов было смоделировано аксиально-деформированной полостью, в то время как осциллирующая часть полной энергии была рассчитана квазиклассически, с учетом самых коротких периодических орбит. Получено хорошее качественное согласие с результатами квантово-механических расчетов методом оболочечной поправки [26].

Результаты проекта «Физика малочастичных систем» таковы.

Проведен анализ уравнений Фаддеева с S -волновым двухчастичным взаимодействием центробежного типа. Доказаны условия существования точных решений, которые можно представить в виде произведения зависящей от гиперрадиуса функции Бесселя и конечной линейной комбинации числовых коэффициентов и трехчастичных гипергармоник. Построение этих решений сведено к анализу алгебраических систем. Доказано существование особых трехчастичных конфигураций, в которых не происходит коллапса ни двух, ни всех трех частиц, хотя достаточное для коллапса двух частиц условие выполняется [27].

Фото- и электророждение околопороговых нейтральных пионов исследовано с помощью дисперсионных соотношений. Были рассчитаны действительные части пороговых амплитуд, а также дисперсионные интегралы, заданные мнимыми частями мультиполей унитарной модели изобары и феноменологическим анализом парциальных волн. Обнаружено заметное взаимопогашение борновских членов и резонансных вкладов. Результаты вычислений хорошо согласуются с экспериментальными данными для фотопоглощения, в то время как дисперсионный анализ показал существенные расхождения с данными по электророждению [28].

Построено семейство несамосопряженных операторов, которые факторизуют трансфер-функцию, связанную с самосопряженной 2×2 гамильтоновой матрицей, диагональные составляющие которой могут иметь перекрывающиеся спектры, а недиагональные являются неограниченными операторами. В частности, доказано, что комплексные собственные значения этих несамосопряженных операторов представляют собой резонансы исходной спектральной задачи [29].

Изучен процесс когерентного фоторождения η -мезона на легких ядрах в рамках микроскопического приближения конечного ранга. Получен большой объем численных данных для мишеней ^3He и ^3H и различных вариантов взаимодействия η -мезона с нуклоном [30].

Перечислим основные результаты проекта «Релятивистская ядерная динамика».

Разработана теоретическая модель, позволяющая исследовать процесс фоторождения ω -мезона, учитывая вклад всех известных барионных резонансов, включенных в данные Particle Data Group, а также другие механизмы. Решена проблема самосогласованного описания высокоспиновых резонансов и их взаимодействия с мезонами и нуклонами. Модель позволяет рассчитывать неполяризованные наблюдаемые и любые спиновые корреляции [31].

В подходе Бете–Солпитера рассмотрены реакции перезарядки и фрагментации дейтрона $pD \rightarrow n(pp)$ и $pD \rightarrow (pp)n$ при высоких энергиях. Взаимодействие в конечном состоянии pp -пары описывалось при помощи S^{++} - и P^{+-} -компонент амплитуды Бете–Солпитера. Численные расчеты показали, что P -компоненты могут играть решающую роль в описании сечения при кинематических условиях, соответствующих нулю нерелятивистской волновой функции для 1S_0 -состояния pp -пары [32].

Рассмотрены дисперсионные соотношения для нуклон-нуклонной T -матрицы в подходе Бете–Солпитера с сепарабельным ядром взаимодействия. Полученные уравнения позволяют установить точную аналитическую связь между параметрами этого сепарабельного ядра и параметрами низкоэнергетического рассеяния, а также с энергией связи дейтрона. Кроме того, появляется возможность построить сепарабельное ядро взаимодействия I ранга для S -парциальных волн в синглетном и триплетном каналах. Рассчитаны фазовые сдвиги [33].

Расчеты формфакторов ядра ^{12}C , проведенные с целью изучения альфа-кластеризации и короткодействующих корреляций в ядрах как в рамках обычного, борновского приближения, так и с помощью численного решения уравнения Дирака, показали, что при больших переданных импульсах имеет место значительное расхождение между результатами двух указанных методов. Таким образом, только численное решение уравнения Дирака позволяет выявить структурные эффекты, обусловленные своим происхождением корреляциям нуклонов в ядрах на малых и средних расстояниях [34].

Кроме того, получены новые результаты в теории излучения Вавилова–Черенкова.

Исследовано движение заряда в непрерывной среде на конечном отрезке. Точное решение задачи Тамма во временном представлении показало, что на некотором временном интервале существуют только две ударные волны: связанная с тормозным излучением в начале движения и связанная с черенковским излучением. В спектральном представлении получены аналитические выражения для электромагнитного поля и потока энергии, излучаемых зарядом, движущимся по траектории, состоящей из частей, на которых заряд ускоряется, движется равномерно и затем замедляется. Доказано, что в задаче Тамма в ее оригинальной постановке предполагаемые мгновенное ускорение и замедление заряда не дают вклада в интенсивность излучения. Результаты можно использовать при анализе замедления тяжелых ионов, движущихся в прозрачной среде [35].

ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Исследования по теме «Теория конденсированных сред» были продолжены 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».

Для описания новых слоистых кристаллов манганита $A_2\text{MnGaO}_{5+\delta}$ ($A = \text{Sr}, \text{Ca}$) разработана теоретическая модель с нестандартным механизмом сверхобменного взаимодействия магнитных ионов. Дано объяснение сильного влияния структуры кристалла на тип основного состояния магнитной подсистемы,

которое было обнаружено в недавних экспериментах по рассеянию нейтронов в ЛНФ ОИЯИ [36].

Рассчитаны термоэлектрические свойства различных сильно коррелированных систем с электронами d - и f -типа в рамках динамической теории среднего поля, в которой для решения однопримесной задачи был использован квантовый метод Монте-Карло [37].

Предложено объяснение необычной зависимости обменной энергии от легирования в двухслойных манганитах, которая была недавно обнаружена в экспериментах по рассеянию нейтронов. Показано, что в рамках двухорбитальной электронной модели с сильным кулоновским и ян-теллеровским взаимодействиями этот эффект обусловлен зависимостью расщепления орбитальных энергий от легирования [38].

Для свободных моделей статистической механики на торе найдены точные асимптотические раз-

ложения для свободной энергии, внутренней энергии и теплоемкости в окрестности критической точки. Показано, что существует прямая связь между членами разложения и двойными рядами Кронекера. Последние могут быть выражены в терминах эллиптических θ -функций во всех порядках асимптотического разложения [39].

Рассмотрена задача на собственные значения, включающая нелинейное уравнение Шредингера на полупрямой $[0, \infty)$ и некоторые граничные условия. Показано, что спектр этой задачи заполняет некоторую полупрямую и что каждой точке спектра соответствует единственная собственная функция. Главный результат состоит в доказательстве того, что произвольная бесконечно дифференцируемая функция, которая быстро убывает при $x \rightarrow \infty$ и удовлетворяет подходящим граничным условиям в точке $x = 0$, может быть единственным образом разложена в интеграл по собственным функциям подобно представлению функций при помощи преобразования Фурье [40].

Предсказан ряд новых эффектов (включая торсионный джозефсоновский пьезомагнетизм и магнетомеханический эффект) в деформированном под действием механического кручения сверхпроводящем стержне (содержащем джозефсоновский контакт) при наличии внешнего магнитного поля и градиента температур. В рамках трехмерной модели индуктивной джозефсоновской среды предсказано гигантское (до 500%) увеличение электронной теплопроводности гранулированного сверхпроводника во внешнем электрическом поле [41].

В рамках метода потенциала деформации обнаружены особенности фоновонного рассеяния статическими полями напряжений круговой дисклинационной петли [42].

В рамках модели неоднородной струны рассчитан вклад дисклинаций кручения в теплоемкость и внутреннее трение неупорядоченных полупроводников [43].

Рассчитана плотность электронных состояний вблизи дисклинаций для трех геометрий: сфера, конус и гиперболоид. Обнаружено, что в случае 180° дисклинации формируется область с конечной плотностью состояний вблизи уровня Ферми [44].

Для сверхпроводников MgB_2 в рамках модели, учитывающей влияние поляронов большого радиуса на зонную структуру материала, вычислена зависимость критической температуры от давления. Полученные результаты находятся в согласии с экспериментальными данными [45].

Кинетическая и потенциальная энергии основного состояния трехмерного разреженного бозе-газа в магнитной ловушке вычислены вне приближения среднего поля. Оказалось, что эти энергии зависят от формы потенциала двухчастичных сил, что выражается в появлении новой характеристической длины b в дополнение к хорошо известной длине рассеяния a [46].

Для описания стабильности стохастических систем предложен метод индексов стабильности. Показано, что квазиизолированные системы стохастически нестабильны [47].

Во многих науках (физике, химии, биологии, социологии) имеются задачи кинетики рождений и распадов составных объектов. Развито вероятностное описание таких систем на основе гипотезы о константах скоростей переходов между состояниями с заданными числами заселенности. В таком подходе впервые удалось одновременно описать процессы как агрегации, так и фрагментации [48].

Показано, что квантовая телепортация в реальных условиях оказывается зависящей не только от телепортируемого состояния, но также и от положения источника скоррелированных импульсов по отношению к передающей и принимающей станциям ввиду существенного уменьшения количества квантовой информации, которая может быть передана по каналам связи [49].

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Приобретена и установлена рабочая станция Sun Blade 1000, оснащённая двумя процессорами UltraSPARC III с тактовой частотой 750 МГц, объемом оперативной памяти 1,5 Гбайт, операционной системой Solaris 9. На имевшихся ранее рабочих станциях производства Sun Microsystems операционные системы обновлены до Solaris 9 или Solaris 8. Обновлено большое количество утилит и свободного прикладного обеспечения.

Введен в строй новый вычислительный сервер на двух процессорах Pentium 4 Xeon с тактовой частотой

2,2 ГГц (<http://thsun1.jinr.ru/guide/up4m/>). Объем оперативной памяти сервера 2 Гбайт, операционная система Linux, Debian 3. По производительности сервер превосходит прежние вычислительные средства ЛТФ.

Для упрощения администрирования большой и разнородной группы Unix-серверов в ЛТФ внедрен протокол LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) поверх SSL (Secure Sockets Layer), обеспечивающий доступ со всех серверов к единой базе данных пользователей и паролей.

Сетевой принтер коллективного пользования заменен на новый, более быстродействующий и поддерживающий двустороннюю печать.

В 2002 г. в ЛТФ установлено 23 современных персональных компьютера, большинство из которых комплектованы Pentium 4 1,8–2,0 ГГц, 512 Мбайт DDR RAM, 40 Гбайт HDD, CD-RW.

Завершен монтаж кабельной сети на витой паре UTP. Новой проводкой охвачены все рабочие помещения ЛТФ, в каждом офисе установлено не менее двух розеток для подключения компьютеров. Расширен стек сетевых коммутаторов. Суммарное число портов Fast Ethernet достигло 200. К концу 2002 г. около 140 персональных компьютеров и серверов

ЛТФ было подключено к новой сети. В группе серверов начато внедрение Gigabit Ethernet. В целях совершенствования управления локальной сетью и для удобства пользователей внедрен протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), позволяющий централизованно задавать сетевые настройки персональных компьютеров.

На сервере `thproxy.jinr.ru`, финансируемом по гранту РФФИ, расширены оперативная память и дисковое пространство. Архив программного обеспечения перенесен на отказоустойчивый дисковый массив конфигурации RAID-5. В целях повышения производительности поисковые программы были перенесены с `thsun1.jinr.ru` на `thproxy.jinr.ru`.

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 2002 г. лаборатория участвовала в организации 11 международных конференций, рабочих совещаний и школ, проходивших в Дубне, Праге, Татраньска Штрба, Гисене и Алуште.

5-я международная конференция «Ренормализационная группа-2002» проходила с 10 по 16 марта в живописном месте Татраньска Штрба (Высокие Татры, Словакия). Конференции, посвященные применению методов ренормализационной группы в различных областях теоретической физики, проводятся по инициативе Д. В. Ширкова с 1986 г. Первые три конференции проходили в Дубне (1986, 1991, 1996), четвертая — в Мехико (1999). Пятая конференция этой серии была организована Институтом экспериментальной физики Словацкой академии наук и Лабораторией теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ. Ее тематика охватывала широкий спектр подходов к ренормализационной группе и их применения в квантовой теории поля, статистической физике, стохастической и нелинейной динамике, математической физике. Ученые ОИЯИ представили на конференции 8 докладов.

С 27 мая по 5 июня в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проходила Международная школа по физике тяжелых кварков, в работе которой участвовало около 50 студентов и лекторов из Великобритании, Германии, Италии, России, США, Украины и Хорватии. Тематика школы была связана с одним из наиболее активно развивающихся направлений физики элементарных частиц — физикой адронов, содержащих тяжелые кварки. В лекциях был дан исчерпывающий обзор наиболее интересных проблем физики тяжелых кварков (рождение и распад тяжелых адронов, *CP*-нарушение) и теоретических методов и моделей их исследования (эффективные полевые теории, правила сумм, уравнения

Дайсона–Швингера, КХД на решетке). Статус исследований лидирующих экспериментальных групп был освещен в докладах представителей коллабораций Nera-B, VaBar и Belle. Школа продолжила серию рабочих совещаний «Физика тяжелых кварков», проходивших в Дубне (1993, 1996, 2000), Бад-Хоннефе (1994) и Ростоке (1997), но на этот раз акцент был сделан на участии студентов, аспирантов и молодых ученых, которые, помимо посещения лекций, имели возможность доложить результаты своих собственных исследований на семинарах, проходивших в рамках школы. Хорошо отлаженная инфраструктура ОИЯИ и Лаборатории теоретической физики, а также поддержка Министерства образования, науки и технологий (BMBWF) Германии и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) позволили провести школу на хорошем уровне.

С 21 июля по 10 августа в Дубне проходила международная летняя школа DAAD «Квантовая статистика многочастичных систем». Это вторая школа, организованная в Дубне при поддержке Министерства образования, науки и технологий Германии и Немецкого комитета научных обменов (DAAD). В ней участвовали 43 студента из 9 стран — 18 из России, 15 из Германии, а также из Египта, Армении, Японии, Кореи, Венгрии, Белоруссии, Польши. Лекции читали известные ученые из Германии, России, Японии, Италии, Армении, США, Украины и Франции. Программа школы этого года была более широкой и интересной и включала лекции по квантовой теории поля при конечной температуре и плотности, функциям Грина в равновесной и неравновесной термодинамике, методу функционала плотности, связанным состояниям и кластерам, фазовым переходам в столкновениях тяжелых ионов, моделированию Монте-Карло кулоновских систем, плотной ма-

терии в компактных звездах и сверхновых. Достигнута договоренность с издательством «Шпрингер» о выпуске трудов школы. Очередная, третья школа в рамках этой программы пройдет летом 2003 г. в Дубне по тематике одной из бурно развивающихся областей науки — «Трафик и экономфизика».

В 2002 г. успешно прошли традиционные рабочие совещания ЛТФ: «Теория нуклеации и ее применения» (4–28 апреля), «Квантовая гравитация и суперструны» (11–18 июля). Финансовую поддержку совещаниям оказали РФФИ, ЮНЕСКО (ROSTE, Венеция), а также программы международного сотрудничества «Гейзенберг–Ландау» и «Боголюбов–Инфельд».

Лаборатория участвовала также в работе и организации международного рабочего совещания «Новые модели и методы ядерной физики в биофизике и биохимии» (24–26 января, Дубна); XVI Международного Балдинского семинара по проблемам физики высоких энергий (10–15 июня, Дубна); XI международного коллоквиума «Квантовые группы и интегрируемые системы» (20–22 июня, Прага, Чехия); международного рабочего совещания и школы «Симметрии и спин» (14–28 июля, Прага, Чехия); Международного симпозиума по ядерным кластерам (5–9 августа, Гисен, Германия); 32-го международного симпозиума «Динамика процессов множественного рождения элементарных частиц» ISMD XXXII (7–13 сентября, Алушта, Украина).

Международное сотрудничество ЛТФ в 2002 г. было поддержано грантами полномочных представителей правительств Болгарии, Венгрии, Словакии, Польши, Румынии, Чехии и дирекции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками Германии проходило при поддержке программы «Гейзенберг–Ландау», с теоретиками Польши — программы «Боголюбов–Инфельд», с теоретиками Чехии — программы «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.

Продолжают действовать соглашения о сотрудничестве с теоретическим отделом ЦЕРН и МЦТФ (Триест).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bandos I. et al. // ЖНЕР. 2002. V. 0206. P. 040.*
2. *Кадьшевский В. Г., Сорин А. С. // ТМФ. 2002. Т. 132. С. 222.*
3. *Lechtenfeld O., Popov A. D., Uhlmann S. // Nucl. Phys. B. 2002. V. 637. P. 119–142.*
4. *Пакуляк С., Сергеев С. nlin.SI/0209019; ТМФ (принято к печати).*
5. *von Gehlen G., Pakuliak S., Sergeev S. nlin.SI/0208035; J. Phys. A: Math. Gen. (in press).*
6. *Filippov A. T., Maison D. Preprint MPI-PhT 2002-61; gr-qc/0210081.*
7. *Ширков Д. В. hep-th/0210013; ТМФ (направлено).*
8. *de Boer W. et al. // Nucl. Phys. Proc. Suppl. 2002. V. 113. P. 221.*
9. *Efremov A. V., Goeke K., Schweitzer P. // Eur. Phys. J. C. 2002. V. 24. P. 407; hep-ph/0208124.*
10. *Bakulev A. P., Mikhailov S. V. // Phys. Rev. D. 2002. V. 65. P. 114511(14).*
11. *Кураев Э., Галынский М., Ильичев А. // Письма в ЖЭТФ (принято к печати).*
12. *Bytev V. et al. // Eur. Phys. J. C (in press).*
13. *Манджavidze И. Д., Сисакян А. Н. // ТМФ. 2002. Т. 130. С. 153; Сисакян А. Н. // УФН (в печати).*
14. *Surovtsev Yu. S., Krupa D., Nagy M. // Eur. Phys. J. A. 2002. V. 15.*
15. *Dorokhov A. E., Cherednikov I. O. // Phys. Rev. D. 2002. V. 66. P. 074009.*
16. *Dorokhov A. E., Volkov M. K., Yudichev V. L. hep-ph/0203136; Yad. Fiz. 2003. V. 66(3) (in press).*
17. *Bilenky S. M. et al. // Phys. Lett. B. 2002. V. 533. P. 191–195.*
18. *Pervushin V. N., Proskurin D. V., Gusev A. A. // Gravitation & Cosmology. 2002. V. 8. P. 181.*
19. *Behnke D. et al. // Phys. Lett. B. 2002. V. 530. P. 20.*
20. *Severyukhin A. P. et al. // Phys. Rev. C. 2002. V. 66. P. 034304.*
21. *Kuz'min V. A. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2002. V. 28. P. 665.*
22. *von Brentano P., Jolos R. V., Weidenmuller H. A. // Phys. Lett. B. 2002. V. 534. P. 63.*
23. *Schneidman T. M. et al. // Phys. Rev. C. 2002. V. 65. P. 064302.*
24. *Kartavenko V. G., Gridnev K. A., Greiner W. // ЯФ. 2002. V. 65. P. 637.*
25. *Kleinig W., Nesterenko V. O., Reinhard P.-G. // Annals Phys. (N.Y.) 2002. V. 297. P. 1.*
26. *Pashkevich V. V. et al. // Phys. Lett. A. 2002. V. 294. P. 314.*
27. *Пуньшев В. В. // ЭЧАЯ. 2002. Т. 33, вып. 4. С. 843.*
28. *Kamalov S. S. et al. // Phys. Rev. C. 2002. V. 66. P. 065206.*
29. *Hardt V., Mennicken R., Motovilov A. K. // J. Operator Theory. 2002. V. 48. P. 187.*
30. *Shevchenko N. V. et al. // Nucl. Phys. A. 2002. V. 699. P. 165.*
31. *Titov A. I., Lee T.-S. H. // Phys. Rev. C. 2002. V. 66. P. 015204.*
32. *Семих С. С. и др. // ЯФ. 2002. Т. 65. С. 469.*

33. *Bondarenko S. G. et al.* // Phys. Rev. C. 2002. V. 65. P. 064003.
34. *Lukyanov V. K. et al.* // Part. Nucl. Lett. 2002. V. 2[111]. P. 6.
35. *Afanasiev G. N., Shilov V. M.* // J. Phys. D: Appl. Phys. 2002. V. 35. P. 854.
36. *Pomjakushin V. et al.* // Phys. Rev. B. 2002. V. 66. P. 184412.
37. *Oudovenko V. S., Kotliar G.* // Phys. Rev. B. 2002. V. 65. P. 075102.
38. *Jackeli G., Perkins N. B.* // Phys. Rev. B. 2002. V. 65. P. 212402.
39. *Ivashkevich E. V., Izmailian N. Sh., Chin-Kun Hu* // J. Phys. A: Math. Gen. 2002. V. 35. P. 5543.
40. *Zhidkov P. E.* // Diff. Uravneniya. 2002. V. 38. P. 1183.
41. *Сергеевков С.* // Письма в ЖЭТФ. 2002. Т. 75. С. 388; Т. 76. С. 204.
42. *Krasavin S. E., Osipov V. A.* // J. Phys.: Cond. Mat. 2002. V. 14. P. 12923.
43. *Churochkin D. V., Osipov V. A.* // J. Phys.: Cond. Mat. 2002. V. 14. P. 12917.
44. *Osipov V. A., Kochetov E. A., Pudlak M.* // ZhETF (in press).
45. *Ivanov V. A., Smondyrev M. A., Devreese J. T.* // Phys. Rev. B. 2002. V. 66. P. 134519.
46. *Cherny A., Shanenko A.* // Phys. Lett. A. 2002. V. 293. P. 287.
47. *Yukalov V. I.* // Phys. Rev. E. 2002. V. 65. P. 056118.
48. *Dubovik V. M. et al.* // Phys. Rev. E. 2002. V. 66. P. 0161106.
49. *Chizhov A. V., Knöll L., Welsch D.-G.* // Phys. Rev. A. 2002. V. 65. P. 022310.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ им. В. И. ВЕКслера и А. М. БАЛДИНА

Научная программа теоретических и экспериментальных исследований Лаборатории высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина по релятивистской ядерной физике нацелена на постановку и проведение экспериментов, существенно влияющих на дальнейшее развитие теории сильных взаимодействий и создание современной теории атомного ядра. Ведутся 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, а также продолжается изучение спиновой структуры легчайших ядер. Программа исследований, в частности, предусматривает:

- получение новой информации о свойствах процессов множественного рождения частиц в столкновениях различных ядер;
- изучение свойств сильно взаимодействующей материи при экстремальной плотности энергии и в переходной области от адронной материи к кварк-глюонной плазме.

Поиск и исследование свойств сильно возбужденной ядерной материи позволит осуществить проверку КХД-теории и дать возможные ответы на фундаментальные вопросы: что такое конфайнмент, каковы механизмы адронизации и нарушения киральной симметрии.

Научные исследования проводятся с использованием собственной ускорительной базы ЛВЭ, а также других ускорительных центров: ЦЕРН, BNL, GSI, RIKEN, в Упсале и т. д.

На ускорительном комплексе ЛВЭ действуют несколько физических установок («Сфера», ГИБС, «Фаза», «Дельта–Сигма», «Дельта», ДИСК, СМС,

МАРУСЯ, СКАН-1, СКАН-2, «Стрела» и др.). Планируется дальнейшее развитие экспериментальных установок и создание новых (например, «Синглет», НИС и т. д.).

Большой вклад вносится в проведение исследований в других научных центрах на экспериментальных установках: NA-45, NA-49, STAR, PHENIX, CMS, ALICE, HADES, WASA и т. д.

Ускорительный комплекс ЛВЭ состоит из синхрофазотрона и нового сверхпроводящего ускорителя — нуклотрона. Нуклотрон создан на основе уникальной технологии сверхпроводящих магнитных систем, которые были предложены и исследованы в лаборатории [1]. В последнее время программа исследований переходит на нуклотрон, а синхрофазотрон используется практически только для исследований с пучком ускоренных поляризованных частиц. В течение двух лет планируется перенести научно-исследовательскую программу ЛВЭ на нуклотрон. Подготовлена программа физических исследований на нуклотроне [2].

На базе нуклотрона создается пользовательский центр для исследований по релятивистской ядерной физике и решения прикладных задач с использованием релятивистских ионов в области энергий в несколько ГэВ на нуклон.

В Лаборатории высоких энергий продолжено развитие технологии для создания прототипов быстроциклирующих сверхпроводящих магнитов. Для будущего сверхпроводящего ускорителя в Дармштадте планируется использовать магниты типа «Нуклотрон».

Некоторые новые результаты, полученные на ускорительном комплексе ЛВЭ в последних сеансах, опубликованы в [2].

В 2002 г. проведено три сеанса на нуклотроне ОИЯИ общей продолжительностью 1850 ч. В мартовском сеансе была увеличена интенсивность выведенного пучка ионов магния до $\approx 10^8$ частиц/цикл. В летнем сеансе на нуклотроне впервые были ускорены ионы аргона с интенсивностью $1,4 \cdot 10^6$ частиц/цикл и кинетической энергией ≈ 1 ГэВ/нуклон и получен выведенный пучок. В декабрьском сеансе впервые был ускорен и выведен из нуклотрона пучок поляризованных дейтронов с энергией 1–2 ГэВ/нуклон и интенсивностью пучка $1,8 \cdot 10^8$ частиц/цикл. Векторная поляризация, измеренная в кольце ускорителя и в первой экспериментальной точке выведенного пучка (фокус F3), составила 0,57–0,60. Коэффициент поляризации выведенного пучка соответствует коэффициенту поляризации инжектированного пучка в кольцо нуклотрона. Длительность растяжки выведенного пучка увеличена до 2 с.

В декабрьском сеансе проведен эксперимент по отклонению выведенного из нуклотрона пучка протонов 5 ГэВ/с кристаллом кремния. Цель эксперимента — испытание нового гониометрического

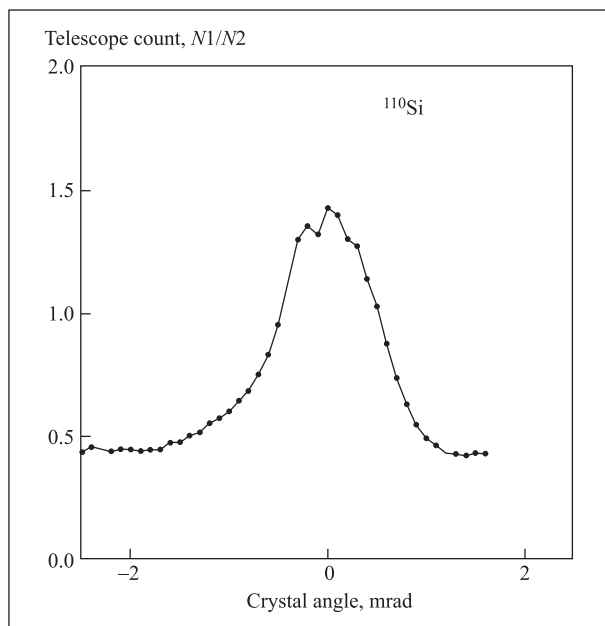


Рис. 1. Зависимость отношения числа событий, зарегистрированных сцинтилляционным телескопом по трассе отклоненного пучка, к показаниям фонового телескопа, от угла ориентации кристалла относительно пучка (протоны 5 ГэВ/с, кристалл кремния длиной 1 см, угол изгиба 28 мрад)

устройства и системы регистрации для проведения на выведенном пучке нуклотрона программы исследова-

ний с вольфрамовыми кристаллами, которые обладают более сильными, чем кристаллы кремния, внутрикристаллическими полями. Для регистрации отклоненного пучка использовались сцинтилляционные телескопы, расположенные симметрично относительно прямого пучка, и люминесцентный экран с усилителем изображения. Получена зависимость числа отклоненных кристаллом частиц от угла ориентации кристалла для кристаллов с углами изгиба 28 (см. рис. 1), 32 и 55 мрад. Ширина ориентационной зависимости на полувывоте составляет около 1 мрад и определяется угловой расходимостью пучка. Отклоняемая доля пучка составляет до 10^{-5} . Изображение отклоненного пучка на экране люминофора можно было наблюдать на удаленном мониторе. Проведены работы по подготовке к исследованию параметрического рентгеновского излучения ядер в кристалле. Это излучение возникает за счет дифракции собственного поля релятивистских заряженных частиц в кристалле и для ядер еще не наблюдалось. Изготовлено оборудование для ориентирования тонких кристаллических мишеней по отношению к пучку, стол для размещения аппаратуры и массивный сцинтилляционный детектор для регистрации излучения с двумя ФЭУ на совпадения. Изготавливается лазерное устройство для юстировки кристаллических мишеней [3, 4].

Применение нового поколения парожидкостных гелиевых турбодетандеров повысило эффективность гелиевых рефрижераторов нуклотрона более чем на 25 % [5].

Большую часть времени нуклотрон проработал на физические эксперименты, в результате которых получены новые экспериментальные данные в области релятивистской ядерной физики.

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 ноябрьском сеансе на синхрофазотроне работало несколько групп экспериментаторов. Например, на пучке стриппинговых поляризованных протонов впервые измерено в рамках одного эксперимента (МГУ–ЛВЭ) подавление анализирующей способности нуклон-нуклонного взаимодействия при рассеянии на внутриядерных нуклонах. Предварительный анализ полученного материала показал, что подавление анализирующей способности для рассеяния на протонах и нейтронах при исследованных энергиях на ядрах углерода и меди практически совпадает.

В 2002 г. на внутреннем и выведенном пучках нуклотрона были продолжены исследования научными коллективами из различных стран. В мартовском сеансе была проведена заключительная калибровка оборудования для совместного эксперимента «Памела» (Италия–Россия) [6]. Совместно с итальянскими физиками из коллаборации «Памела» специалисты ЛВЭ провели облучение микросхем на выведенном пучке ионов ^{24}Mg .

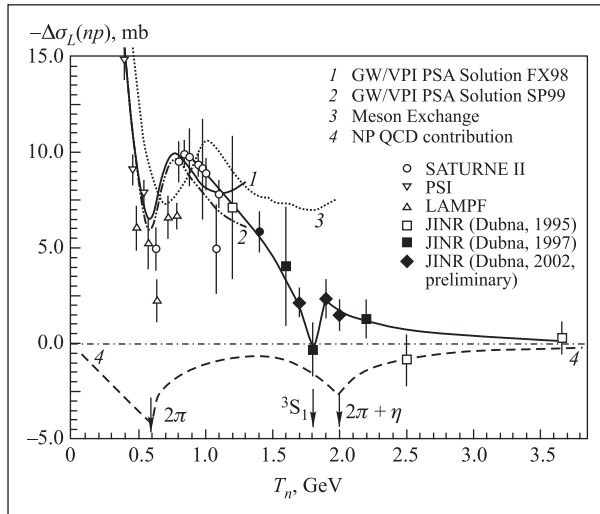


Рис. 2. Энергетическая зависимость величины $-\Delta\sigma_L(np)$, полученная с использованием пучка поляризованных нейтронов

В рамках эксперимента «Дельта–Сигма» в 2001 г. были получены новые экспериментальные данные по измерениям разности полных сечений $np\Delta\sigma_L(np)$ с параллельной и антипараллельной продольной ориентацией спинов нейтронов и протонов при четырех кинетических энергиях в районе $T_n = 1,8$ ГэВ со статистической точностью ~ 1 мб. Результаты обработки и анализа (см. рис. 2) этих данных при 1,4, 1,7, 1,9 и 2,0 ГэВ с установки «Дельта–Сигма» в 2002 г. были представлены на симпозиумах в Дубне, Праге, Брукхейвене и сессии ОЯФ РАН вместе с ранее полученными и опубликованными данными по $\Delta\sigma_L(np)$ в шести точках в интервале энергий пучка поляризованных квазимонохроматических нейтронов $1,2 \leq T_n \leq 3,7$ ГэВ.

В 2002 г. для проведения на установке полного опыта (на уникальном пучке квазимонохроматических нейтронов) — измерений одновременных с $\Delta\sigma_{L/T}$ коэффициентов A_{00kk}/A_{00nn} спиновых корреляций в np -перезарядке под углом 0° л. с. — была подготовлена, смонтирована и введена в эксплуатацию система трекинга протонов $np \rightarrow pn$ перезарядки. С помощью этой системы многопроволочных

пропорциональных камер (на 1000 каналов) в составе магнитного спектрометра получено оптимальное выделение импульсного пика $np \rightarrow pn$ перезарядки при $T_n = 1,3$ и 1,5 ГэВ. Одновременно с этими измерениями на реконструированном спектрометре $np \rightarrow pn$ перезарядки под углом 0° на интенсивном неполяризованном нейтронном пучке в сеансе на нуклотроне успешно измерялись полные np -сечения при $T_n = 1,3$ и 1,5 ГэВ с использованием той же трансмиссионной методики и соответствующего оборудования с нейтронными детекторами $M_{1,2}, T_{1,2,3}$, что и в $\Delta\sigma_L(np)$ -экспериментах.

Для этих методических и физических измерений на нейтронном пучке канала 1В в корпусе 205 ЛВЭ была подготовлена специальная криогенная мишень с заполнением жидкими водородом или дейтерием. При $T_n = 1,4$ ГэВ измерены сечения np -перезарядки под углом 0° на мишенях Р и Д. Эти результаты позволяют определить вклад спин-флипового механизма в $np \rightarrow pn$ перезарядку при 0° при работе с неполяризованным пучком и неполяризованной мишенью (так как перезарядка $nd \rightarrow p(nn)$ идет только за счет np -амплитуд с переворотом спина (Померанчук И. Я. и др., 1951 г.)). Продолжение таких пилотных измерений при $T_n = 1–3$ ГэВ, намеченных на 2003 г., позволит оптимизировать как исследования обнаруженного группой «Дельта–Сигма» аномального поведения энергетической зависимости $\Delta\sigma_L(np)$ в районе $T_n = 1,8$ ГэВ, так и измерения в 2003 г. комплекта np спиновых наблюдаемых $\Delta\sigma_{L/T}(np)$ и A_{00kk}/A_{00nn} в интервале $T_n = 1,0–3,6$ ГэВ, где уже нет np фазового анализа.

На экспериментальной установке МАРУСЯ продолжены исследования с использованием внутренней мишени и выведенного пучка. В июньском сеансе работы нуклотрона была проведена настройка магнитооптической системы спектрометра и получены спектры пионов, протонов, дейтронов.

На нуклотроне ОИЯИ были ускорены ядра ^{10}B и сформирован пучок ядер ^{10}B с энергией 1 А·ГэВ. В сформированном пучке проведено облучение стопок из слоев ядерной фотоэмульсии. Получена информация о зарядовом составе заряженных фрагментов и о каналах фрагментации ядра ^{10}B в периферических столкновениях. К периферическим взаимодействиям ядра ^{10}B отнесены события, в которых суммарный заряд релятивистских фрагментов равен заряду начального ядра ^{10}B , не наблюдается образования заряженных мезонов и возможно образование медленных фрагментов ядер эмульсии. В 65 % таких периферических взаимодействий происходит распад ядра ^{10}B на две двухзарядные и однозарядную частицы, из них в 40 % случаев однозарядной частицей является дейтрон. 10 % событий содержат одновременно фраг-

менты с зарядами, равными 3 и 2 (изотопы Li и He), и 2% событий содержит фрагменты с зарядами, равными 4 и 1 (ядро ${}^9\text{Be}$ и протон). Равное соотношение каналов $(2\text{He} + d)/(2\text{He} + p) \approx 1$ находит аналогию с фрагментацией ядра ${}^6\text{Li}$, где $(\text{He} + d)/(\text{He} + p) \approx 1$, что указывает на обильный выход дейтронов и в этом случае. Таким образом, дейтронный кластер проявляется непосредственно в трехчастичных распадах ядер ${}^{10}\text{B}$ в сопровождении двух двухзарядных частиц. Также на дейтронную кластеризацию указывает малое значение среднего поперечного импульса дейтронов.

Использование эмульсий на пучках релятивистских радиоактивных ядер в области легких нейтронодефицитных изотопов наиболее оправдано. Как первый шаг в этом направлении в 2002 г. было выполнено облучение эмульсий на нуклотроне ОИЯИ во вторичном пучке, содержащем значительную долю ядер ${}^7\text{Be}$. Пучок был сформирован путем настройки магнитооптического канала для оптимального отбора продуктов реакции перезарядки ускоренных ядер ${}^7\text{Li}$ в ${}^7\text{Be}$. В настоящее время ведется анализ результатов облучения.

В 2002 г. был возобновлен поиск событий мультифрагментации ядер ${}^{22}\text{Ne}$, ${}^{24}\text{Mg}$ в эмульсии, найдены уникальные события распада этих ядер при периферических взаимодействиях. Ведется накопление статистики.

Цель эксперимента СКАН-2 — исследование фрагментации ядер дейтерия с образованием двух коллинеарных протонов. Кинематически эта реакция аналогична упругому рассеянию ядер дейтерия на угол 180 градусов на протоне. Однако дополнительное условие — перезарядка нейтрона в протон приводит к существенному перераспределению вкладов каналов реакции в конечный результат. Цель сеанса в декабре 2002 г. состояла в измерении сечений при двух импульсах налетающих дейтронов 3 и 4 ГэВ/с.

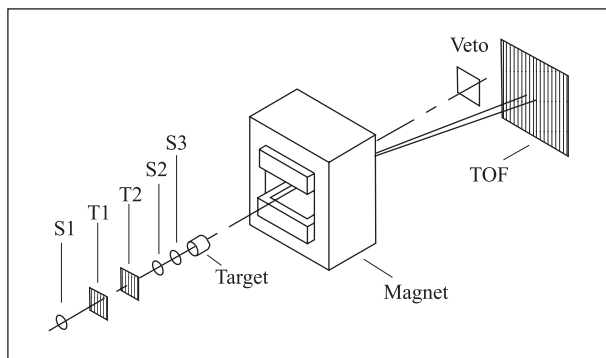


Рис. 3. Схематический вид спектрометра СКАН-2

Схематический вид спектрометра представлен на рис. 3. Он включает мониторные детекторы S1–S3, вершинную координатную систему T1, T2, анализирующий дипольный магнит и годоскопическую

32-канальную систему для регистрации временной и координатной информации.

На пучке дейтронов с импульсом 3,5 ГэВ/с было проведено пробное измерение продуктов реакции $d + p \rightarrow (pp) + n$ с использованием твердотельных полиэтиленовой и углеродной мишеней. Измерения показали возможность выделить интересующие нас события с помощью времяпролетной техники. На рис. 4 представлен временной спектр, записанный во время экспозиции полиэтиленовой мишени. На спектре хорошо различимы пики от различных процессов. Левый пик — стриппинговый протон от развала дейтрона, средний пик — протон отдачи от квазиупругого рассеяния протона дейтрона и правый пик — исследуемая реакция — упругое рассеяние дейтрона назад с перезарядкой нейтрона в протон. Результат перезарядки — два протона с равными импульсами и углами вылета.

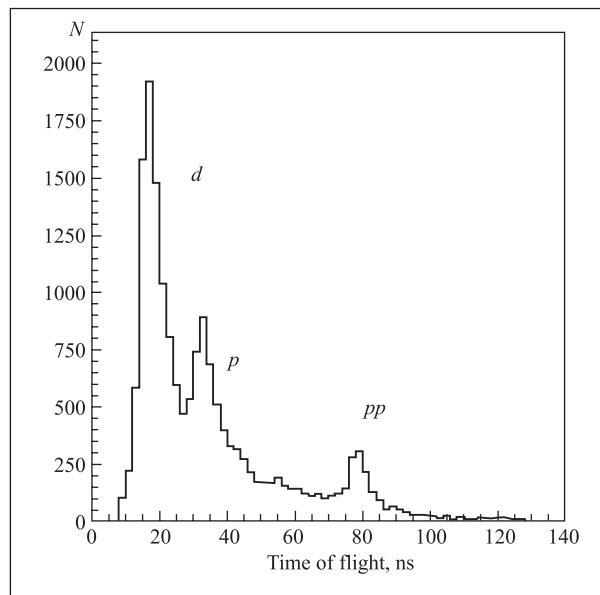


Рис. 4. Временной спектр, записанный во время экспозиции полиэтиленовой мишени

Для измерения степени поляризации пучка в нуклотроне был изготовлен поляриметр, который в своей работе использует внутреннюю мишень нуклотрона. Такой выбор объясняется рядом моментов:

- используется многократное прохождение пучка через мишень, что позволяет применять очень тонкие мишени без потери светимости и уменьшает вероятность множественного взаимодействия и многократного рассеяния вторичных частиц в веществе мишени;
- первичный импульс постоянен;
- время измерения может меняться в широких пределах от долей секунд до минут.

Экспериментальная установка состояла из дистанционно управляемой мишенной станции (полиэтиленовая и углеродная мишени) и четырех сцинтилляционных телескопов. Основу аппаратуры со-

ставили два мониторинговых телескопа F_l и F_r спектрометра СКАН, установленные под углом 14° справа и слева от ионопровода ускорителя (см. рис. 5). Для выделения протонов отдачи установка была дополнена двумя телескопами B_l , B_r . Они были выставлены под углом $\pm 68^\circ$ и имели по два сцинтилляци-

онных счетчика. Углы 14 и 68° были выбраны исходя из кинематических параметров реакции квазиупругого pp -рассеяния, когда анализирующая способность максимальна. Общая схема поляриметра показана на рис. 5.

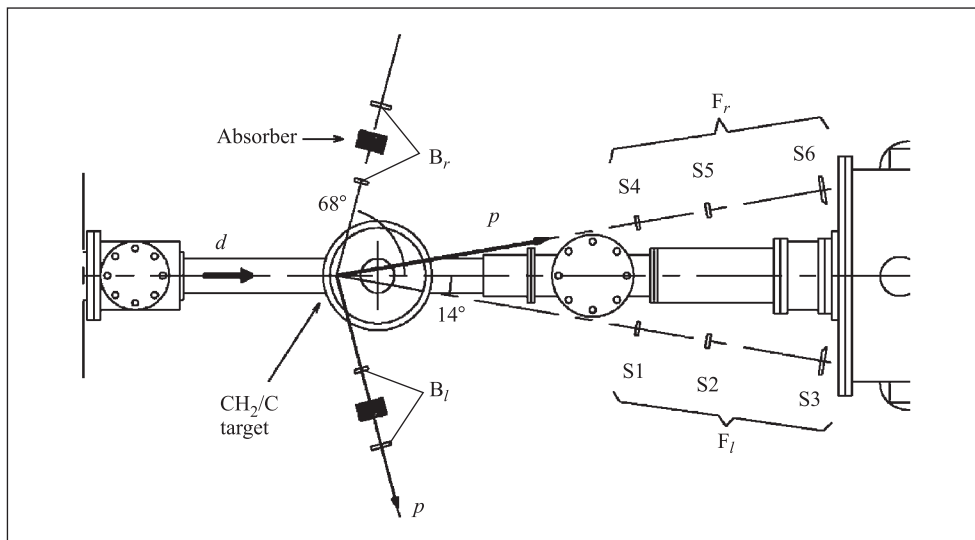


Рис. 5. Схема поляриметра

В качестве водородосодержащей мишени была взята полиэтиленовая пленка толщиной 10 мкм и шириной 2 мм. В качестве второй мишени было использовано 10 углеродных нитей диаметром 8 мкм, установленных в один ряд. В декабрьском сеансе 2002 г. с использованием собранной системы было

проведено измерение поляризации пучка дейтронов внутри камеры нуклотрона при нескольких значениях энергии. Результаты измерения представлены на рис. 6.

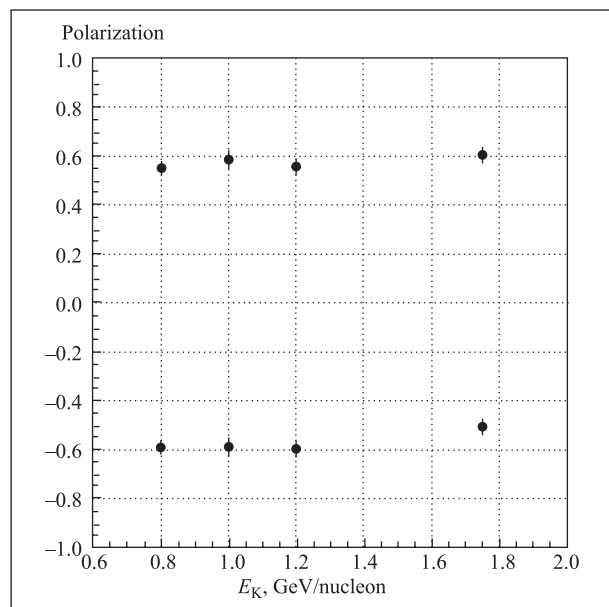


Рис. 6. Результаты измерения поляризации дейтронов на циркулирующем пучке нуклотрона

Собранная установка продемонстрировала исключительно высокую чувствительность. Первые измерения были проведены на пучке с интенсивностью не более 10^7 частиц/цикл. Дополнительно был реализован режим совместной работы с выводом пучка из ускорителя. Это позволило провести измерения одновременно с поляриметром, установленным в фокусе $F3$. Величины получились идентичные. Также был реализован режим экспресс-вывода информации с установки на WWW-сервер.

Основная задача для подготовки предложенных проектом ГИБС экспериментов — создание трековых детекторов спектрометра «Сфера» на основе пропорциональных камер. В 2002 г. достигнут устойчивый режим работы электроники считывания данных с пропорциональных камер, привезены двухметровые камеры с установки ЭКСЧАРМ, решены некоторые технические проблемы, что позволит в 2003 г. подготовить трековые детекторы для работы в пучках нуклотрона.

В эксперименте «Стрела» на основе реакции $dp \rightarrow (pp)n$ была дана оценка спинзависящей части $np \rightarrow pn$ амплитуды в условиях полной геометрии [7].

Было продолжено экспериментальное исследование подавления анализирующей способности в квазиупругом рассеянии поляризованных протонов на ядрах.

Новые экспериментальные данные были получены в совместном эксперименте МГУ–«Сфера» физиками из НИИЯФ МГУ и ЛВЭ ОИЯИ. Анализирующая способность квазиупругого рассеяния на внутриядерных протонах и нейтронах была измерена на ядрах углерода и меди в инклюзивной $p \uparrow + {}^{12}\text{C}({}^{64}\text{Cu}) \rightarrow p_L + p(n)_R + X$ и эксклюзивной $p \uparrow + {}^{12}\text{C}({}^{64}\text{Cu}) \rightarrow p_L + p_R + X$ реакциях при 2,5 и 3,0 ГэВ. Предварительные результаты приведены на рис. 7. Цель эксперимента состоит в критической проверке модельных предсказаний относительно параметра подавления анализирующей способности. Существенно, что в инклюзивной реакции

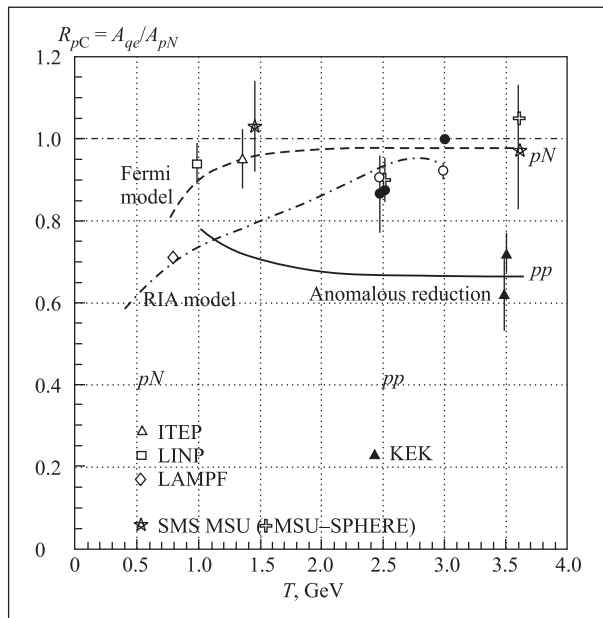


Рис. 7. Новые предварительные экспериментальные данные: светлые точки соответствуют измерению в инклюзивном канале реакции; темные — измерению с выделением протона отдачи

измеряется усредненное по протонам pp и нейтронам pn значение анализирующей способности. Регистрируя протон отдачи, можно выделить pp -рассеяние. Поэтому данный эксперимент чувствителен к возможному различию подавлений pp и pn анализирующих способностей.

Эксперимент выполнялся на поляризованном пучке синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ, и в ноябрьском сеансе 2002 г. были достигнуты рекордные параметры пучка $\approx 3 \cdot 10^9$ частиц/цикл. Предварительные результаты эксперимента следующие:

— при энергиях порядка нескольких ГэВ подавления анализирующих способностей близки по величине для протонов и нейтронов;

— поведение анализирующей способности приближенно описывается в рамках модели, основанной на релятивистской импульсной аппроксимации;

— не обнаружено различия между измерениями на углеродной и медной мишенях;

— не наблюдается аномального подавления анализирующей способности.

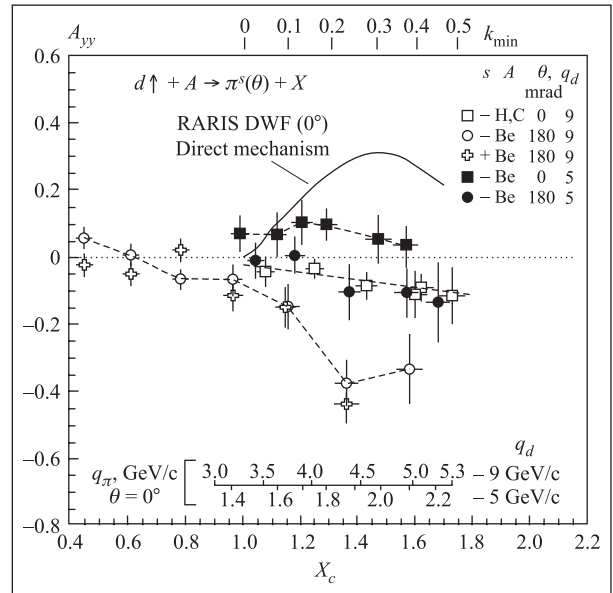


Рис. 8. Результаты измерений тензорной анализирующей способности A_{yy} при фрагментации поляризованных дейтронов в кумулятивные пионы $d + \text{Be} \rightarrow \pi + X$ при углах эмиссии пионов 0 и 180 мрад (темными значками представлены новые результаты при 5 ГэВ/с)

В рамках эксперимента ПИКАСО в этом же сеансе было выполнено измерение тензорной анализирующей способности A_{yy} при фрагментации поляризованных дейтронов с импульсом 5 ГэВ/с в кумулятивные пионы $d + \text{Be} \rightarrow \pi + X$ при углах эмиссии пионов 0 и 180 мрад. Цель этих измерений — выяснить энергетическую зависимость A_{yy} через сопоставление новых данных при 5 ГэВ/с и предшествующих данных, полученных при 9 ГэВ/с. Это важно для интерпретации механизма реакции и корреляции A_{yy} с D -волной в области кора дейтрона. Результаты измерений представлены на рис. 8. Основные выводы:

— энергетическая зависимость A_{yy} в интервале импульсов дейтронов 5–9 ГэВ/с очень значительна: при угле эмиссии пионов 0 мрад A_{yy} меняет знак;

— в интервале значений кумулятивной переменной X_c от 1,0 до 1,5 поведение A_{yy} при угле 180 мрад

различается существенно при 5 и 9 ГэВ/с: значительный рост абсолютной величины A_{yy} наблюдается только при 9 ГэВ/с, что скоррелировано с большими значениями поперечного импульса пионов P_t при 9 ГэВ/с;

— поскольку P_t является ведущей переменной, управляющей поведением A_{yy} , чрезвычайно важно исследовать поведение A_{yy} при больших значениях P_t ($> 0,8$ ГэВ/с).

Эти исследования могут быть продолжены на нуклотроне при освоении диапазона импульсов свыше 6 ГэВ/с, поэтому освоение интервала 6–12 ГэВ/с на нуклотроне чрезвычайно важно для будущей программы исследований спиновой структуры ядер на малых расстояниях (данные по A_{yy} и A_y при рождении высокоимпульсных пионов связаны со структурой мезонных токов в ядрах при малых межнуклонных расстояниях).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

При исследовании корреляций тождественных частиц (пионов), рожденных в ядро-ядерных взаимодействиях, показано, что корреляции связаны с ди-

намикой расширения объема генерации. Например, можно определить скорость и направление расширения [8–11].

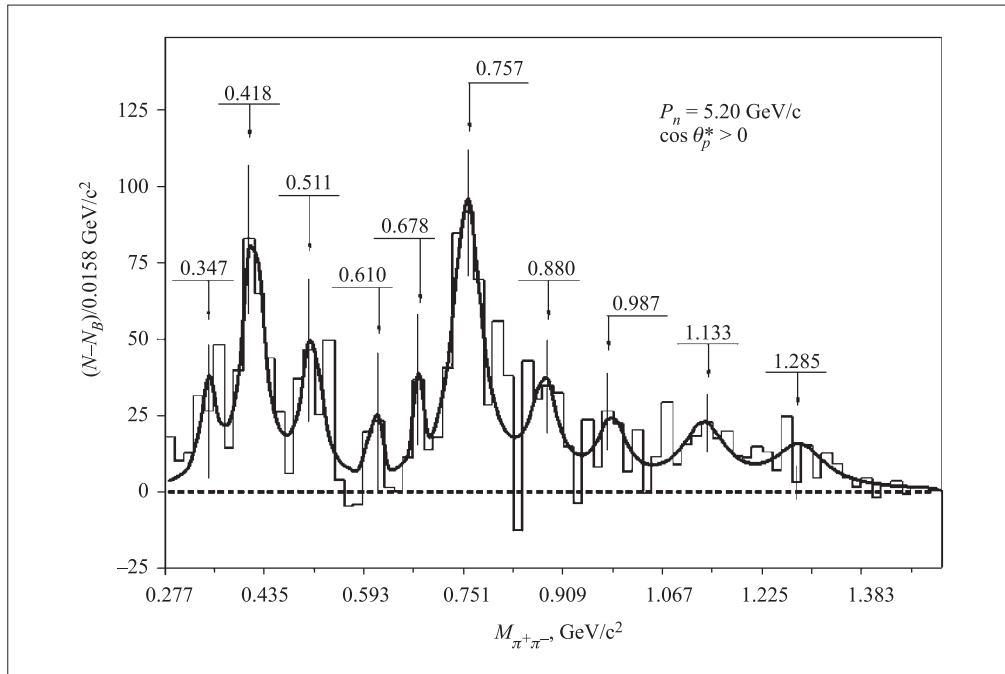


Рис. 9. Распределение эффективных масс $\pi^+\pi^-$ из реакции $np \rightarrow np\pi^+\pi^-$

На статистике 66075 событий реакции $np \rightarrow np\pi^+\pi^-$ np -взаимодействий при $P_n = (5,20 \pm 0,16)$ ГэВ/с в 1-метровой водородной пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ обнаружено 10 резонансов в спектре эффективных масс $\pi^+\pi^-$ -мезонов. При этом использован критерий $\cos \theta_p^* > 0$. Значения эффективных масс равны (347 ± 12) , (418 ± 6) , (511 ± 12) , (610 ± 5) , (678 ± 17) , (757 ± 5) , (880 ± 12) , (987 ± 12) , (1133 ± 15) и (1285 ± 22) МэВ/с² с превышением над фоном 2,9, 5,2, 3,5, 1,4, 2,0, 8,5, 4,8, 3,8, 5,2 и 6,0 стандартных отклонений соответственно (см. рис. 9).

Сведения о резонансе с массой $M_R = 757$ МэВ/с² включены в RPP-2000, RPP-2002. Экспериментальные ширины находятся в диапазоне от 16 до 94 МэВ/с². Таких эффектов не обнаружено в $\pi^-\pi^0$ -комбинациях в реакции $np \rightarrow pp\pi^-\pi^0$, что указывает на значение изотопического спина $I = 0$ для найденных в $\pi^+\pi^-$ -системах резонансов. Значения спина определены для наиболее статистически обеспеченных резонансов при массах 418, 511 и 757 МэВ/с². С высокой степенью вероятности $J = 0$ для резонансов с массами $M_R = 757$ МэВ/с² и $M_R = 418$ МэВ/с².

Наиболее вероятное значение $J = 0$ также и для резонанса с массой $M_R = 511 \text{ МэВ}/c^2$. Таким образом, обнаружено по крайней мере 3 особенности, при массах 418, 511 и 757 $\text{МэВ}/c^2$, имеющие квантовые числа σ_0 -мезона $0^+(0^{++})$. Возможна интерпретация низколежащих σ_0 -мезонов как глюоболов. Проведено сравнение с данными других исследований [12].

Научной целью проекта «Фаза» (руководители В. А. Карнаухов (ЛЯП ОИЯИ) и Х. Ойшлер (ТУ, Дармштадт)) является изучение тепловой мультифрагментации тяжелой мишени (Au) релятивистскими легкими ионами. Это новый многотельный процесс распада горячего спектатора мишени, сопровождающийся множественной эмиссией фрагментов промежуточной массы (ФПМ, $2 < Z < 20$). В предыдущих работах коллаборации «Фаза» было показано, что этот тип распада происходит после расширения ядра за счет теплового давления. При этом плотность системы в 3–4 раза меньше нормальной, а температура составляет 5–7 МэВ [13]. Эти характеристики отвечают предположению о том, что мультифрагментация происходит из-за попадания ядра в область фазовой нестабильности (спинодальная область). Благодаря флуктуациям плотности гомогенная система переходит в гетерогенную, состоящую из заряженных капелек (фрагментов), окруженных ядерным газом. Это «ядерный туман», который разлетается за счет кулоновского расталкивания. Характерное время такой трансформации должно быть очень коротким.

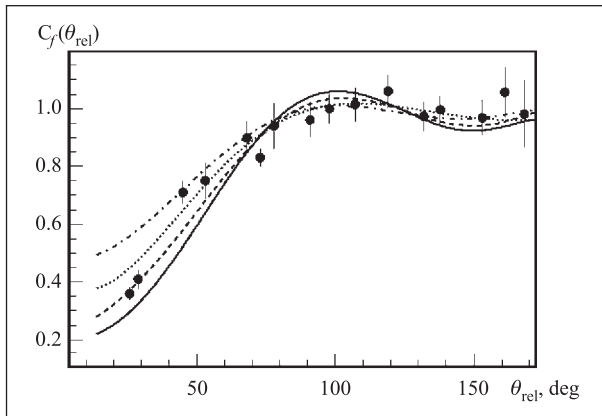


Рис. 10. Сравнение измеренной корреляционной функции (темные кружки) с расчетными для различных средних времен распада фрагментирующей системы: сплошная, штриховая, пунктирная и штрихпунктирная линии для $\tau = 0, 50, 100$ и $200 \text{ фм}/c$. Найдено, что $\tau = (50 \pm 18) \text{ фм}/c$ (при уровне достоверности 90%)

Чрезвычайно важно для подтверждения этого сценария измерить время распада фрагментирующей системы, образующейся в соударениях $p(8,1 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$. Доказано [13], что этот случай наиболее адекватен для термодинамического (ста-

стистического) описания процесса. Оценка временной шкалы тепловой мультифрагментации основывается на анализе корреляции ФПМ по относительному углу [14]. Наблюдается сильное подавление выхода генетически связанных фрагментов при малых углах, вызванное их кулоновским расталкиванием (см. рис. 10). Экспериментальная корреляционная функция (пропорциональная выходу пар фрагментов) сравнивалась с теоретическими, которые получались путем расчета многотельных кулоновских траекторий. Расчеты проводились для различных τ — средних времен жизни фрагментирующей системы. На рис. 10 показаны расчетные кривые, полученные для $\tau = 0, 50, 100$ и $200 \text{ фм}/c$. Стартовые условия для расчета генерировались с помощью комбинированной модели, включающей модифицированный внутриядерный каскад и статистическую модель мультифрагментации горячего остаточного ядра. Из сравнения расчета с экспериментом найдено, что $\tau = (50 \pm 18) \text{ фм}/c$.

Очень важно было узнать, какова модельная зависимость полученного результата. Для этого:

- было использовано два варианта комбинированной модели, которые дают различающиеся характеристики (A, Z, E^*) фрагментирующих ядер;

- было проверено, как результат зависит от того, в какой момент происходит вторичный распад горячих первичных фрагментов;

- была исследована чувствительность формы корреляционной функции к размеру объема системы в момент развала.

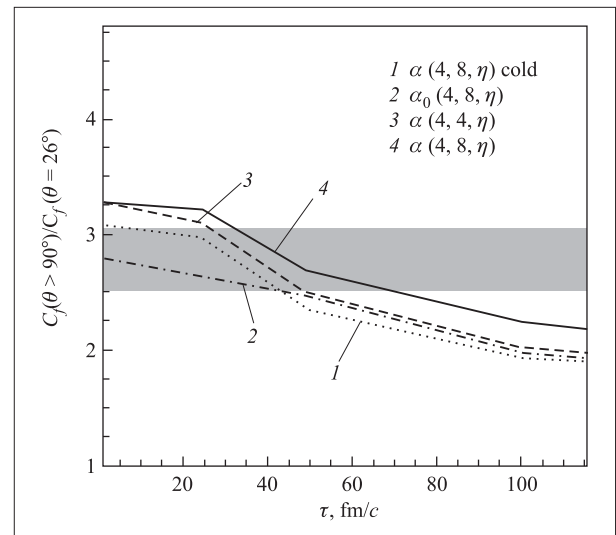


Рис. 11. Отношение значений теоретических корреляционных функций для $\theta_{\text{rel}} > 90^\circ$ и $\theta_{\text{rel}} = 26^\circ$ в зависимости от среднего времени распада системы. Экспериментальная величина (с двойной статистической ошибкой) показана горизонтальной полосой; линии рассчитаны при использовании различных параметров модели. Среднее время жизни системы всегда $\leq 70 \text{ фм}/c$

В результате найдено, что измеренное среднее время жизни системы τ всегда ≤ 70 фм/с (см. рис. 11).

Измеренная временная шкала тепловой мультифрагментации найдена близкой к характерному времени флуктуаций плотности разреженной ядерной

системы. Таким образом, полученный набор экспериментальных данных служит основанием для утверждения, что тепловая мультифрагментация является фазовым переходом (I рода) жидкость–туман для ядерной системы, оказавшейся в спиновальной области [15].

СОТРУДНИЧЕСТВО С ДРУГИМИ УСКОРИТЕЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ

Специалисты Лаборатории высоких энергий принимают участие в программе исследований по физике тяжелых ионов в ЦЕРН (SPS). Наши физики участвуют в экспериментах NA-45 (CERES) (руководитель от ЛВЭ Ю. А. Панебратцев), NA-49 (руководитель от ЛВЭ Г. Л. Мелкумов).

Продолжен набор статистики и анализ ранее полученной информации коллаборацией NA-49. Представлены новые результаты исследования образования Λ -гиперонов и заряженных пионов и каонов в центральных взаимодействиях Pb + Pb при 40, 80 и 158 А·ГэВ [16–18].

В 2002 г. коллаборацией CERES/NA-45 был выполнен большой объем работ по калибровке и подготовке к массовой обработке данных 2000 г. В частности, получена расчетная величина импульсного разрешения в уникальной времяпроекционной камере (TPC) с радиальным дрейфом электронов.

Физические результаты коллаборации за 2002 г. представлены тремя докладами на конференции QM'02 и рядом статей [19–22]. Центральный доклад CERES/NA-45 на конференции (J. Wessels от коллаборации CERES, готовится к публикации) касался последних результатов по рождению e^+e^- -пар в столкновениях ядер Pb–Au с энергией пучка 40 и 158 А·ГэВ. Наблюдаемое превышение выхода e^+e^- -пар в области малых эффективных масс (0,2–0,6 ГэВ/ c^2) над теоретически рассчитанным имеет большую величину для данных с энергией пучка 40 А·ГэВ и не может быть объяснено в рамках $\pi^+\pi^-$ -аннигиляционных моделей.

В докладе по flow-анализу данных 1996 г. (J. Slivova от коллаборации CERES, готовится к публикации) представлены результаты оценки эллиптического потока (v_2) с учетом вклада двухчастичных корреляций. Последние дают систематически более высокие значения v_2 в области поперечных импульсов $p_T > 1,2$ ГэВ/с, что, возможно, является свидетельством наличия полужесткой non-flow компоненты.

Первые результаты анализа данных 2000 г., полученных с использованием TPC, были представлены на конференции в докладе Н. Tilsner, Н. Appelshauser

(от коллаборации CERES, готовится к публикации). В докладе приведены результаты НВТ-анализа пионов одного знака для различных центральностей событий с энергией пучка 40, 80 и 158 А·ГэВ в среднебыстротной области. Показано, что пионный freeze-out происходит на постоянной, не зависящей от энергии средней длине пути пиона в среде.

В 2002 г. было продолжено участие в подготовке экспериментов ALICE (руководитель от ЛВЭ А. С. Водопьянов) и CMS на LHC.

Физики ЛВЭ активно участвуют в развитии программы исследований по физике тяжелых ионов для эксперимента CMS, а также совместно с Лабораторией физики частиц — в подготовке тестирования мюонных камер.

Две группы физиков участвуют в экспериментах STAR (руководитель от ОИЯИ Ю. А. Панебратцев) и PHENIX (руководитель от ОИЯИ А. Г. Литвиненко) на RHIC в BNL. Эти группы участвуют в подготовке сеансов и наборе данных на новом ядерном коллайдере RHIC при энергии 130 А·ГэВ.

В рамках эксперимента STAR измерены инклюзивные распределения по поперечному импульсу в широком диапазоне по центральности в столкновениях Au + Au при $\sqrt{s_{NN}} = 130$ ГэВ. Выход адронов подавлен в области больших поперечных импульсов в центральных событиях по сравнению с периферическими и нуклон-нуклонными столкновениями. В периферических взаимодействиях подавления по отношению к нуклон-нуклонным не наблюдается. Подавление непрерывно меняется в области промежуточных центральностей столкновений. Полученные результаты свидетельствуют о сильном влиянии ядерной среды в области больших поперечных импульсов адронов в столкновениях тяжелых ионов при высоких энергиях [23].

Также измерены азимутальные корреляции заряженных адронов с большими поперечными импульсами в широком диапазоне по псевдобыстроте и полному азимутальному углу в столкновениях Au + Au и $p + p$ при $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ. Наблюдаются малоугловые корреляции в $p + p$ - и, при всех параметрах центральности, Au + Au-столкновениях, со-

ответствующие процессы жесткого рассеяния, такие же как наблюдавшиеся в элементарных процессах. Сильная компенсирующая корреляция наблюдается для $p + p$ - и периферических Au + Au-столкновений. Между тем компенсирующие корреляции сильно подавлены для наиболее центральных Au + Au-столкновений, что указывает на сильное взаимодействие в виде жесткого рассеяния партонов или взаимодействия продуктов партонной фрагментации при распространении в среде [24].

В рамках эксперимента ALICE в 2002 г. работа велась по следующим основным направлениям:

1. Моделирование в рамках подготовки физического обоснования эксперимента ALICE, в том числе:

— исследование возможности наблюдения ϕ -мезона по моде распада $\phi \rightarrow K^+ K^-$;

— исследование возможности идентификации частиц по анализу потерь энергии в силиконовых слоях вершинного детектора и в газе TPC.

2. Модернизация алгоритмов трекинга заряженных частиц в трековых камерах мюонного спектрометра с использованием кальман-фильтра и качественно нового подхода к реконструкции зарядовых кластеров. Это позволило улучшить разрешения спектрометра по эффективным массам.

3. Развитие компьютеринга — установка и тестирование пакета AliEn (ALICE Environment for distributed computing). Пакет установлен на ферме ЛИТ. Успешно проведены рабочие тесты. В декабре специалисты ЛВЭ принимали участие в массовом моделировании событий для мюонного спектрометра в рамках AliEn.

4. Изготовление ярма дипольного магнита мюонного спектрометра. На производственном объединении САВМА (г. Савелово) закончено изготовление секций ярма магнита и проведена горизонтальная сборка ярма.

5. Для участия в разработке и изготовлении детекторов установки ALICE создано «чистое» технологическое помещение TracKroge Room, на которое получен международный сертификат класса чистоты.

В ЛВЭ ОИЯИ созданы и интегрированы в установку NADES высокоточные дрейфовые камеры, электроника считывания для внутренней части спектрометра и программы поиска треков. Камеры и матобеспечение успешно используются для отладки спектрометра и первых физических экспериментов на ускорителе SIS (GSI, Дармштадт).

На установке WASA/PROMICE в пучках ускорителя CELSIUS (Упсала, Швеция) получены экспериментальные данные о механизмах взаимодействий протонов с протонами и дейтронами в надпороговой области энергий. Измерены дифференциальные сечения реакции $pd \rightarrow {}^3\text{He} + \eta$ в интервале энергий протонов от 930 до 1100 МэВ. Впервые в эксклюзивной постановке экспериментально изучена реакция $dp \rightarrow dp\gamma$ в интервале энергий дейтронов от 436,7 до

559,0 МэВ. Впервые экспериментально изучена реакция $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$ с большой статистикой вблизи энергетического порога [25–27].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kovalenko A. D. // Proc. of the Intern. Symp. «The 50th anniversary of the discovery of phase stability principle», July 12–15, 1994 / Ed. A. M. Baldin et al. Dubna, 1996. P. 44–55.
2. Malakhov A. I. // Phys. At. Nucl. 2002. V. 65, No. 2. P. 211–219.
3. Carrigan R. A., Jr., et al. Beam extraction studies at 900 GeV using a channeling crystal // Phys. Rev. Special Topics — Accelerators and Beams. 2002. V. 5. P. 043501.
4. Biino C. et al. On the reduced interaction probability for fully stripped 33 TeV/c Pb ions channeled in a bent Si crystal // Nucl. Instr. Meth. B. 2002. V. 194. P. 417.
5. Agapov N. N. et al. Advances in Cryogenic Engineering AIP. Meville: N. Y., 2002. V. 47A. P. 280.
6. CERN Courier. 2002. V. 42, No. 8. P. 24.
7. Glagolev V. V. et al. // Eur. Phys. J. A. 2002. V. 15. P. 471; epla1401.
8. Голохвастов А. И. Интерференционные корреляции пионов и элементарная ячейка фазового пространства // ЯФ. 2002. Т. 65. С. 196.
9. Аникина М. Х., Голохвастов А. И., Лукстиньш Ю. Зависимость интерферометрических размеров объема генерации пионов от размеров их волнового пакета // Там же. С. 600.
10. Аникина М. Х. и др. Направление расширения объема генерации пионов в MgMg-столкновениях при 4,3 ГэВ/с. Препринт ОИЯИ P2-2002-177. Дубна, 2002; ЯФ. 2003. Т. 66, № 9 (будет опубликовано).
11. Голохвастов А. И. Скейлинг полуинклюзивных событий в pp -взаимодействиях // ЯФ. 2003. Т. 66, № 10 (будет опубликовано).
12. Troyan Yu. A. et al. // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 5 [114]; JINR Preprint E1-2002-214. Dubna, 2002.
13. Avdeyev S. P. et al. // Nucl. Phys. A. 2002. V. 709. P. 392.
14. Rodionov V. K. et al. // Nucl. Phys. A. 2002. V. 700. P. 457.
15. Karnaukhov V. A. et al. Thermal multifragmentation of hot nuclei and liquid-fog phase transition. JINR Preprint E6-2002-75. Dubna, 2002; Phys. At. Nucl. (in press).

16. Afanasiev S. V. *et al.* // Phys. Lett. B. 2002. V. 538. P. 275–281.
17. Afanasiev S. V. *et al.* // J. Phys. G. 2002. V. 28. P. 1761–1768.
18. Afanasiev S. V. *et al.* // Nucl. Phys. A. 2002. V. 698. P. 104–111.
19. Schmitz W. *et al.* (CERES collaboration). Λ production in 40 A·GeV/c Pb–Au collisions // J. Phys. G. 2002. V. 28. P. 1861–1868; nucl-ex/0201002.
20. Adamova D. *et al.* (CERES collaboration). // Nucl. Phys. A. 2002. V. 698. P. 253–260.
21. Adamova D. *et al.* (CERES collaboration). Beam energy and centrality dependence of two pion Bose–Einstein correlations at SPS energies // Nucl. Phys. A. 2003. V. 714. P. 124–144; nucl-ex/0207005.
22. Adamova D. *et al.* (CERES collaboration). Universal pion freezeout in heavy ion collisions // Phys. Rev. Lett. (submitted); nucl-ex/0207008.
23. Adler C. *et al.* (STAR collaboration). Centrality dependence of high p_T hadron suppression in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 130$ GeV // Phys. Rev. Lett. 2002. V. 89. P. 202301; nucl-ex/0206011.
24. Adler C. *et al.* (STAR collaboration). Disappearance of back-to-back high p_T hadron correlations in central Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV // Phys. Rev. Lett. (submitted); nucl-ex/0210033.
25. Bilger R. *et al.* // Phys. Rev. C. 2002. V. 65. P. 044608.
26. Greff J. *et al.* // Ibid. P. 034009.
27. Brodski W. *et al.* // Phys. Rev. Lett. 2002. V. 88, No. 19. P. 192301.

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

Деятельность Лаборатории физики частиц в 2002 г. была сконцентрирована на участии в текущих экспериментах по физике элементарных частиц, под-

готовке новых экспериментов, а также на разработке и исследовании детекторов и различных ускорительных систем.

ТЕКУЩИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Эксперимент ЭКСЧАРМ [1] посвящен изучению рождения очарованных и странных частиц в нейтрон-нуклонных взаимодействиях на серпуховском ускорителе У-70. Опубликованы окончательные результаты по сечениям инклюзивного рождения антигиперонов во взаимодействиях нейтронов с углеродом [2]:

$$\sigma(\bar{\Lambda}^0) = (154,0 \pm 1,2(\text{стат.}) \pm 17,6(\text{сист.}) \pm 18,0(\text{мод.})) \text{ мкб/нуклон,}$$

$$\sigma(\bar{\Xi}^+) = (7,9 \pm 0,4(\text{стат.}) \pm 0,7(\text{сист.}) \pm 0,9(\text{мод.})) \text{ мкб/нуклон,}$$

$$\sigma(\bar{\Sigma}^-(1385)) = (10,2 \pm 1,6(\text{стат.}) \pm 0,8(\text{сист.}) \pm 0,6(\text{мод.})) \text{ мкб/нуклон,}$$

$$\sigma(\bar{\Sigma}^+(1385)) = (8,2 \pm 2,8(\text{стат.}) \pm 0,7(\text{сист.}) \pm 0,9(\text{мод.})) \text{ мкб/нуклон.}$$

Получены новые данные по интерференционным корреляциям пар Λ^0 -гиперонов [3]. Обнаружены деструктивные корреляции пар Λ^0 в области малых относительных 4-импульсов. Получены значения параметра R , описывающего спектры пар Λ^0 -гиперонов при их аппроксимации функцией $C_2(Q) = [1 + \lambda \exp(-R^2 Q^2)](a + bQ)$. Сравнение с данными по корреляциям мезонов указывает на уменьшение размеров области генерации частиц с

ростом их массы. Также получены предварительные данные по интерференционным корреляциям пар пионов и каонов [4]. Наблюдаемые конструктивные корреляции пар отрицательных пионов и пар нейтральных каонов в области малых относительных 4-импульсов позволили оценить геометрические размеры источников. Получены значения параметра R для аппроксимации спектров пар тождественных мезонов функцией $C_2(Q)$. Для сечений инклюзивного рождения Ω^- - и $\bar{\Omega}^+$ -гиперонов получены следующие предварительные результаты:

$$\sigma(\Omega^-) = (1,34 \pm 0,20) \text{ мкб/нуклон,} \quad (1)$$

$$\sigma(\bar{\Omega}^+) = (0,40 \pm 0,11) \text{ мкб/нуклон,} \quad (2)$$

$$\frac{\sigma(\Omega^-) - \sigma(\bar{\Omega}^+)}{\sigma(\Omega^-) + \sigma(\bar{\Omega}^+)} = 0,54 \pm 0,20. \quad (3)$$

Группа физиков ЛФЧ активно участвует в эксперименте **NA-48** в ЦЕРН, посвященном точному измерению отношения ε'/ε в CP -нарушающих распадах $K_L^0 \rightarrow \pi\pi$ [5]. При значительном материальном и интеллектуальном вкладе сотрудников ЛФЧ завершена основная программа эксперимента. Измеренная величина прямого CP -нарушения, характеризующаяся отношением $\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (14,7 \pm 2,2) \cdot 10^{-4}$, отлична от нуля за пределами 6,7 стандартных отклонений [6] (см. рис. 1).

Выполнено наиболее точное измерение времени жизни K_S^0 -мезона: $\tau_S = (0,89598 \pm 0,00048 \pm$

$\pm 0,00051) \cdot 10^{-10}$ [7]. Оно было определено из отношения распределений времени распадов одновременно регистрируемых параллельных пучков K_S^0 и

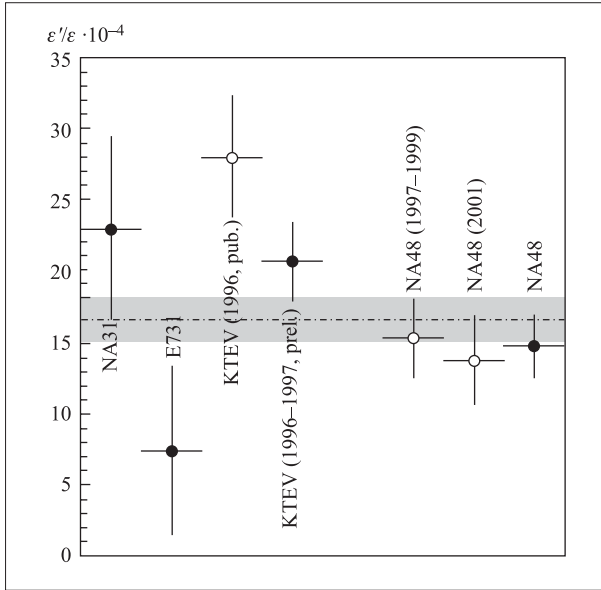


Рис. 1. Сравнение результатов эксперимента NA-48 с результатами других измерений отношения ε'/ε

K_L^0 , что позволило получить результат, практически не зависящий от акцептанса экспериментальной установки, и существенно уменьшить систематические ошибки. Также выполнены новые измерения масс η -мезона и нейтрального каона с использованием их распадов на три нейтральных пиона [8]. Полученные результаты $m(\eta) = 547,843 \pm 0,051$ МэВ/ c^2 и $m(K^0) = 497,625 \pm 0,031$ МэВ/ c^2 имеют существенно меньшую систематическую ошибку благодаря симметричности использованных распадов. Измерена вероятность распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ [9]. Всего выделено 2558 кандидатов в этот распад над остаточным фоном на уровне 3,2%. Определены относительная вероятность распада $(1,36 \pm 0,03(\text{стат.}) \pm 0,03(\text{сист.}) \pm 0,03(\text{норм.})) \cdot 10^{-6}$ и константа векторной связи $a_V = -0,46 \pm 0,03(\text{стат.}) \pm 0,04(\text{сист.})$. Этот результат указывает на доминирование в распаде $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ CP -нарушающих эффектов. Также установлен верхний предел вероятности распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ в области эффективной массы двух фотонов $m(\gamma\gamma) < m(\pi^0)$.

Дубненская группа активно участвует в наборе и анализе данных, а также несет ответственность за техническое обслуживание системы минидрейфовых вершинных камер (DVC) переднего трекера спектрометра **HERMES**, расположенного на ускорительно-накопительном кольце HERA в DESY (Гамбург). Камеры DVC обеспечивают стабильную работу переднего трекера установки с эффективностью на уровне 98% и высоким пространственным

разрешением (~ 150 мкм). Все камеры доставлены в DESY, прошли испытания и готовы для монтажа в составе установки. Дубненская группа также завер-

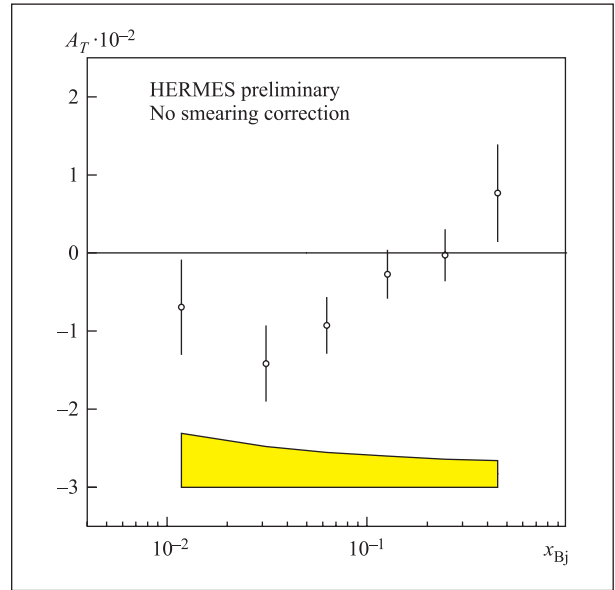


Рис. 2. Тензорная асимметрия как функция бьеркеновской переменной x . Интервалы и полосы ошибок показывают статистические и систематические неопределенности соответственно

шила изготовление плат front-end электроники (усилитель/формирователь/дискриминатор): 88 плат прошли проверку и готовы для использования при наборе данных.

Дубненские физики участвуют в анализе поляризованных данных, полученных на установке HERMES, с целью изучения Q^2 -зависимости обобщенного интеграла Герасимова–Дрелла–Херна для дейтрона и нейтрона. Проведен анализ экспериментальных данных, набранных на установке HERMES в 2000 г. с тензорной поляризацией дейтрона, для измерения тензорной асимметрии дейтрона A_T и структурной функции b_1 . Впервые измерения тензорной асимметрии выполнены в кинематической области $0,0021 \leq x \leq 0,85$ (где x — скейлинговая переменная Бьеркена) и $0,1 \leq Q^2 \leq 20$ ГэВ² [10]. Асимметрия A_T открывает доступ к структурной функции дейтрона b_1 , которая связывает импульсное распределение партонов со спином нуклона. В пределах статистических и систематических неопределенностей измеренная асимметрия A_T оказалась совместимой с нулем (см. рис. 2). Этот результат можно интерпретировать в пользу трактовки дейтрона как слабо связанного состояния протона и нейтрона. Более того, из анализа данных следует, что возможное влияние тензорной поляризации на измерения $A_{||}$ не превышает величины $(0,5-1,0) \cdot 10^{-2}$.

Впервые в глубоконеупругом рассеянии (ГНР) позитронов и продольно-поляризованных протонов измерена азимутальная асимметрия одиночного спина

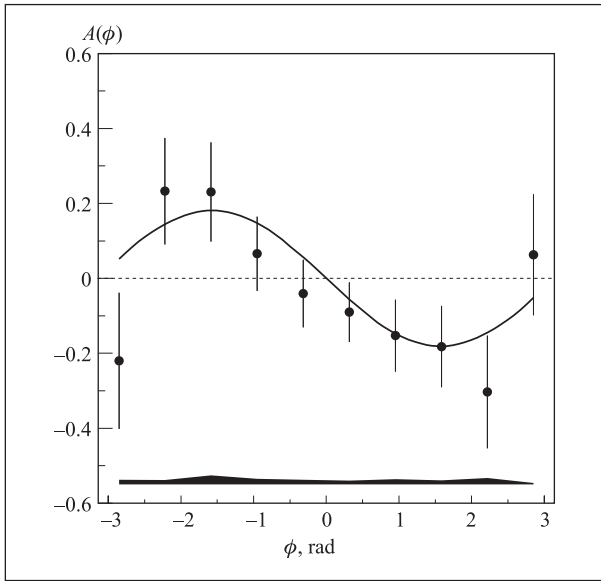


Рис. 3. Асимметрия полного сечения $A(\phi)$, усредненная по переменным x , Q^2 и t для реакции $e^+ + \vec{p} \rightarrow e'^+ + n + \pi^+$. Кривая показывает наилучший результат фитирования данных с помощью параметризации $A(\phi) = A_{UL}^{\sin \phi} \sin \phi$ и отвечает значению параметра $A_{UL}^{\sin \phi} = -0,18 \pm 0,05$ при $\chi^2 = 0,8$. Интервалы и полосы ошибок показывают статистические и систематические неопределенности соответственно

в эксклюзивном электророждении π^+ -мезонов [11]. Значение момента асимметрии поляризации полного сечения, усредненное по экспериментальному акцептансу, составляет величину $\sin \phi = -0,18 \pm 0,05(\text{стат.}) \pm 0,02(\text{сист.})$ (см. рис. 3). Также была исследована зависимость асимметрии от различных

кинематических переменных (см. рис. 4). Показано, что асимметрия растет с уменьшением переменной Бьеркена и ростом величины $-t$ и, наоборот, исчезает при $t \rightarrow t_{\min}$, где t — квадрат 4-импульса, переданного нуклону.

Спинзависимые лептонные данные коллаборации HERMES были использованы для изучения условий применимости кварк-адронной дуальности к описанию асимметрий, измеренных в поляризованных экспериментах. Продольно-поляризованные позитроны рассеивались на продольно-поляризованной водородной мишени при значениях квадрата инвариантной массы в области $1 \leq W^2 \leq 4 \text{ ГэВ}^2$ [12]. Обнаружено, что двойная спиновая асимметрия полного сечения, измеренная в области нуклонных резонансов, согласуется с асимметрией, измеренной в ГНР при тех же значениях бьеркеновской переменной для всей области значений Q^2 , охватываемой экспериментом HERMES. Это может служить указанием на то, что описание асимметрий в терминах кварковых степеней свободы применимо также и в области нуклонных резонансов.

ЛФЧ участвует в модернизации детектора **H1** [13], созданного в DESY для изучения процессов ГНР на $e\bar{p}$ -коллайдере HERA, в частности в техническом и программном обеспечении работы спектрометра вперед летящих протонов (FPS), совершенствовании адронного plug-калориметра и создании новых пропорциональных камер. Группа ЛФЧ внесла решающий вклад в анализ данных по процессам с лидирующим протоном, регистрируемым в FPS: процессы фоторождения, полуинклюзивное дифракционное ГНР, упругое фоторождение ρ -мезонов.

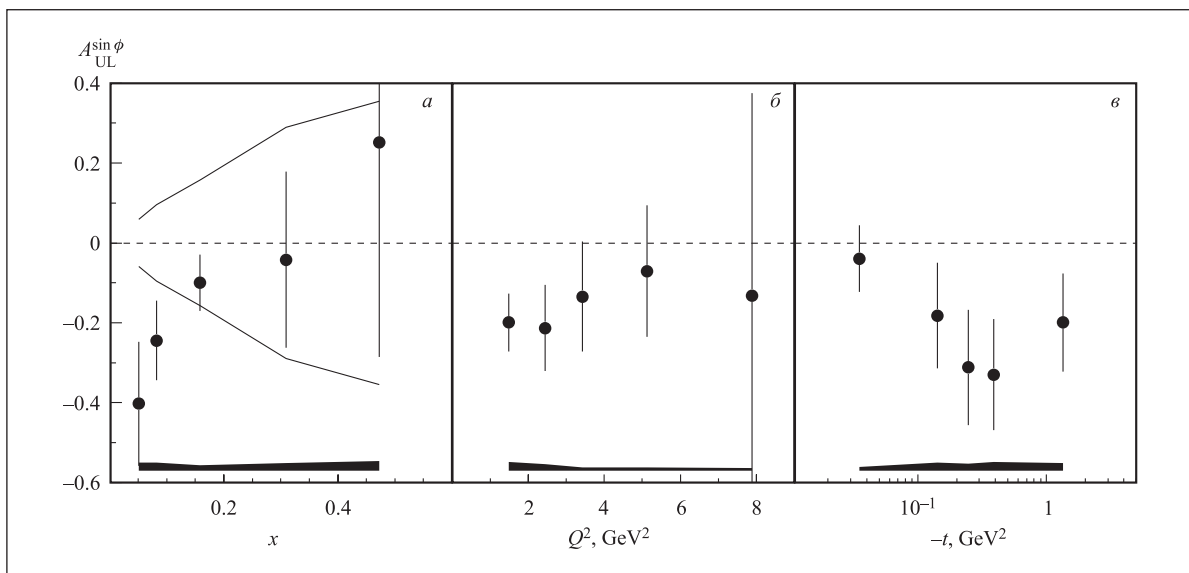


Рис. 4. Кинематическая зависимость $A_{UL}^{\sin \phi}$ от переменных x (а), Q^2 (б) и $-t$ (в) для реакции $e^+ + \vec{p} \rightarrow e'^+ + n + \pi^+$. Интервалы и полосы ошибок показывают статистические и систематические неопределенности соответственно. Сплошные линии показывают верхние пределы для асимметрии, возникающей от вклада поперечной компоненты поляризации мишени

В процессах дифракционного ГНР с лидирующим протоном в конечном состоянии измерено дифференциальное сечение $d\sigma/dt$ и структурная функ-

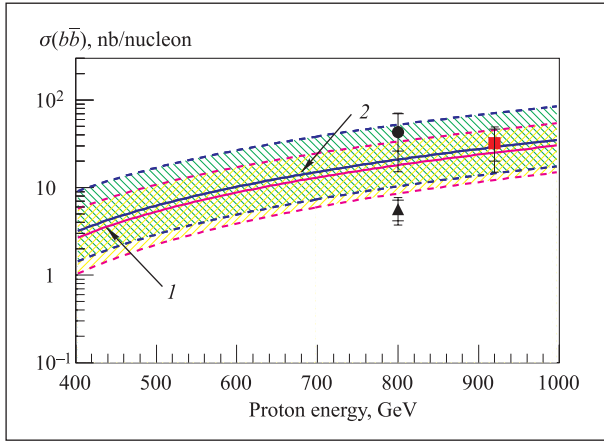


Рис. 5. Зависимость $\sigma(b\bar{b})$ от энергии протона. Результат эксперимента HERA-B (квадрат) сравнивается с результатами предыдущих измерений в экспериментах E789 (треугольник) и E771 (кружок), а также с теоретическими предсказаниями Бончиани и др. (2002 г.) (кривая 1) и Кидонакиса и др. (2001 г.) (кривая 2)

ция $F_2^{D(3)}(x_{\text{IP}}, x, Q^2)$. Фитирование дифференциального сечения в области $2 < Q^2 < 50 \text{ ГэВ}^2$ и $x_{\text{IP}} = 1 - z < 0,1$ (x_{IP} — часть импульса протона пучка, уносимая помероном) с помощью параметризации $d\sigma/dt \propto \exp(Bt)$ дает значение параметра наклона $B = 5,0 \pm 0,3(\text{стат.}) \pm 0,8(\text{сист.}) \text{ ГэВ}^{-2}$. В пределах ошибок измерения никакой зависимости параметра наклона от величины x_{IP} не обнаружено. Сравнение данных по $F_2^{D(3)}$ с предыдущими результатами, полученными с помощью FPS в недифракционной области больших x_{IP} , показало, что их поведение согласуется с предположением о переходе от померонного обмена при $x_{\text{IP}} < 0,005$ к доминированию реджеонного и пионного обменов при $x_{\text{IP}} > 0,05$.

С помощью измерения конечного состояния лидирующего протона было также исследовано фоторождение ρ -мезонов. Эти измерения расширили исследуемую область значений энергии в системе центра масс $25 < W < 70 \text{ ГэВ}$, сократив кинематический разрыв между измерениями на встречных пучках HERA и экспериментами с фиксированной мишенью. Результаты согласуются с предсказаниями модели доминантности векторных мезонов и реджевской теории. Измеренный наклон померонной траектории согласуется с величиной $\alpha'_{\text{IP}} = 0,25 \text{ ГэВ}^2$, извлеченной из сечений адрон-адронного упругого рассеяния. Параметр t -наклона $B = 10,3 \pm 0,8(\text{стат.}) \pm 0,5(\text{сист.}) \text{ ГэВ}^{-2}$, характеризующий аппроксимацию дифференциального сечения с помощью функции $d\sigma/dt \propto \exp(Bt)$, хорошо согласуется с более ран-

ними результатами, полученными из данных по фоторождению в экспериментах H1 и ZEUS. Анализ угловых распределений продуктов распада показал совместимость результатов с предположением, что спиральность в s -канале сохраняется в этом процессе.

В соответствии с обязательствами ОИЯИ ЛФЧ участвует в эксплуатации внешнего трека детектора HERA-B [14], который является широкоапертурным спектрометром, созданным в DESY для изучения столкновений протонов с энергией 920 ГэВ с ядрами проволоочной мишени, помещенной в гало протонного пучка ускорительно-накопительного кольца HERA. Физики ОИЯИ участвуют в разработке программного обеспечения, облучениях установки HERA-B и анализе данных [15]. Дубненская группа участвует в дальнейшем развитии физической программы исследований на установке HERA-B, в частности в моделировании и изучении асимметрии $B\bar{B}$ -рождения и полуплептонных B -распадов, а также в изучении возможности установки HERA-B с точки зрения физики рождения чармониума и ботомониума [16].

На основе данных, набранных в течение короткого физического сеанса облучения установки HERA-B во время ее запуска летом 2000 г., были измерены сечения рождения $b\bar{b}$ -пар при взаимодействии протонов с энергией 920 ГэВ с углеродной и титановой мишенями [17]. Рождение $b\bar{b}$ -пар выделялось через инклюзивные распады b -кварка в J/ψ -резонанс с помощью выделения распадов $J/\psi \rightarrow l^+l^-$, вершины которых отстоят вдоль по пучку от первоначальной вершины протон-ядерного взаимодействия. Впервые сечение $\sigma(b\bar{b})$ было измерено в эксперименте на фиксированной мишени с использованием как $\mu^+\mu^-$, так и e^+e^- -каналов дилептонных распадов J/ψ -резонанса. Область кинематической переменной Фейнмана x_F , в которой производились измерения, перекрывает интервал $-0,25 \leq x_F \leq 0,15$. После экстраполяции на полную кинематическую область переменной x_F объединенный анализ данных по $\mu^+\mu^-$ и e^+e^- -каналам дал следующее значение сечения [17]:

$$\sigma(b\bar{b}) = 32^{+14}_{-12}(\text{стат.})^{+6}_{-7}(\text{сист.}) \text{ мб/нуклон.}$$

Этот результат хорошо согласуется с самыми последними вычислениями КХД за пределами порядка, следующего после лидирующего (см. рис. 5). На том же рисунке приведены для сравнения результаты экспериментов E789 и E771, полученные при взаимодействии протонов с энергией 800 ГэВ с ядрами Au и Si.

Также была измерена доля J/ψ -резонансов от распадов $\chi_c \rightarrow J/\psi\gamma$ для различных состояний χ_c , рожденных в pC - и $p\text{Ti}$ -взаимодействиях [18]. Преимущество специфического распада $\chi_c \rightarrow J/\psi\gamma$ заключается в возможности его выделения с помощью триггера по сигнатуре $J/\psi \rightarrow l^+l^-$. В этом случае

происходит сокращение ряда систематических ошибок для отношения R_{χ_c} . Резонанс χ_c выделялся в распаде $\chi_c \rightarrow J/\psi\gamma \rightarrow l^+l^-\gamma$ как сигнал в ΔM -распределении, где $\Delta M \equiv M(l^+l^-\gamma) - M(l^+l^-)$ — разница инвариантных масс систем частиц $l^+l^-\gamma$ и l^+l^- . Усредненный результат по всем данным на углеродной и титановой мишенях:

$$\langle R_{\chi_c} \rangle = 0,321 \pm 0,064(\text{стат.}) \pm 0,037(\text{сист.}).$$

Как показано на рис. 6, результат эксперимента HERA-B сопоставим с результатами предыдущих измерений в реакциях, вызванных протонами и пионами. Интересно отметить, что результаты большинства измерений находятся ниже предсказаний CSM-модели (Color Singlet Model). Результат HERA-B также подтверждает такое поведение, будучи почти на 3 стандартных отклонения ниже CSM-предсказаний. Данные по протонным и пионным взаимодействиям сами по себе могут помочь уточнить параметры рождения χ_c в рамках нерелятивистской КХД (NRQCD), но для того, чтобы почувствовать различие между NRQCD и CEM (Color Evaporation Model), необходимы новые, гораздо более точные данные.

Специалисты ЛФЧ участвуют в создании малошумящего нейтринного детектора **BOREXINO** [19], расположенного в подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия). Смонтирован прототип детектора, STF, предназначенный для изучения нового типа жидкого сцинтиллятора, эффективности радиационной очистки, а также методов радиационного контроля. Данные по измерениям фонов на STF были использованы для определения верхней границы для магнитного момента pp и ${}^7\text{Be}$ солнечных нейтрино: $\mu_\nu \leq 5,5 \cdot 10^{-10} \mu_B$ [20]. Это значение лишь в три раза ниже, чем предел, полученный в экспериментах с реакторными и ${}^8\text{B}$ солнечными нейтрино. Получен новый нижний предел для среднего времени жизни нейтрино относительно его радиационного распада:

ПОДГОТОВКА НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Начаты работы в рамках эксперимента **NA-48/1** по изучению редких распадов K_S^0 -мезонов. При активном участии группы ОИЯИ проведен первый экспериментальный сеанс по этой программе.

При активном участии ЛФЧ также начата новая программа исследований — эксперимент **NA-48/2**, нацеленный на поиск в 2003 г. прямого CP -нарушения в распадах заряженных каонов с использованием аппаратуры установки NA-48. Вклад физиков ОИЯИ в эту программу охватывает следующие направления работ: моделирование усло-

$\tau(\nu_H \rightarrow \nu_L + \gamma)/m_\nu \geq 1,5 \cdot 10^3$ с/эВ [20]. Это ограничение оказывается более чем на порядок величины лучше, чем ограничения, полученные в предыдущих прямых лабораторных экспериментах с реакторными нейтрино. Данные STF также были использованы для получения ограничения на стабильность электрона относительно его распада по каналу $e^- \rightarrow \gamma + \nu_e$. На основе статистики, набранной в течение 32 дней, определена новая нижняя граница для среднего времени жизни $\tau(e^- \rightarrow \gamma + \nu_e) \geq 4,6 \times 10^{26}$ лет (с уровнем достоверности 90 %) [21].

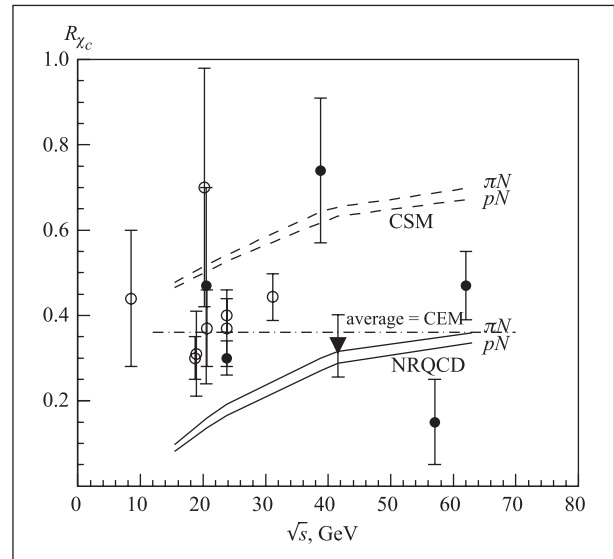


Рис. 6. Сравнение измеренного в эксперименте HERA-B отношения R_{χ_c} (треугольник) с результатами других экспериментов в pp -, pA - (темные кружки) и πp -, πA -взаимодействиях (светлые кружки). Также показаны предсказания для pN - и πN -взаимодействий на основе различных теоретических моделей: NRQCD (сплошная линия), CSM (штриховая линия), CEM (штрихпунктирная линия). В качестве CEM-предсказания приведено значение, усредненное по данным для pp -, pA -, πp - и πA -взаимодействий

вий эксперимента, развитие комплекса программ для фильтрации и мониторинга физических характеристик накапливаемой информации, разработка и создание электроники считывания данных с нового координатного детектора пучка заряженных каонов — **KABES**.

Спектрометр **COMPASS** (NA-58) создается для проведения серии экспериментов с мюонами высоких энергий и адронными пучками в ЦЕРН, включая исследование инклюзивного и полуинклюзивного ГНР, мюонов на поляризованных мишенях,

поиск эффектов поляризации внутренней странности нуклона в рождении Λ -гиперонов, а также измерение кваркового и глюонного вкладов в спин нуклона.

ОИЯИ участвует в создании, испытаниях и эксплуатации различных детекторов COMPASS. Выполнена новая калибровка калориметра HCAL1, который полностью готов к набору данных. Для ускорения изготовления дрейфовых straw-камер для трековой станции TS2 установки COMPASS в ЛФЧ была создана вторая производственная линия. Все 15 двойных слоев станции TS2 доставлены в ЦЕРН. Специалисты ОИЯИ вместе со специалистами из Турина переделали многопроволочные пропорциональные камеры и дрейфовые камеры, которые будут использованы в детекторе LAT установки COMPASS. Все камеры были проверены вместе с новой электроникой и находились в рабочем состоянии в течение сеансов облучения установки COMPASS. Боксы и пропорциональные трубки для мюонного детектора MW1, ответственность за который также полностью несет ОИЯИ, были произведены в Дубне и проверены в ЦЕРН. Также проведена проверка усилителей и дискриминаторов для системы считывания данных детектора MW1. В 2002 г. детектор MW1 был полностью оснащен системой считывания и находился в рабочем состоянии в течение физического сеанса набора данных.

В соответствии с обязательствами ОИЯИ в рамках эксперимента ATLAS, подготавливаемого в ЦЕРН, ЛФЧ участвует в создании жидкоаргонового адронного торцевого калориметра (LArHEC) и трекера на основе регистрации переходного излучения. В 2002 г. продолжались создание систем и модулей LArHEC, а также исследование радиационных свойств материалов и электронных компонент на реакторе ИБР-2 [22] и анализ экспериментальных данных, полученных во время испытаний модулей калориметра на тестовом пучке в ЦЕРН [23]. Завершено производство медных поглотителей для LArHEC. При участии дубненских специалистов в ЦЕРН смонтированы два диска LArHEC вместе с системой температурных измерений. Ведутся исследования спиновых эффектов в процессах одиночного и парного рождения t -кварков в pp -столкновениях на LHC.

Основная деятельность ЛФЧ в проекте CMS сконцентрирована на изучении, конструировании, интеграции и производстве торцевых детекторов, причем ОИЯИ несет полную ответственность и координирует эти работы в рамках RDMS (Russia and Dubna Member States) коллаборации CMS. Группа ОИЯИ участвует в следующих проектах: торцевая адронная калориметрия (HE), первая мюонная станция (ME1/1), торцевой предливневый детектор (SE), развитие физической программы исследований.

В соответствии с графиком работ в сентябре 2002 г. в ЦЕРН был начат монтаж первого торцевого

адронного калориметра. Успешно идет производство механических деталей и устройств для HE+1. С помощью моделирования исследованы радиационные повреждения сцинтилляторов HE и энергетическое разрешение при регистрации пионов [24].

В Дубне также продолжается массовое производство стриповых камер с катодным считыванием (СККС) для мюонной станции ME1/1. Произведено 33 СККС, причем скорость производства составляет в среднем 3 камеры в месяц. В производстве также находится анодная электроника для ME1/1. Поставка катодной электроники была начата в октябре 2002 г. Продолжается работа по интеграции ME1/1 в установку CMS.

Совместно с Зеленоградом в Дубне осуществляется массовое изготовление кремниевых радиационно стойких детекторов (сенсоров) [25] для SE. Продолжается изучение радиационной стойкости кремниевых стриповых детекторов. Организован дубненский региональный центр для сборки модулей детекторов.

Физики ОИЯИ участвуют в развитии программного обеспечения и моделирования физических процессов, идущих прежде всего в передней и торцевой областях детектора CMS. Начато исследование физических процессов с жесткими мюонами ($p_T > 300$ ГэВ) в конечном состоянии. Эти исследования включают в себя следующие направления: рождение дополнительных калибровочных бозонов, горизонтальных калибровочных бозонов и хиггсовских бозонов с двойным зарядом; поиск сигналов образования тяжелых гравитонных резонансов и других проявлений дополнительных размерностей. На основе моделирования рождения новых калибровочных бозонов показан потенциал детекторных систем CMS с точки зрения возможности открытия Z' -бозона. Продолжаются исследования в рамках программы по физике тяжелых ионов на CMS. Показана возможность образования кварк-глюонной плазмы в центральных взаимодействиях легких ядер и нецентральных столкновениях тяжелых ядер. Исследовано влияние процессов вторичных взаимодействий и эффектов партонного экранирования на A -зависимость множественного рождения частиц. Для моделирования рождения и распадов B -мезонов в Дубне создан пакет программ SIMUB [26], включенный в общее программное обеспечение для моделирования установки CMS. Для изучения эксклюзивного B -триггера и оценки точности извлечения из данных параметров распада $B_S^0 \rightarrow J/\psi\phi$ в Дубне было сгенерировано около 20 млн событий этого процесса с использованием пакета SIMUB. Продолжается изучение рождения прямых фотонов [27]. Смоделирован отклик адронного калориметра комбинированной системы HE/HF.

ЛФЧ участвует в создании и эксплуатации систем центрального электромагнитного калориметра ВЕМС для 4π -детектора STAR на коллайдере RHIC

в Брукхейвене. Изготовлено около 10% модулей ВЕМС, которые прошли испытания на встречных Au–Au- и *pp*-пучках. Группа ЛФЧ участвует в развитии программного обеспечения ВЕМС и физической программы дальнейших исследований на детекторе STAR. В частности, группой ЛФЧ предложен специальный эксперимент на детекторе STAR по изучению мягких фотонов с энергиями в области от 20 до 100 МэВ.

Начаты работы по реализации проекта NIS, нацеленного на измерение сечений околопорогового рождения ω - и ϕ -мезонов в *pp*- и *np*-взаимодействиях

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В соответствии с графиком работ по созданию системы подавления поперечных колебаний для ЛНС в 2002 г. деятельность ЛФЧ была сфокусирована на конструировании и производстве электростатического кикера и усилителей мощности, а также исследовании цепи усилителя мощности и режимов подавления.

В течение 2002 г. группа по лазерам на свободных электронах (ЛСЭ) продолжила экспериментальные и теоретические исследования осцилляторов на основе лазеров на свободных электронах миллиметрового диапазона, которые могут быть использованы в качестве микроволнового источника питания для линейного коллайдера CLIC в ЦЕРН.

Основными направлениями в рамках проекта TESLA, в которые ОИЯИ вносит значительный вклад, являются ЛСЭ рентгеновского диапазона, разработка $\gamma\gamma$ -коллайдера, участие в экспериментальных исследованиях с ускорителем и ЛСЭ на прототипе TESLA Test Facility (TTF) в DESY. Успешно реализована первая фаза проекта ЛСЭ на TTF, причем достигнуто значительное превышение проектных значений параметров [28]. Смонтировано оборудование для регенеративного ЛСЭ-усилителя, и проведены испытания на электронном пучке и при облучении в туннеле TTF [29]. Теоретические и конструкторские разработки в области физики ускорителей и ЛСЭ включают в себя следующие темы: оптимизация пользовательской инфраструктуры на TTF и в лаборатории ЛСЭ рентгеновского диапазона [30]; разработка схем ЛСЭ, обеспечивающих фемтосекундный масштаб длительности импульсов [31]; изучение физики пучков [32]. Ведутся концептуальные разработки и изучение инфракрасного радиатора на TTF [33]. Реализация этого устройства позволит использовать мощный источник (с мощностью до

на нуклотроне ОИЯИ и поиск нарушения правила ОЦИ как проявления внутренней поляризованной странности нуклонов. Для осуществления этих задач было предложено использовать в установке СФЕРА три пропорциональные камеры размером $2 \times 10 \text{ м}^2$ с установки ЭКСЧАРМ, а также новую систему идентификации заряженных частиц, основанную на измерениях времени пролета и импульсов частиц. Пропорциональные камеры были изготовлены, испытаны на тестовом оборудовании ЭКСЧАРМ и доставлены из Протвино в Дубну. Произведено несколько прототипов счетчиков для системы идентификации заряженных частиц и триггерной системы.

100 МВт в пике) в полосе частот порядка нескольких ТГц. Использование томсоновского рассеяния назад позволит получить интенсивный поляризованный монохроматический источник рентгеновского излучения с фемтосекундным масштабом длительности импульса.

В ЛФЧ развивается новое нетрадиционное направление в области техники электронных **ускорителей для радиационных технологий**. Произведен и доставлен в Японию ускоритель D-300-10, который будет использован для вулканизации каучука. Ускоритель имеет следующие параметры: энергия 300 кэВ, средний ток пучка 34 мА, мощность пучка 10 кВт. Также продолжается разработка и создание систем и деталей модели ускорителя с энергией 700 кэВ.

Совместно с другими участниками ЛНФ и ЛФЧ подготовили детальный график работ по реализации проекта ИРЕН. В рамках ответственностей лабораторий ОИЯИ полностью выполнены планы по созданию линейного ускорителя LUE-200. Для производства элементов LUE-200 конструкторами ЛНФ и ЛФЧ была успешно разрешена сложная проблема подготовки необходимых чертежей. Начато и частично завершено создание многих деталей магнитной фокусирующей системы и фермы линейного ускорителя. Успешно проведено 10-дневное испытание модулятора LUE-200 с клистродами на запланированном уровне СВЧ-мощности. Испытаны и отлажены все элементы СВЧ-фидера. Завершена техническая проработка системы контроля LUE-200. Часть необходимого оборудования была доставлена для проверки некоторых элементов этой системы, используемых в полномасштабном СВЧ-стенде. В ЛФЧ также были произведены первые две обмотки для соленоида магнитной фокусирующей системы. Кроме того, в ЛФЧ и ЛЯП был создан стенд для точ-

ных магнитных измерений. Многие элементы вакуумной системы были испытаны и подготовлены специалистами ЛФЧ для будущего использования внутри LUE-200.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Potrebenikov Yu. K.* // Part. & Nucl. 2002. V. 33. P. 617.
2. *Aleev A. N. et al.* JINR Preprint D1-2001-283. Dubna, 2002;
Goudzovski E. A., Guriev D. K. // Proc. of the XV Intern. Conf. on High Energy Physics Problems, Dubna, 2001. V. 1. P. 298.
3. *EXCHARM Collaboration (presented by O. V. Bulekov)* // Proc. of the III Russian Conf. «University of Russia — Fundamental Investigations. Particle and Nuclear Physics», Moscow, 2002. P. 136.
4. *EXCHARM Collaboration (presented by I. A. Polenkevich)* // Ibid. P. 139.
5. *Kekelidze V. D.* // Part. & Nucl. 2002. V. 33. P. 626.
6. *Batley J. R.* // Phys. Lett. B. 2002. V. 544. P. 97.
7. *Lai A. et al.* // Ibid. V. 537. P. 28.
8. *Lai A. et al.* // Ibid. V. 533. P. 196.
9. *Lai A. et al.* // Ibid. V. 536. P. 229.
10. *Nagaitsev A. et al.* HERMES Internal Report 02-046, DESY. Hamburg, 2002.
11. *Airapetian A. et al.* // Phys. Lett. B. 2002. V. 535. P. 85.
12. *Airapetian A. et al.* DESY Preprint 02-137. Hamburg, 2002.
13. *Kapishin M. N.* // Part. & Nucl. 2002. V. 33. P. 641.
14. *Belkov A. A., Golutvin I. A., Kiryushin Yu. T.* // Ibid. P. 648.
15. *Belkov A., Moshkin A., Ososkov G.* HERA-B Note 02-067. Hamburg, 2002;
Belkov A., Fominykh B., Zaitsev Yu. HERA-B Note 02-036. Hamburg, 2002;
Belkov A. A. et al. // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 2[111]. P. 51;
Abyzov A. et al. // Ibid. P. 5;
Albrecht H. et al. HERA-B Note 02-121. Hamburg, 2002.
16. *Belkov A., Shulga S.* HERA-B Note 02-081. Hamburg, 2002.
17. *Abt I. et al.* DESY Preprint 02-076. Hamburg, 2002.
18. *Abt I. et al.* DESY Preprint 02-187. Hamburg, 2002.
19. *Zaimidoroga O. A.* // Part. & Nucl. 2002. V. 33. P. 673.
20. *Back H. O. et al.* JINR Preprint E1-2002-29. Dubna, 2002.
21. *Back H. O. et al.* JINR Preprint E1-2002-30. Dubna, 2002.
22. *Leroy C. et al.* ATLAS Intern. Note, ATL-LARG-2002-003, CERN. Geneva, 2002.
23. *Dowler B. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 482. P. 94.
24. *Golutvin et al.* CMS Note 2002/013, CERN. Geneva, 2002.
25. *Evangelou I. et al.* CMS Note 2002/026, CERN. Geneva, 2002;
Bloch Ph. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 479. P. 265;
Bloch Ph. et al. // IEEE Transactions on Nucl. Sci. 2002. V. 49, No. 1.
26. *Belkov A. A., Shulga S. G.* // Proc. of the 6th Intern. School-Seminar on Actual Problems of High-Energy Physics, Gomel, Belarus, Aug. 7–16, 2001; hep-ph/0201283.
27. *Konopliyanikov V. et al.* CMS IN-2002/014, CERN. Geneva, 2002.
28. *Yurkov M. V.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 483. 2002. P. 51;
Ayvazyan V. et al. // Phys. Rev. Lett. 2002. V. 88. 2002. P. 10482;
Ayvazyan V. et al. // Eur. Phys. J. D. 2002. V. 20. P. 149.
29. *Faatz B. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 483. P. 412.
30. *Feldhaus J. et al.* DESY Preprint 02-026. Hamburg, 2002.
31. *Saldin E. L., Schneidmiller E. A., Yurkov M. V.* // Optics Commun. 2002. V. 202. P. 169; V. 205. P. 385; V. 212. P. 377;
Brefeld W. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 483. P. 62; 75; 80.
32. *Saldin E. L., Schneidmiller E. A., Yurkov M. V.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 483. P. 516.
33. *Brefeld W. et al.* DESY Preprint 02-038. Hamburg, 2002.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ им. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

ФИЗИКА НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

В 2002 г. в подземной лаборатории LSM (Модан, Франция) закончены монтаж и настройка спектрометра **NEMO-3**, предназначенного для исследования двойного β -распада изотопов ^{100}Mo (7,2 кг), ^{82}Se (1 кг), ^{116}Cd (0,6 кг), ^{130}Te (1,3 кг), ^{150}Nd (48 г), ^{96}Zr (20 г), ^{48}Ca (10 г). На установке NEMO-3 за несколько лет измерений планируется достичь чувствительности по двойному безнейтринному β -распаду на ^{100}Mo $T_{1/2}(0\nu2\beta) \sim 5 \cdot 10^{24}$ лет, что соответствует массе нейтрино 0,1–0,4 эВ.

После настройки сцинтиляционной и гейгеровской частей спектрометра, проведения ряда энергетических и временных калибровок был осуществлен физический пуск установки. Официальная церемония открытия состоялась 12 июня 2002 г. в присутствии дирекции ОИЯИ. Осенью осуществлялся набор данных параллельно с доводкой спектрометра. Предварительный анализ данных (рис. 1) по ^{100}Mo за первые 700 ч работы дал следующие результаты: $T_{1/2}(2\nu2\beta) = 0,8 \pm 0,008(\text{стат.}) \pm 0,150(\text{сист.}) \times 10^{19}$ лет, $T_{1/2}(0\nu2\beta) > 1,2 \cdot 10^{23}$ лет (при уровне достоверности 90%), $T_{1/2}(0\nu2\beta\chi^0) > 6,4 \cdot 10^{21}$ лет (при уровне достоверности 90%).

Из радиационно-чистых конструкционных материалов создан низкофоновый спектрометр **TGV-2** для изучения редких ядерных процессов — $2\beta2\nu$ - и $2\beta0\nu$ -распада ^{48}Ca и $2K2\nu$ - и $2K0\nu$ -захвата ^{106}Cd . Основу спектрометра составляют 32 планарных HPGe-детектора с общим чувствительным объемом около 400 см^3 (примерно 3 кг Ge), криогенная система, электронная система регистрации событий и система активной и пассивной защиты для подавления различных составляющих естествен-

ного радиационного фона. Спектрометр смонтирован в Моданской подземной лаборатории (Франция) (4800 м в. э.).

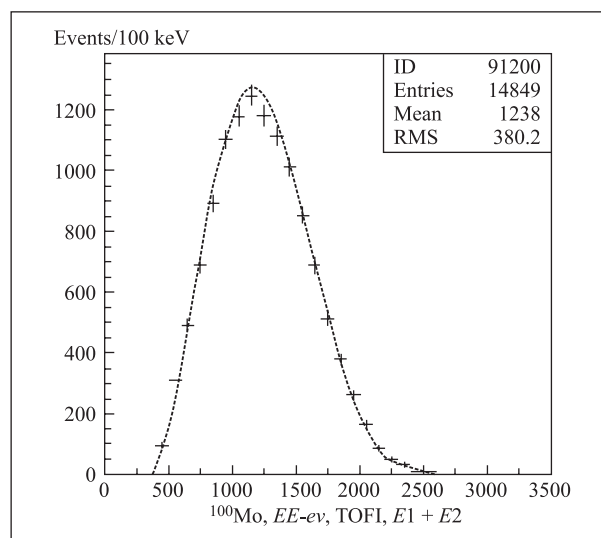


Рис. 1. Спектр $2\nu2\beta$ -распада ^{100}Mo за 700 ч измерений в полностью смонтированной установке NEMO-3

Измерения на низкофоновом 400-см^3 HPGe-детекторе проводились с образцом из 24,6 г обогащенного $^{48}\text{CaF}_2$ (около 10 г ^{48}Ca) в течение 1590 ч. По результатам этих измерений получены новые ограничения на простой β -распад $^{48}\text{Ca} \rightarrow ^{48}\text{Sc}$ и двойной β -распад ^{48}Ca на возбужденные состояния дочернего ядра ^{48}Tl . Для β^- -распада на основное состояние 6^+ , возбужденные состояния 5^+ и

$4+ {}^{48}\text{Sc}$ получены соответственно пределы $1,6 \cdot 10^{20}$, $2,5 \cdot 10^{20}$ и $1,9 \cdot 10^{20}$ л при уровне достоверности 90%. Для $\beta^-\beta^-$ -распада в ${}^{48}\text{Ti}$ на первый 2^+ , второй 2^+ и первый 0^+ возбужденные состояния верхние пределы составляют соответственно $1,8 \cdot 10^{20}$, $1,5 \cdot 10^{20}$ и $1,5 \cdot 10^{20}$ л при уровне достоверности 90% [1].

В 2002 г. были закончены исследования структуры возбужденных состояний ${}^{221}\text{Fr}$ при распаде ${}^{225}\text{Ac}$. В экспериментах на $(\alpha-\gamma)$ -совпадения была получена наиболее точная информация об α -, γ -спектрах и структуре уровней ${}^{221}\text{Fr}$. Предложена схема уровней ${}^{221}\text{Fr}$. Экспериментальные данные хорошо согласуются с расчетами, проведенными в рамках квазичастичной фононной модели Соловьева без предположения о статической октупольной деформации ядер [2].

В связи с недавним первым свидетельством существования безнейтринного двойного β -распада в Ge [3] был проведен анализ γ -спектров вблизи $Q_{2\beta 0\nu}({}^{76}\text{Ge}) = 2039$ кэВ с целью определения при-

роды наблюдаемых γ -линий. Можно предположить, что этот пик возникает при распаде ${}^{77}\text{Ge}$ и/или ${}^{76}\text{Ga}$, которые формируются путем захвата нейтрона и/или μ -мезона материалом детектора. В этом случае есть объяснение пока еще не идентифицированного γ -пика при $E_\gamma \approx 2070$ кэВ.

В 2002 г. в рамках программы AnCor на мюонном пучке ускорителя PSI (Виллиген, Швейцария) был закончен эксперимент по исследованию угловой μ -нейтринной корреляции в захвате мюонов ядром ${}^{16}\text{O}$. Необходимость работы именно на этом пучке была вызвана особенностями исследуемого ядра, требовалась экстремально низкая плотность мишени, чтобы исключить мешающий фактор торможения ядер отдачи. Поскольку полученный результат явно противоречит стандартной модели электрослабого взаимодействия, демонстрируя наличие скалярного вклада, решено было повторить эксперимент на другой мишени. Было проведено измерение спектров γ -излучения, сопровождающего μ -захват в неоне при атмосферном давлении (рис. 2).

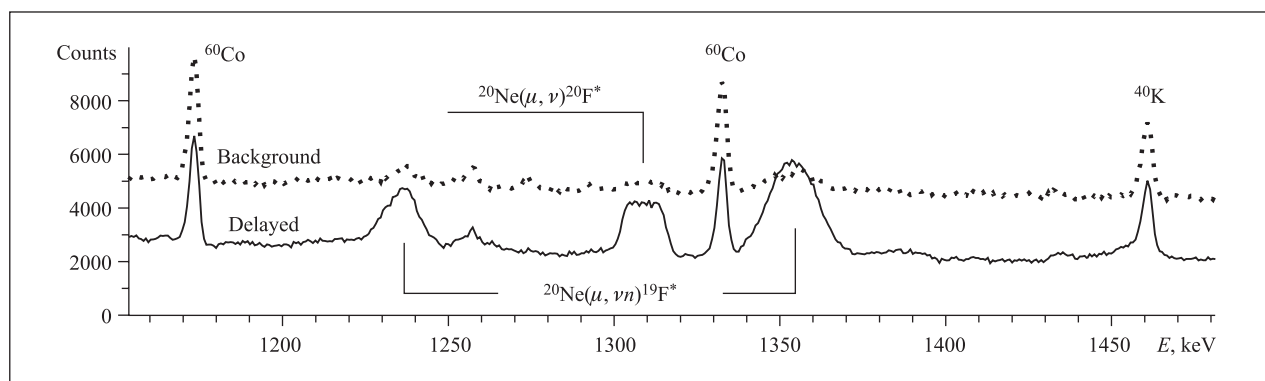


Рис. 2. Фрагмент спектра γ -излучения, сопровождающего захват мюона ядрами неона

Ясно видны линии трех типов: узкие фоновые (не меняющие свою интенсивность со временем), доплеровски уширенные треугольные, соответствующие μ -захвату с вылетом нейтрона, и прямоугольная линия, соответствующая изучаемому процессу. Из анализа формы таких линий будет получена информация о формфакторах скалярного и псевдоскалярного взаимодействия [4].

Параллельно с исследованием доплеровской формы γ -линий при μ -захвате на ${}^{16}\text{O}$ и ${}^{20}\text{Ne}$ были проведены тестовые измерения с мишенями В, С, Mg, Si, S, Ar и Са.

В рамках проекта LESI были проведены измерения энергетического распределения ионов дейтериевого лайнера, ускоренного в схеме инверсного Z-пинча (плазма лайнера электродинамически ускоряется от его оси). Знание энергетического распределения дейтронов крайне важно для правильной ин-

терпретации результатов экспериментов по исследованию dd -реакции в области ультранизких энергий с использованием лайнерной плазмы. Эксперименты выполнялись на высокоточном импульсном ускорителе ($I = 950$ кА, $\tau = 80$ нс) Института сильноточной электроники СО РАН (Томск). Лайнер в начальном состоянии представлял собой сверхзвуковую полую струю дейтерия диаметром 32 мм и длиной 20 мм. Измерение характеристик лайнера производилось с помощью детекторов его оптического излучения (H_α - и H_β -линии дейтерия) и магнитных зондов, установленных по радиусу разгона лайнера. С помощью сцинтилляционных спектрометров и ${}^3\text{He}$ -счетчиков измерялась интенсивность нейтронного излучения, обусловленного протеканием ядерной реакции $d + d \rightarrow {}^3\text{He} + n$. Результаты исследований свидетельствуют о возможности применять достаточно простой метод измерения параметров лай-

нера, ускоренного до энергий 3–6 кэВ, используя при этом совместный анализ данных, полученных с помощью магнитных зондов, оптических датчиков и нейтронных детекторов [5].

На спектрометре ANKE, действующем на внутреннем пучке протонного синхротрона COSY (Юлих), исследуется реакция безмезонного развала дейтрона протоном $p + d \rightarrow p + p + n$ при высоких передачах импульса. В коллинеарной геометрии такая реакция с испусканием назад быстрого нуклона представляет собой наиболее простой вид кумулятивного процесса, и изучение реакции с полным восстановлением кинематики событий представляет значительный интерес для выяснения механизма кумулятивных процессов.

В экспозиции 2001 г. коллаборацией ANKE были получены данные о развале дейтрона, при котором под малыми углами к пучку испускается пара быстрых протонов с малой энергией E_{pp} относительно движения в паре. Определены дифференциальные сечения развала, интегрированные по энергии возбуждения пары $E_{pp} < 3$ МэВ и усредненные по углу вылета пары θ_{pp}^{cm} от 0 до 8° . Сечения убывают с ростом энергии протонного пучка (энергия которого изменяется от 0,6 до 1,9 ГэВ), так же как сечения упругого протон-дейтронного рассеяния назад $pd \rightarrow dp$, однако их значения примерно на два порядка ниже [6].

В 2002 г. на мюонном пучке фазотрона ОИЯИ с дейтериевой мишенью высокого давления проводили исследования реакции радиационного захвата дейтрона $d + d \rightarrow {}^4\text{He} + \gamma$ из состояния мюонной молекулы $dd\mu$ (рис. 3). Реакция $dd\mu \rightarrow {}^4\text{He} + \gamma + 23,8$ МэВ ранее не изучалась из-за ее чрезвычайно

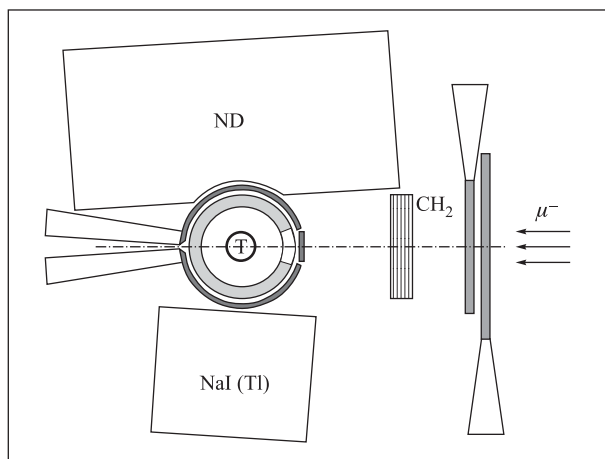


Рис. 3. Схема экспериментальной установки для исследования реакции радиационного захвата дейтрона

низкой ожидаемой скорости. При температурах $T > 150$ К мюонные молекулы $dd\mu$ формируются в состоянии $J = 1$ и ядерная реакция синтеза про-

текает из p -волны нового состояния относительного движения ядер. Таким образом, регистрация γ -кванта с энергией 23,8 МэВ однозначно указывает на парциальный вклад p -волны в скорость процесса. На основе полученных данных (рис. 4) показано, что абсолютный выход реакции на одну образовавшуюся мюонную молекулу дейтерия (при уровне досто-

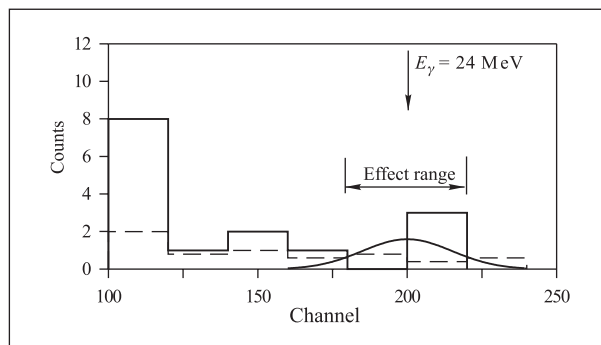


Рис. 4. Амплитудный спектр γ -квантов в детекторе NaI. Функция отклика детектора представлена гауссианом

верности 90%) $\eta_\gamma < 2 \cdot 10^{-5}$. Верхний предел для скорости радиационного синтеза λ_γ^1 из состояния $J = 1$ мюонной молекулы $dd\mu$ $\lambda_\gamma^1 = 8 \cdot 10^3$ с $^{-1}$ [7].

В рамках проекта MUON было продолжено изучение конденсированных сред μ SR-методом. Эксперименты с кремнием были направлены на изучение влияния примесей на скорость релаксации магнитного момента акцепторного центра. Были выполнены измерения более 20 образцов с различными концентрациями примесей p - и n -типа. Впервые определена константа сверхтонкого взаимодействия в акцепторном центре, образованном атомом Al в Si: $A/h({}^{27}\text{Al}) = (-2,2 \pm 0,2)$ МГц и получена оценка плотности волновой функции «дырки» на ядре атома Al в Si. Обнаружено, что сверхтонкое взаимодействие мелких акцепторов значительно слабее, чем у доноров в кремнии. Этот факт свидетельствует о существенном вкладе p -волны в волновую функцию основного состояния акцепторной примеси. Впервые определен вид температурной зависимости скорости релаксации магнитного момента мелкого акцепторного центра в недеформированном кремнии в диапазоне концентраций примесных атомов от $\sim 5 \cdot 10^{12}$ до 10^{20} см $^{-3}$ и диапазоне температур 4,2–50 К. В вырожденном кремнии при $T < 30$ К релаксация магнитного момента акцептора практически определяется спин-обменным рассеянием свободных носителей заряда. Получены оценки для эффективных сечений спин-обменного рассеяния дырок (σ_h) и электронов (σ_e) на акцепторном центре Al в Si: $\sigma_h \sim 10^{-13}$ см 2 , $\sigma_e \sim 8 \cdot 10^{-15}$ см 2 [8].

В рамках проекта PIVETA в 2002 г. продолжалась обработка данных пионного β -распада. Набор данных был завершен в 2001 г. В первой фазе экс-

перимента для редких пионного и мюонного распадов было набрано статистических данных на два порядка больше, чем раньше. Для распада $\pi \rightarrow \pi^0 e \nu$ данные насчитывают более 50 К событий. Ранее полученные данные составляли только 1,77 К событий. Для распадов $\pi \rightarrow e \nu$, $\pi \rightarrow e \nu \gamma$ и $\mu \rightarrow e \nu \nu \gamma$ коллаборация RIBETA набрала соответственно 580 М, 60 К и 500 К событий по сравнению с 0,35 М, 1,35 К и 8,5 К, которые были получены к моменту начала эксперимента RIBETA. Относительная вероятность пионного β -распада составляет $1,044 \pm 0,007(\text{стат.}) \pm 0,009(\text{сист.}) \cdot 10^{-8}$.

Обработка более чем 15000 событий распадов пиона ($\pi \rightarrow e \nu \gamma$) была проведена в 2001 г. Часть статистических данных была получена с помощью триггера, предложенного группой из Дубны. Предварительный анализ радиационного распада пиона показал наличие малого вклада тензорного слабого взаимодействия, которое запрещено в стандартной модели [9].

В рамках совместного проекта DUBVO (ОИЯИ–INFN) по изучению пион-ядерных взаимодействий при энергиях ниже Δ -резонанса была создана экспериментальная установка СТРИМЕР. Она представляет собой самошунтирующуюся стримерную камеру, наполненную гелием, в магнитном поле, оснащенную двумя видеокамерами с ПЗС-матрицами для видеорегистрации ядерных событий, происходящих в объеме камеры. Самошунтирующаяся стримерная камера служит одновременно тонкой мишенью и управляемым трековым детектором и позволяет изучать π^\pm в реакциях ^4He , в которых требуется получать измеримые следы вторичных заряженных частиц с очень низкой энергией. Свыше 5000 видеоизображений событий были получены и преобразованы для дальнейшей обработки [10].

Измерение событий реакции $\pi^+ ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ 2p 2n$ позволило выделить свыше 100 событий, которые удовлетворяют условию взаимодействия двух ней-

тронов в конечном состоянии и для которых распределение инвариантных масс πNN проявляет такое же резонансное поведение, как и распределение, полученное при изучении протон-протонного взаимодействия при энергии 920 МэВ в ИТЭФ [11], и имеет максимум в районе 2,05 ГэВ. Другой физический результат состоит в первом наблюдении явления тормозного излучения положительных пионов на ядрах гелия. Были получены относительные вероятности для различных каналов реакции (рис. 5). В таблице

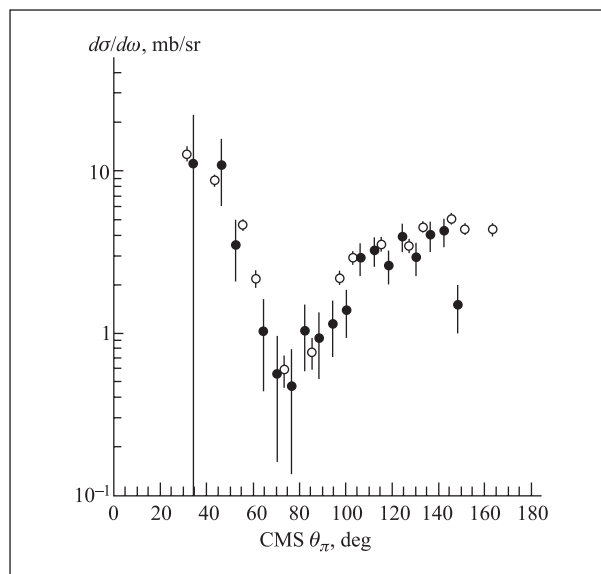


Рис. 5. Дифференциальные сечения для реакций (1) и (2) (см. таблицу): темные кружки — данные 2002 г.; светлые кружки — данные 1980 г.

приведены новые данные, а также для сравнения представлены единственные существующие данные по процессам (1), (3) и (4), полученные в 1980 г. с помощью техники диффузионной камеры [12].

Относительные вероятности двухлучевых процессов $\pi^4\text{He}$ -взаимодействия

Реакция	1980 г., диффузионная камера	2002 г., стримерная камера
$\pi^+ ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ ^4\text{He}$ (1)	$0,588 \pm 0,076$	$0,380 \pm 0,021 + 0,049 - 0,043$
$\pi^+ ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ ^4\text{He} \gamma$ (2)	—	$0,322 \pm 0,019 + 0,112 - 0,026$
$\pi^+ ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ ^3\text{He} n$ (3)	$0,240 \pm 0,038$	$0,136 \pm 0,013 + 0,025 - 0,018$
$\pi^+ ^4\text{He} \rightarrow \pi^0 ^4\text{He} p$ (4)	$0,176 \pm 0,053$	$0,162 \pm 0,014 + 0,000 - 0,000$

В рамках проекта «Аэрогель» были получены улучшенные параметры образцов аэрогеля диоксида кремния (прозрачность, гидрофобность и т. п.). Совместно с группой Л. С. Золина (ЛВЭ) проводились работы по сравнительному изучению характеристик аэрогеля $n = 1,04$ для образцов с диаметрами 75 и 125 мм, изготовленных в ЛЯП, и образцов, изготовленных в Японии и Новосибирске. Эксперимент

показал хорошее совпадение характеристик. Разработан и изготовлен прибор, позволяющий проводить контроль качества образца по всему объему (определение микротрещин, пузырьков и других неоднородностей). Автоматизирована система сушки образцов в 37-литровом автоклаве.

В течение года проводились работы по созданию технологии изготовления образцов аэрогелей боль-

шого размера с низким коэффициентом преломления ($n = 1,008$). Были получены мелкие образцы невысокого качества (трещины, плохая прозрачность, очень высокая степень усадки при сушке). Карди-

нально проблема может быть решена путем использования CO_2 при сушке, однако это требует создания новой аппаратуры [13].

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В рамках коллаборации **DELPHI** было изучено рождение τ -пары в соударениях квазиреальных фотонов в реакции $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\tau^+\tau^-$. За время работы LEP с 1997 по 2000 г. детектором DELPHI была набрана интегральная светимость в 650 пб^{-1} . τ -пары были идентифицированы на основе топологии, в которой один τ -распад проходил в электроны, а другой — в частицу, отличной от электрона. Обе моды распада были идентифицированы с использованием dE/dx -потерь, измеренных трековой системой DELPHI. Было найдено сечение этой реакции при энергии LEP2, оно составляет $(441 \pm 17) \text{ пб}$, что находится в хорошем согласии с предсказанием стандартной модели (448 пб). Измеренное сечение было использовано для определения верхнего предела для аномального магнитного момента a_τ и электрического дипольного момента d_τ τ -лептона: $-0,029 < a_\tau < 0,013$ и $|d_\tau| < 3,3 \cdot 10^{-16} \text{ е см}$. Найденный предел a_τ лучше, чем существующее PDG-значение [14].

Группой из ОИЯИ на детекторе **NOMAD** (Neutrino Oscillation MAgnetic Detector, WA96) проведен эксперимент по исследованию рождения странных частиц при взаимодействии нейтрино. В 2002 г. был

измерен интегральный выход нейтральных странных частиц в ν_μ CC-взаимодействии с точностью, в несколько раз превосходящей точность предыдущих измерений: $(6,76 \pm 0,06)$, $(5,04 \pm 0,06)$ и $(0,37 \pm 0,02) \%$ для K_s^0 , Λ^0 , анти- Λ^0 соответственно. Найдено значительное разногласие между данными NOMAD и LUND-модели (со стандартным набором параметров для описания странных резонансов и рождения тяжелых гиперонов в ν -взаимодействиях). Например, значение $N(\Sigma^{*+})/N(\Lambda)$, предсказанное LUND-моделью, составляет $(17,0 \pm 0,6) \%$, в то время как данные, полученные на NOMAD, дают $(5,2 \pm 1,0) \%$. Новые результаты вместе с результатами предыдущих измерений на NOMAD для Λ^0 - и Λ^{-0} -поляризации во взаимодействии ν_μ CC были использованы для модификации модели поляризационной странности в нуклонах. Показано, что при умеренных энергиях (NOMAD, COMPASS) в области $x_F > 0$ для Λ^0 -распределения вклад от фрагментации дикварка перекрывает вклад от фрагментации выбитого кварка (рис. 6, а). Ситуация кардинально меняется для экспериментов с нейтрино, если энергия пучка поднимается до 500 ГэВ (рис. 6, б) [15].

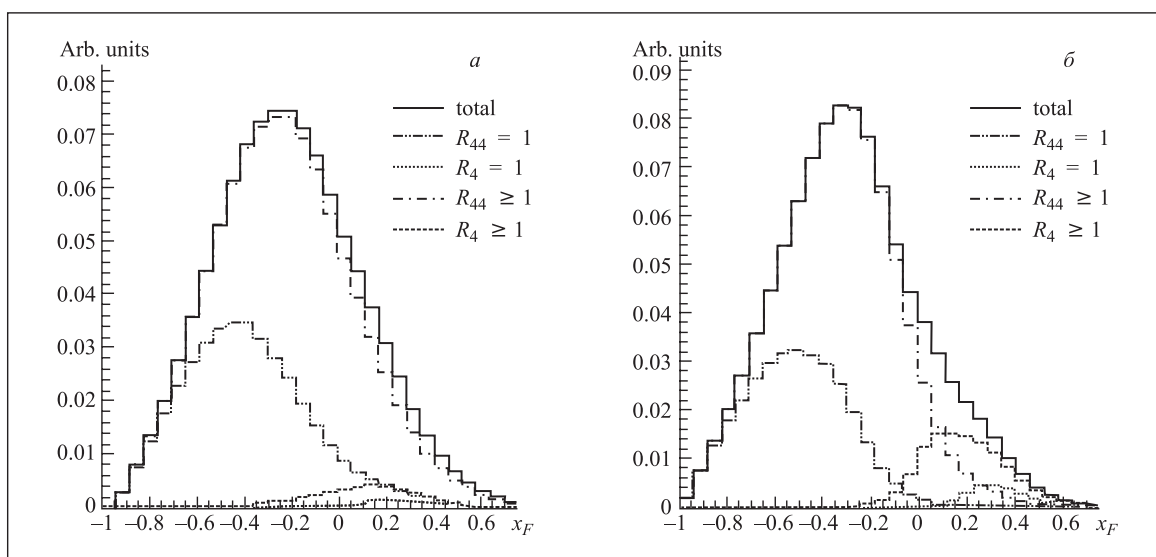


Рис. 6. Предсказания для x_F -распределения всех Λ -гиперонов (сплошная линия): а) ν_μ CC DIS с энергией $E_\nu = 43,8 \text{ ГэВ}$; б) ν_μ CC DIS с энергией $E_\nu = 500 \text{ ГэВ}$

В 2002 г. был продолжен эксперимент **HARP** по изучению рождения адронов для планирования нейтринной фабрики и для точного определения потока атмосферных нейтрино. Установка HARP работала 140 дней на протонном синхротроне (PS) ЦЕРН при энергии 28 ГэВ. Были проведены измерения вторичных адронов, рождающихся в протонных и пионных пучках в диапазоне импульсов от 1,5 до 15 ГэВ/с. Измерения были выполнены для различных мишеней от кислорода до свинца. Были проведены дополнительные измерения для мишеней экспериментов K2K и MiniBooNE, а также для водяной мишени. Эксперимент HARP может пролить свет на неопределенность в фоне наблюдаемого аномального анти- ν_e -сигнала в эксперименте LSND.

Группой сотрудников ОИЯИ, работающих на тэватроне в рамках эксперимента **CDF**, получены следующие результаты. На установке смонтированы новые сцинтилляционные счетчики, которые обеспечивают так называемый «модернизированный мюонный триггер CDF». Они включены в триггерную систему CDF и используются в текущем сеансе при отборе событий с тяжелыми кварками. Создано программное обеспечение Slow Control для управления высоковольтным питанием сцинтилляционных счетчиков μ -триггера. Эта разработка ОИЯИ успешно интегрирована (специалистами же ОИЯИ) в общую систему «CDF Slow Control». Разработан комплекс программ для эффективного функционирования уникального аппаратно-программного комплекса Silicon Vertex Tracker (SVT) на базе Si-стрипового детектора с быстрой ассоциативной памятью. SVT является центральным элементом триггера II уровня (14 мкс) для распознавания вторичной вершины. Триггер выделяет события с b -кварком, снижая фон на 3 порядка, и действует в текущем сеансе Run II. Выполнено моделирование вариантов конструкции время-пролетной системы CDF для разделения « π - K - p » при исследовании $B\bar{B}$ -смешивания и различных каналов распада (включая « CP -нарушающие») B -мезонов. Подготовлено программное обеспечение, и начат анализ событий в топологии « $p\bar{p} \rightarrow$ лептон + струя» с целью высокоточного определения величин массы и сечений образования топ-кварков; получены предварительные данные для массы топ-кварков [16].

В **коллаборации D0** группа из ОИЯИ ответственна за поддержку и развитие мини-дрейфовых трубок (MDT) и соответствующей электроники. Сотрудники ОИЯИ будут участвовать в съемке данных с D0-детектора и их анализе. Группа разработала новый критерий отбора событий с ассоциативным рождением адронных струй, прямых фотонов (Z -бозонов), которые позволяют существенно улучшить точность определения энергии струй для эксперимента D0. Новое требование изоляции струи позволяет выбрать топологически чистые события «фотон/ Z 0+ струя», которые обеспечат 1%-ю точность в определении абсолютной энер-

гии струи. Измеренный спектр прямых фотонов представлен на рис. 7. Экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими расчетами QCD(NLO). Среди данных есть выборка событий «прямой фотон + струя». Поведение сечения событий «прямой фотон + струя» показано ниже кривой «прямой фотон» на рис. 7. Обе кривые, полученные на основе предварительного анализа, показывают хорошее согласие с данными Run I.

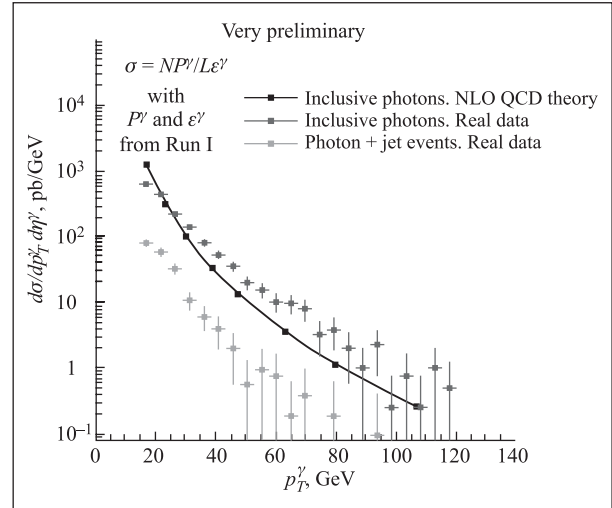


Рис. 7. Фотонный спектр, измеренный в эксперименте D0

В 2002 г. в ОИЯИ появилось новое направление фундаментальных исследований — астрофизические исследования в космическом эксперименте. Космический эксперимент **ТУС** направлен на решение важных астрофизических проблем и проблем физики частиц. С помощью детектора ТУС будут измерены энергетический спектр, состав и угловое распределение космических лучей с ультравысокой энергией $E > 10^{19}$ эВ. Ожидается, что наиболее вероятными источниками космических лучей ультравысокой энергии являются активные ядра галактик и сталкивающиеся галактики с релятивистскими струями вещества. Существование космических лучей ультравысокой энергии связывают также с альтернативным механизмом их образования путем распада супермассивных частиц, предсказанных современными теориями [17, 18]. Космический детектор предполагается разместить на спутнике «Ресурс-01» с высотой орбиты порядка 750 км. В ОИЯИ изготовлены пресс-формы для производства модулей составного зеркала Френеля детектора. Также представлены результаты проведенного моделирования Монте-Карло в ожидаемой области энергетического спектра (рис. 8).

Предполагаемое время запуска детектора 2005–2006 гг. За 3 года набора данных ожидается увеличение существующей мировой статистики в 2–3 раза. Детектор будет измерять широкие атмосферные ливни от космических лучей ультравысокой энергии.

Эксперимент включен в Российскую программу космических исследований, детектор должен быть спроектирован, сконструирован, протестирован и запущен в космос для набора данных.

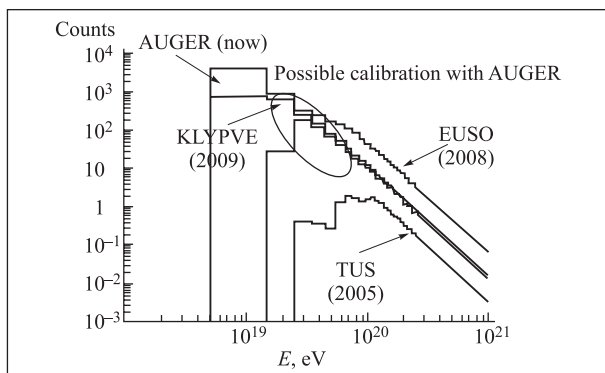


Рис. 8. Результаты моделирования Монте-Карло для ТУС и других детекторов. Количество наблюдаемых событий в год взято на основе данных AGASA

Целью эксперимента **DIRAC**, проводимого на выведенном пучке протонного синхротрона PS ЦЕРН при энергии 24 ГэВ, является измерение времени жизни основного состояния $\pi^+\pi^-$ -атома с точностью 10%. Поскольку ожидаемая величина этого времени, составляющая 10^{-15} с, определяется сильным взаимодействием при малых энергиях, ее точное измерение позволит получить значения разности длин $\pi^+\pi^-$ -рассеяния в S -состоянии с изотопспинами 0 и 2 с точностью 5%. Длины $\pi^+\pi^-$ -рассеяния вычисляются в рамках киральной теории возмущений с высокой точностью. Поэтому измерение этих величин позволит проверить современные представления о механизме нарушения киральной симметрии в КХД и точные предсказания КХД при низких энергиях.

В 2002 г. изготовлена и введена в эксплуатацию третья плоскость сцинтилляционного фиберного детектора, которая позволит улучшить качество отбора событий. Полное число событий для никелевой мишени составляет 700 млн. К октябрю 2002 г. число идентифицированных $\pi^+\pi^-$ -атомов на мишенях из никеля и титана составило около 9200 (рис. 9). Один полномасштабный модуль микродрейфовых камер, включая систему считывания, был изготовлен и успешно испытан на пучке [19].

В ОИЯИ продолжены работы по метрологическому контролю мюонных дрейфовых трубок (MDT) дрейфовых камер для мюонной системы детектора **ATLAS**. Точность мюонных измерений — основное требование эксперимента. Мюонный спектрометр является внешней частью детектора (средние размеры: высота 22 м, длина 44 м). Для реконструкции траектории мюона необходимо ее определение в трех точках. Всего нужно охватить детектором 5500 м^2 , т. е. 400000 отдельных дрейфовых трубок, собранных в 1200 MDT-камер. В мюонной си-

стеме используется несколько типов координатных детекторов. MDT-детекторы покрывают 98,6% полной площади.

Группой сотрудников из ОИЯИ было предложено использовать дрейфовые трубки с газом под большим давлением, после первого экспериментального подтверждения это решение было выбрано как основное для координатного детектора для точной мюонной камеры (MDT). Конструкция мюонного спектрометра является результатом работы многих лабораторий ОИЯИ, России, Германии, Италии, Голландии и США. Мюонная группа из ОИЯИ является ответственной за изготовление BMS-BMF-камер и дрейфовых трубок для BOS-камеры (в сотрудничестве с МРІ, Мюнхен), или за 20% от всех мюонных дрейфовых трубок установки ATLAS.

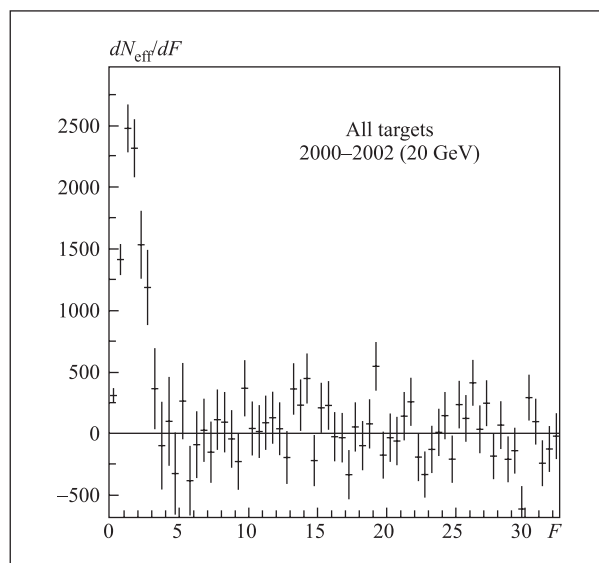


Рис. 9. Распределение разности всех зарегистрированных $\pi^+\pi^-$ -пар и пар, образованных в свободном состоянии, по переменной F , которая связана с относительным импульсом пары Q соотношением $F = \sqrt{(Q_x^2 + Q_y^2)/(1 \text{ МэВ}/c)^2 + (Q_L/0,65 \text{ МэВ}/c)^2}$. Избыток событий в области малых F обусловлен парами от развала $\pi^+\pi^-$ -атомов в мишени. Число «атомных» пар в интервале $F < 3$ составляет 9294 ± 640 . В распределение входят данные, полученные в 2000–2001 гг. на никелевой и титановой мишенях, а также половина данных, полученных в 2002 г. на никелевой мишени

Процесс изготовления MDT-камер и их тестирования разделен на 2 части: монтаж и тестирование трубок и сборка MDT-камеры и тестирование самой камеры. Характеристика мюонной системы MDT определяется работой дрейфовых трубок, при этом нет возможности замены или переделки отдельных элементов мюонной камеры. Процесс изготовления трубок и их тестирования строго определен [20].

В 2002 г. мюонная группа из ОИЯИ продолжала работы по изготовлению дрейфовых трубок, мюонных камер и их тестированию. Была изготовлена

мионная камера BMS, она готова к транспортировке в ЦЕРН для прохождения рентгеновского теста.

Высокоточная сборка большой экспериментальной установки ATLAS принципиально необходима для успешного выполнения ее исследовательской программы. Наличие адекватного метрологического метода контроля является существенной частью создания детектора. Проведены измерения размеров модуля адронного калориметра ATLAS (длина 6 м, вес 22 т) лазерным и фотограмметрическим методами. Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что измерения согласуются в пределах 700 мкм (рис. 10) [21].

Разработан и внедрен простой новый физически мотивированный беспараметрический метод ре-

конструкции энергии адронов в комбинированном адронном калориметре. Метод использует только известные величины нескомпенсированностей (e/h -отношения) электромагнитной и адронной частей калориметра и калибровочные константы, определяемые при экспозиции калориметра электронами. Быстрота и точность расчета позволяют использовать данный метод в триггере первого уровня и в анализе данных с современных комбинированных калориметров. Линейность реконструкции средних величин энергий составляет 1% (в техническом задании 2%). Представлены результаты изучения развития продольного адронного ливня. Данные были получены на станции H8 SPS ЦЕРН при использовании пионов с энергией 10–300 ГэВ [22].

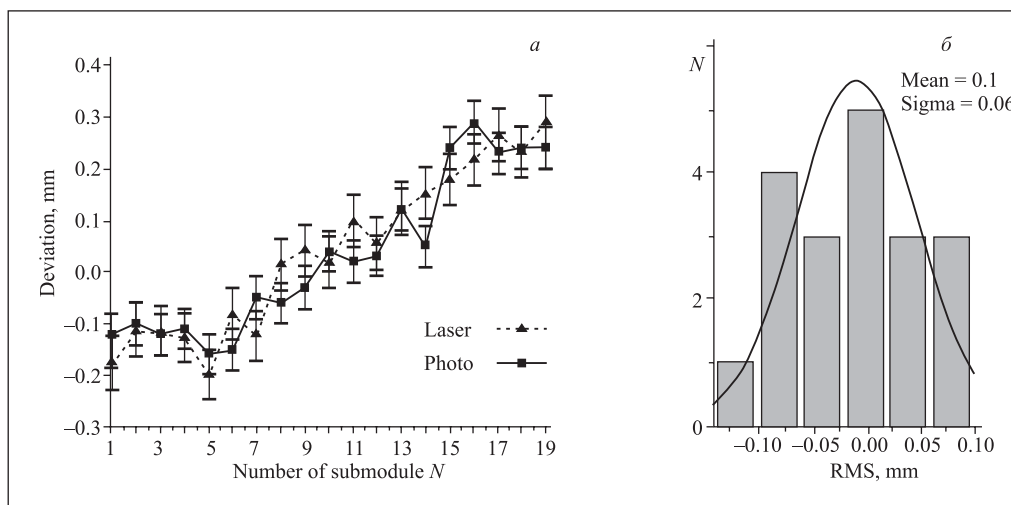


Рис. 10. Данные измерений с помощью лазерного и фотограмметрического методов контроля

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Научной целью проекта **ФАЗА** является изучение тепловой мультифрагментации тяжелой мишени релятивистскими легкими ионами. Это новый многотельный процесс распада горячего спектатора мишени, сопровождающийся множественной эмиссией фрагментов промежуточной массы (ФПМ, $2 < Z < 20$). В предыдущих работах коллаборации ФАЗА было показано, что этот тип распада происходит после расширения ядра за счет теплового давления. При этом плотность системы в 3–4 раза меньше нормальной, а температура составляет 5–7 МэВ [23]. Эти характеристики отвечают предположению о том, что мультифрагментация происходит из-за попадания ядра в область фазовой нестабильности (спиноподобная область). Благодаря флюктуациям плотности гомогенная система переходит в гетерогенную, состоящую из заряженных капелек (фрагментов), окруженных ядерным газом. Это «ядерный туман», который разлетается за счет куло-

новского расталкивания. Характерное время такой трансформации должно быть очень коротким. Чрезвычайно важно для подтверждения этого сценария измерить время распада фрагментирующей системы, образующейся в соударениях $p(8,1 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$. Этот случай наиболее адекватен для термодинамического (статистического) описания процесса. Оценка временной шкалы тепловой мультифрагментации основывается на анализе корреляции ФПМ по относительному углу [24]. Наблюдается сильное подавление выхода генетически связанных фрагментов при малых углах, вызванное их кулоновским расталкиванием (рис. 11). Экспериментальная корреляционная функция (пропорциональная выходу пар фрагментов) сравнивалась с теоретическими, которые получались путем расчета многотельных кулоновских траекторий. Расчеты проводились для различных τ — средних времен жизни фрагментирующей системы. Стартовые условия для расчета генерирова-

лись с помощью комбинированной модели, включающей модифицированный внутриядерный каскад и статистическую модель мультифрагментации горячего остаточного ядра. Из сравнения расчета с экспериментом найдено, что $\tau = (50 \pm 18)$ фм/с. Очень важно было узнать, какова модельная зависимость полученного результата. Для этого,

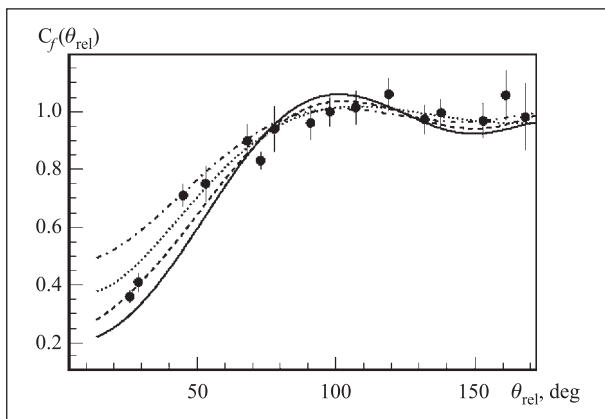


Рис. 11. Сравнение измеренной корреляционной функции (темные кружки) с расчетными для различных средних времен распада фрагментирующей системы: сплошная, штриховая, пунктирная и штрихпунктирная линии для $\tau = 0, 50, 100$ и 200 фм/с. Найдено, что $\tau = (50 \pm 18)$ фм/с (при уровне достоверности 90 %)

во-первых, было использовано два варианта комбинированной модели, которые дают различающиеся характеристики (A, Z, E^*) фрагментирующих ядер; во-вторых, проверено, как результат зависит от того, в какой момент происходит вторичный распад горячих первичных фрагментов; в-третьих, исследована чувствительность формы корреляционной функции к

ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью совместного проекта **PoLi** (Дубна–Харьков–Москва–Прага–Сакле) является развитие эффективного метода производства облученных кристаллов 6LiD для дейтериевой мишени большого объема с высокой (более 40 %) поляризацией. Это необходимо для нахождения оптимальных условий облучения, обеспечивающих максимальное значение поляризации и времени релаксации. Результаты этого проекта будут использованы для разрабатываемых в ОИЯИ поляризационных дейтериевых мишеней (передвижная поляризационная мишень на синхрофазотроне и нуклотроне, мишень в Протвино,

размеру объема системы в момент развала. В результате найдено, что измеренное среднее время жизни системы τ всегда ≤ 70 фм/с (рис. 12).

Измеренная временная шкала тепловой мультифрагментации найдена близкой к характерному времени флуктуаций плотности разреженной ядерной системы. Таким образом, полученный набор экспериментальных данных служит основанием для утверждения, что тепловая мультифрагментация является фазовым переходом (I рода) «жидкость–туман» для ядерной системы, оказавшейся в спиноподобной области [25].

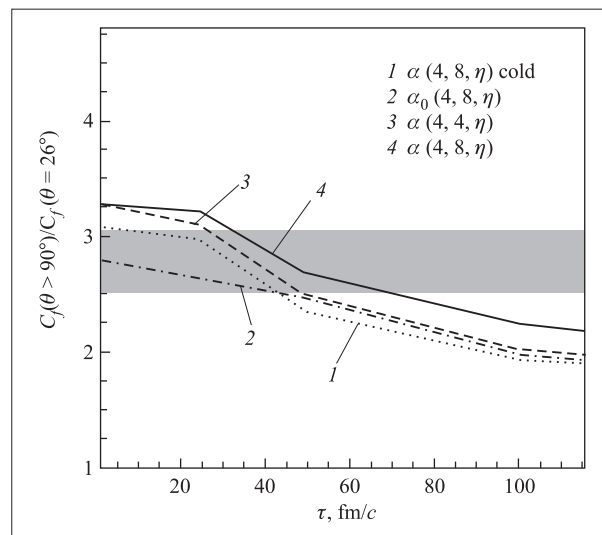


Рис. 12. Отношение значений теоретических корреляционных функций для $\theta_{\text{rel}} > 90^\circ$ и $\theta_{\text{rel}} = 26^\circ$ в зависимости от среднего времени распада системы. Экспериментальная величина (с двойной статистической ошибкой) показана горизонтальной полосой; линии рассчитаны при использовании различных параметров модели. Среднее время жизни системы всегда ≤ 70 фм/с

мишень Карлова университета в Праге). Для нахождения материала с высокой поляризацией ядер необходимо определить оптимальные условия облучения (дозу, температуру образца, длительность облучения и энергию пучка частиц).

В 2002 г. в ЛЯП была завершена реализация этого проекта, был собран прибор, включающий в себя криостат и контрольную панель, работающий в атмосфере азота. Была модифицирована система для измерения поляризации.

В 2002 г. завершено создание и тестирование основных узлов магнитной и вакуумной систем на-

копителя LEPTA. Подготовлен экспериментальный стенд для тестирования отдельных секций накопителя с использованием оптического метода измерения параметров импульсного электронного пучка. Начато изготовление основных узлов позитронной ловушки, которая служит в качестве инжектора позитронов для накопителя LEPTA. В стадии завершения находятся вакуумная камера и соленоид ловушки, вакуумные посты позитронной ловушки, вакуумная камера источника позитронов на основе радиоактивного источника ^{22}Na . Разработана экспериментальная программа для изучения свойств пучка позитрония, который будет генерироваться при применении метода электронного охлаждения к циркулирующему позитронному пучку. В качестве первых экспериментов на накопителе LEPTA предполагается провести прямое сравнение электрических зарядов электрона и позитрона, измерение времени жизни орто- и парапозитрония, осуществить эксперименты по спектроскопии атома позитрония.

Составлено дополнение к обоснованию проекта SAD на вертикальный вариант подведения выведенного протонного пучка фазотрона ЛЯП ОИЯИ к подкритической сборке установки SAD на основе отклоняющих магнитов с внешней магнитной дорожкой. Детальные расчеты показали, что применение двух готовых катушек возбуждения от демонтированной установки АРЕС позволяет с большим запасом по ампер-виткам реализовать вариант отклонения выведенного протонного пучка на угол 120° и обеспечить вертикальный ввод пучка в мишень подкритической сборки снизу вверх.

В 2002 г. в рамках темы «Развитие методов и средств лучевой терапии и сопутствующей диагностики на адронных пучках ОИЯИ» были получены следующие основные результаты. В июне и октябре 2002 г. на медицинском протонном пучке с энергией 150 МэВ курс фракционированного лучевого лечения прошли 18 пациентов (24 облученных мишени), при этом общее количество протонных лучевых сеансов составило 396. До конца года планировалось облучить еще около 20 больных.

Кроме того, на гамма-аппарате «Рокус-М» были пролечены еще 62 пациента (всего 2564 лучевых сеанса). В процедурной кабине № 1 был сформирован новый терапевтический протонный пучок с энергией 170 МэВ с более крутым градиентом спада дозы на заднем склоне пика Брэгга (рис. 13). Использование этого пучка в сеансах протонной терапии позволит повысить степень конформности дозового поля форме мишени, что особенно важно при проведении радиотерапии и радиохирургии внутричерепных мишеней. С этой же целью разработаны и изготовлены все необходимые приспособления для производства индивидуальных формирующих коллиматоров методом отливок из сплава Вуда. Данная технология уже опробована и используется в сеансах протонной терапии. В плане повышения гарантии качества про-

водимой радиотерапии начаты работы по разработке и изготовлению системы экспресс-измерения основных параметров протонного пучка (его симметрии, однородности и пробега) непосредственно во время облучения пациентов [26].

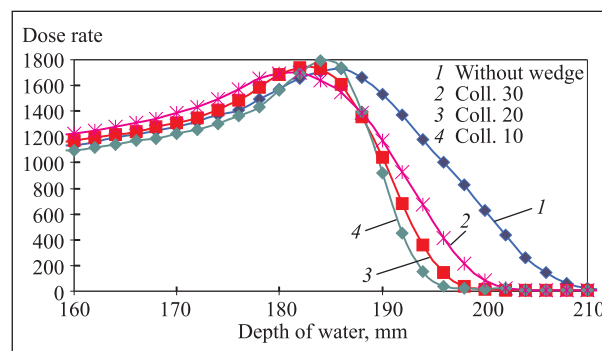


Рис. 13. Глубинно-дозовые кривые протонного пучка в районе пика Брэгга. Кривая 1 — используемый в настоящее время пучок; кривая 3 — сформированный новый пучок

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bakalyarov A. et al. Search for β^- and $\beta^-\beta^-$ decays of ^{48}Ca // Nucl. Phys. A. 2002. V. 799. P. 17–24; Bakalyarov A. et al. Improved limits on β^- and $\beta^-\beta^-$ decays of Ca-48 // Pis'ma v JhETF. 2002. V. 76, No. 9. P. 643–644.
2. Yakushev E. A. et al. // J. Phys. G.: Nucl. Part. Phys. 2002. V. 28. P. 463; Gromov K. Ya. et al. // Izv. RAN, ser. fiz. 2002. V. 66, No. 10.
3. Klapdor-Kleingrothaus H. V., Dietz A., Krivosheina I. V. // Foundations of Phys. 2002. V. 32. P. 1181.
4. Shitov Yu. et al. // Nucl. Phys. A. 2002. V. 699. P. 917–935.
5. Быстрицкий Вит. М. и др. // ЖТФ. 2002. Т. 72, № 9. P. 29–37.
6. Komarov V. et al. // Phys. Lett. B. 2002 (submitted); nucl-ex/0210017.
7. Bogdanova L. N. et al. JINR Preprint E15-2001-264; Yad. Fiz. (submitted).
8. Мамедов Т. Н. и др. Взаимодействие акцепторной примеси Al в сильно и слабо допированном кремнии // Письма в ЖЭТФ. 2002. Т. 76, вып. 7. С. 440–443; Мамедов Т. Н. и др. Исследование взаимодействия акцепторной примеси Al в кристаллической решетке Si методом μSR // ЭЧАЯ. 2002. Т. 33, вып. 4. С. 1005.

9. Kalinnikov V.A. et al. 32-channel all-in-one CAMAC module as a basic element of anode wires read-out system for proportional chambers // Prib. Tekh. Eksp. (submitted).
10. Andreev E.M. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 489. P. 99.
11. Vorobyev L.S. et al. // Phys. At. Nucl. 1998. V. 61, No. 5. P. 771–780.
12. Balestra F. et al. // Nucl. Phys. A. 1980. V. 340. P. 372.
13. Akimov Yu.K. et al. Threshold aerogel counter // Prib. Tekh. Eksp. 2002 (submitted);
Akimov Yu.K. Areas of application for aerogels (review) // Prib. Tekh. Eksp. (submitted).
14. DELPHI collaboration. Study of tau-pair production in untagged photon–photon collisions at LEP and limits on the anomalous magnetic and electric dipole moments of the tau lepton // Eur. Phys. J. C (submitted).
15. Astier P. et al. (NOMAD collaboration). A study of strange particle production in $\nu\mu$ charged current interactions in the NOMAD experiment // Nucl. Phys. B. 2002. V. 621. P. 3;
Naumov D.V. (NOMAD collaboration). Measurement of Λ and Λ^- polarization in ν_μ CC in NOMAD. hep-ph/0206032;
Ellis J.R., Kotzinian A., Naumov D.V. Intrinsic polarized strangeness and Λ^0 polarization in deep inelastic production. CERN-TH-2002-080. 2002. 23 p.; hep-ph/0204206; Eur. Phys. J. C (in press).
16. Bardi A. et al. The CDF online silicon vertex tracker // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 485. P. 178;
Pukhov O. et al. Automatization of the monitoring and control of the muon scintillation counters at CDF-II // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 5[114];
Artikov A. et al. MINISKIRT counter array at CDF II // Ibid.
17. Alexandrov V.V. et al. // Proc. of ICRC-2001, Hamburg, 2002. P. 831;
Khrenov B.A. (KOSMOTEPETL collaboration). Space Particle Conf., La Siocola, Isola d’Elba, Italy, 2002;
Гарунов Г. К. и др. // Изв. вузов (в печати).
18. Bednyakov V.A. Why an investigation of ultra-high energy cosmic rays should be performed at an orbit around the Earth // Part. & Nucl. 2002. V. 33. P. 1146.
19. Afanasyev L.G. et al. First level trigger of the DIRAC experiment // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 479. P. 407;
Afanasyev L.G. et al. The multilevel trigger system of the DIRAC experiment // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 491. P. 376;
Afanasyev L., Karpukhin V. Drift chamber readout system of the DIRAC experiment // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 492. P. 351.
20. Bauer F. et al. The first precision drift tube chambers for the ATLAS muon spectrometer // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 478. P. 153;
Bauer F. et al. Large-scale production of the precision drift tube chambers for the ATLAS muon spectrometer. MPI-PhE/2002-01. 2002.
21. Batusov V. et al. Comparison of ATLAS tile cal MODULE 8 high precision metrology results by JINR — laser and CERN — photogrammetric methods // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 4 [113].
22. Akhmadaliev S. et al. Hadron energy reconstruction for the ATLAS calorimetry in the framework of the non-parametrical method // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 480. P. 506.
23. Avdeyev S.P. et al. // Nucl. Phys. A. 2002. V. 709. P. 392.
24. Rodionov V.K. et al. // Nucl. Phys. A. 2002. V. 700. P. 457.
25. Karnaukhov V.A. et al. Thermal multifragmentation of hot nuclei and liquid-fog phase transition. JINR Preprint E6-2002-75. Dubna, 2002; Phys. At. Nucl. (in press).
26. Mytsin G.V. et al. Hadron therapy centre in Dubna, status and prospects // Proc. of the 3d Russian Sci. Conf. «Radiology and Radiotherapy in Clinic of XXI Century». M., 2002. P. 109;
Luchin Y.I. et al. Proton conformal radiotherapy of intracranial tumors: new clinical program at the JINR hadron therapy complex // Ibid. P. 98;
Luchin Y.I. et al. Proton three-dimensional radiotherapy and radiosurgery of intracranial targets: new clinical program at the Dubna proton therapy facility // Radiotherapy and Oncology. 2002. V. 64 (Suppl. 1). P. S296.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г. Н. ФЛЕРОВА

В 2002 г. в области физики тяжелых ионов в ЛЯР выполнялись исследования по синтезу тяжелых и экзотических ядер в реакциях с пучками стабильных и радиоактивных изотопов, механизмам ядерных реакций, физике ускорителей и прикладные исследования.

Надежная, стабильная работа ускорителей Лаборатории ядерных реакций обеспечила успешное проведение экспериментов и методических разработок. Время работы циклотронов ЛЯР в прошедшем году составило около 8000 часов, что соответствовало плану.

ФИЗИКА ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Синтез новых элементов

В экспериментах по синтезу сверхтяжелых элементов, выполненных в 1998–2001 гг., в реакциях с ионами ^{48}Ca наблюдались распады наиболее тяжелых нуклидов ^{277}Hs ($Z = 108$), $^{280,281}110$, $^{283-285}112$, $^{287-289}114$ и $^{292}116$ [1].

Среди доступных для исследований сверхтяжелых ядер наибольший интерес представляют четно-четные изотопы, поскольку их свойства могут быть наиболее точно описаны в рамках имеющихся теоретических моделей. К настоящему времени в реакциях $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$, ^{248}Cm удалось синтезировать четыре четно-четных изотопа, принадлежащих к цепочке распада $^{292}116 \rightarrow ^{288}114 \rightarrow ^{284}112 \rightarrow ^{280}110$. Тот факт, что для новых нуклидов с $Z = 112-116$ и $N = 172-176$ наиболее вероятным является α -распад, указывает на их повышенную стабильность по отношению к спонтанному делению (SF). Наблюдающиеся энергии распада и времена жизни указывают на значительное повышение стабильности ядер с $Z \geq 110$ при возрастании числа нейтронов. В целом эти наблюдения подтверждают теоретические предсказания о влиянии замкнутых ядерных оболочек на свойства нуклидов в широкой области в районе $Z \approx 114$ и $N = 184$.

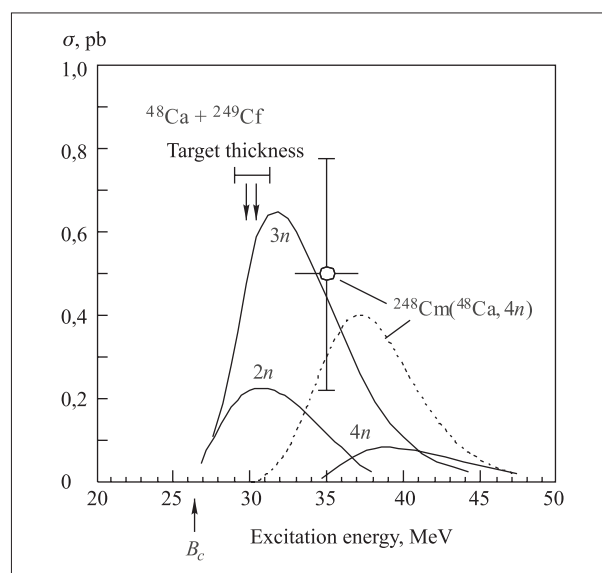


Рис. 1. Рассчитанные функции возбуждения каналов испарения двух, трех и четырех нейтронов в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{48}\text{Ca}$. Стрелки указывают значения энергий возбуждения, соответствующие наблюдавшимся в эксперименте событиям и барьеру Баса — B_c . Пунктирная линия и экспериментальная точка относятся к реакции $^{248}\text{Cm}(^{48}\text{Ca}, 4n)^{292}116$

Основные усилия в 2002 г. были направлены на синтез элемента $Z = 118$ в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{48}\text{Ca}$ [2]. Сечение образования элемента 118 было оценено на основании данных об экспериментальных значениях сечений реакций $^{204-208}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, xn)^{(252-256)-x}\text{No}$, измеренных в широком диапазоне энергий, а также экспериментальных данных о сечениях «соседних» реакций $^{244}\text{Pu}(^{48}\text{Ca}, 4n)^{288}114$ и $^{248}\text{Cm}(^{48}\text{Ca}, 4n)^{292}116$ (рис. 1).

Эксперимент выполнялся в феврале-июне 2002 г. За 2300 ч облучения мишени была набрана полная

доза ионов ^{48}Ca , равная $2,5 \cdot 10^{19}$. Энергия пучка ионов из ускорителя У-400 определялась и контролировалась при помощи времяпролетной системы и Si(Au) поверхностно-барьерного детектора, регистрировавшего ионы, рассеянные в тонкой золотой мишени.

Продукты реакций полного слияния отделялись «на лету» от первичного пучка, рассеянных частиц мишени, пучка и продуктов реакций передачи при помощи газонаполненного сепаратора, схематически показанного на рис. 2.

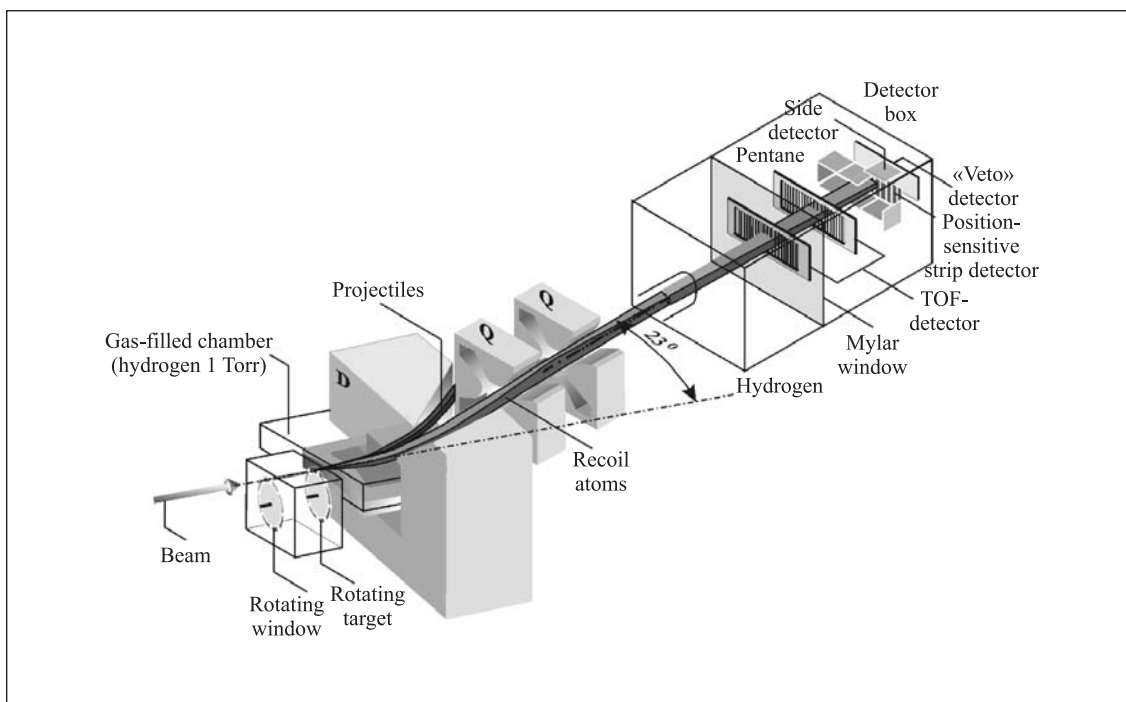


Рис. 2. Схема газонаполненного сепаратора ядер отдачи: D — дипольный магнит; Q — квадрупольный дублет

Магнитная жесткость сепаратора для транспортировки ядер отдачи элемента $Z = 118$ устанавливалась в соответствии со значением $\bar{q} \approx 5,7$ среднего заряда этих ядер при движении в водороде, наполняющем сепаратор. Время транспортировки ядер отдачи через сепаратор до фокального детектора (расстояние 4 м) составляло около 1 мкс.

Обогащенный ^{249}Cf (97,3 %) для изготовления мишени был наработан в НИИАР (Димитровград). Мишенный материал наносился на 1,5-мкм Ti-фольгу в виде CfO_2 ($0,23 \text{ мг/см}^2$). Мишень состояла из шести отдельных секторов площадью $5,3 \text{ см}^2$ каждый и вращалась со скоростью 2000 об/мин в водородной атмосфере газонаполненного сепаратора.

На основании предыдущих экспериментов и расчетов было найдено, что эффективность транспорта ядер отдачи $Z = 118$, вылетающих из ^{249}Cf -мишени, составляла около 35 %. Энергетическое разре-

ние фокального детектора для α -частиц составляло 0,06 МэВ. Калибровка тракта регистрации осколков спонтанного деления производилась по осколкам ^{252}No из реакции $^{206}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, 2n)$. В калибровочных экспериментах было также оценено позиционное разрешение детекторов в вертикальном направлении для коррелированных событий — $1,1 \pm 0,2 \text{ мм}$ (FWHM).

В ходе эксперимента было зарегистрировано в общей сложности 18 событий спонтанного деления, которые в зависимости от полного энергосодержания E_{tot} в детекторе были разделены на две группы (рис. 3). Шестнадцать событий с $\bar{E}_{\text{tot}} = 160 \text{ МэВ}$ могут быть с большой вероятностью отнесены к распаду долгоживущих нуклидов из области Cf–Fm, образующихся в реакциях неполного слияния и выход которых подавлялся более чем на 5 порядков величины газонаполненным сепаратором.

Два события деления с $E_{\text{tot}} = 207$ и 223 МэВ наблюдались в виде цепочки коррелированных распадов R- α_1 - α_2 -SF и коррелированного распада R-SF (рис. 4). Оба события соответствовали энергии возбуждения составного ядра $^{297}\text{118}$, равной $E^* = 30,0 \pm 2,5$ МэВ, вблизи максимума для канала испарения трех нейтронов при сечении около $0,5$ пб.

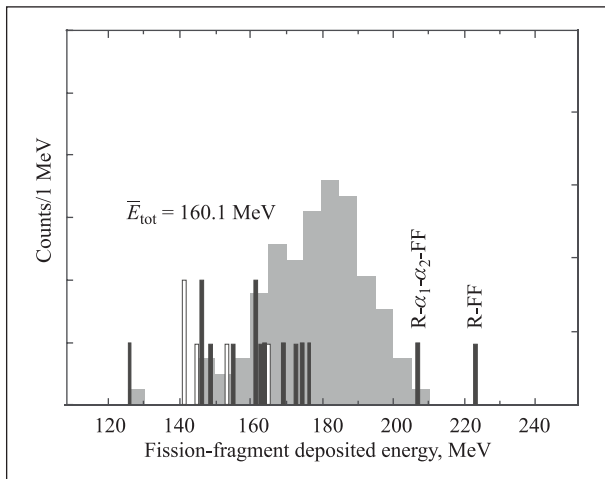


Рис. 3. Энергии осколков спонтанного деления, зарегистрированных в эксперименте. Гистограмма показывает распределение величин E_{tot} для ^{252}No , измеренное в реакции $^{206}\text{Pb} + ^{48}\text{Ca}$

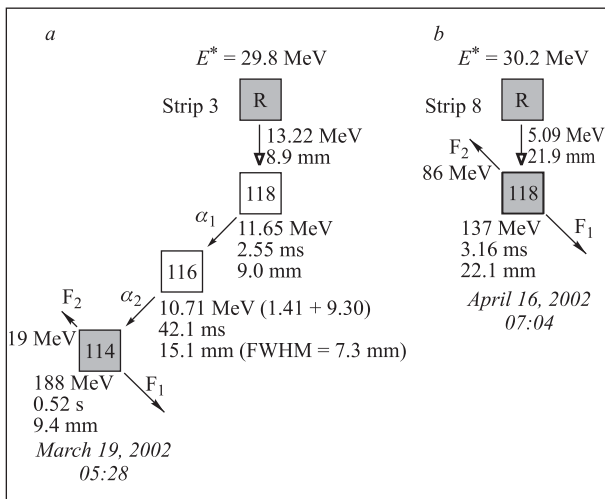


Рис. 4. Цепочки распадов ядер, завершающиеся спонтанным делением с $E_{\text{tot}} = 207$ (a) и 223 МэВ (б). Энергии возбуждения (E^*) ядра $^{297}\text{118}$ указаны в соответствии с мгновенной энергией пучка в момент наблюдения событий

В первой цепочке событий (рис. 4, a) родительское ядро испытывает два α -распада и последующее спонтанное деление. Для разрешенных α -переходов в четно-четных ядрах энергия распада Q_α и период полураспада $T_{1/2\alpha}$ связаны и зависят только от Z распадающегося ядра (правило Гейгера–

Нэттола). Применяя это правило в виде формулы Сиборга–Виолы, можно определить атомный номер ядра, испытавшего α -распад перед спонтанным делением. Поскольку оба α -распада генетически связаны, можно заключить, что α -переходы соответствуют цепочке распада $^{294}\text{118} \rightarrow ^{290}\text{116} \rightarrow ^{286}\text{114}$.

На рис. 5 показана зависимость величины полной кинетической энергии $\overline{\text{TKE}}$ от параметра $Z^2/A^{1/3}$ для всех известных спонтанно делящихся ядер с $Z \geq 96$. На рисунке указаны также данные, полученные в последнем эксперименте, для $^{286}\text{114}$ из первой цепочки и для $^{294}\text{118}$ из второй (рис. 4, б). Из рисунка можно видеть, что увеличение $\overline{\text{TKE}}$, высвобождающейся при спонтанном делении, хорошо согласуется с тенденцией, наблюдающейся при асимметричном делении наиболее тяжелых ядер. Можно предположить, что наблюдаемое событие спонтанного деления с $E_{\text{tot}} = 223$ МэВ ($\text{TKE} \sim 245$ МэВ) относится к моде спонтанного деления непосредственно нуклида $^{294}\text{118}$.

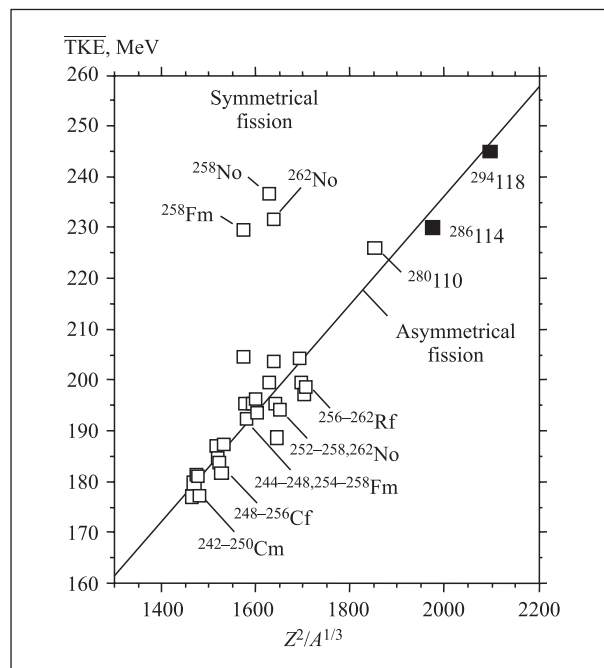


Рис. 5. Систематика величин $\overline{\text{TKE}}$ для четно-четных ядер с $Z \geq 96$. Светлые квадраты — экспериментальные данные о зависимости величины $\overline{\text{TKE}}$ от параметра $Z^2/A^{1/3}$ из литературных источников; темные квадраты — экспериментальные данные последней работы [2]

Наблюдение спонтанного деления при переходе от нуклида с $Z = 116$ ($N = 176$) к более тяжелому с $Z = 118$ ($N = 176$) может означать, что мы приблизились к границе области повышенной стабильности со стороны высоких Z . Для более детальных суждений об устойчивости сверхтяжелых ядер по отношению к спонтанному делению нужна дополнительная информация. Эксперименты по синтезу элемента $Z = 118$ будут продолжены в 2003 г.

Химия трансактинидов

Сравнительно высокие времена жизни изотопов с $Z = 108-114$, образующихся в реакциях с ионами ^{48}Ca , позволяют приступить к изучению химических свойств сверхтяжелых элементов. В соответствии с теоретическими предсказаниями ожидается, что трансактиниды с $Z = 112-120$ должны являться гомологами элементов Hg–Ra.

Второй эксперимент по химической идентификации элемента 112 был выполнен в 2002 г. [3]. Элемент 112 (E112) должен принадлежать к группе ПВ: Zn–Cd–Hg–E112. Как и в первом тестовом эксперименте в 2000 г., мишень из естественного урана толщиной 2 мг/см^2 с добавкой неодима облучалась ионами ^{48}Ca с энергией 262 МэВ. При этом в реакции $^{238}\text{U}(^{48}\text{Ca}, 3n)$ должен был образовываться изотоп $^{283}112$ с временем жизни около 3 мин, испыты-

вающий спонтанное деление. Продукты реакции, вылетающие из мишени, тормозились в потоке гелия и переносились к детекторам на расстояние 25 м. Только Hg, Rn и At могли транспортироваться газом и таким образом отделяться от всех образующихся продуктов реакции.

Два различных устройства использовались для регистрации осколков спонтанного деления и α -частиц (рис. 6): сборка из 16 позолоченных PIPS-детекторов для эффективного захвата «Hg-подобных» нуклидов на поверхности Au при комнатной температуре и проточная ионизационная камера объемом 5000 см^3 для регистрации активности, оставшейся в газе после прохождения камеры с PIPS-детекторами. Оба устройства располагались внутри сборки из 126 ^3He -счетчиков мгновенных нейтронов спонтанного деления.

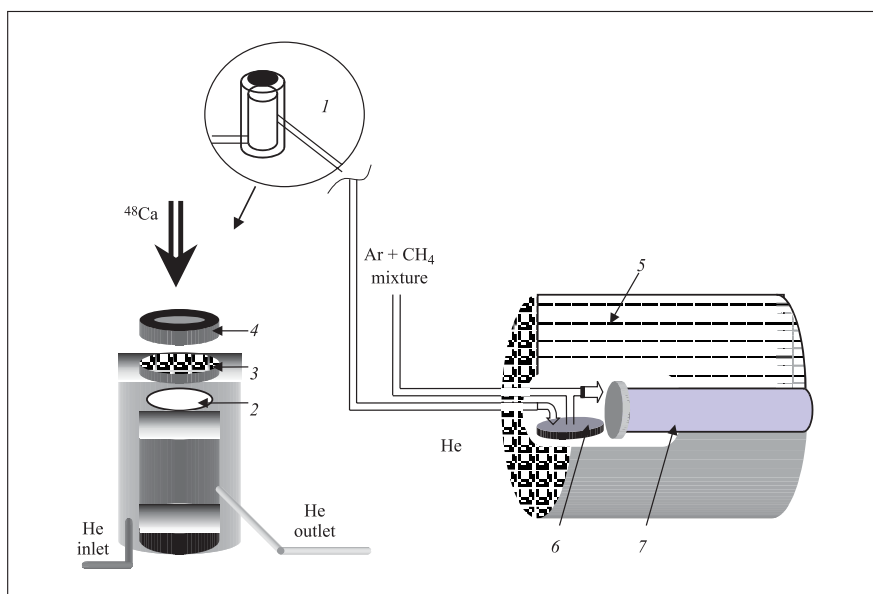


Рис. 6. Схема установки для химического выделения элемента 112: 1 — реакция камера; 2 — ^{238}U -мишень; 3 — поддерживающая решетка; 4 — коллиматор; 5 — сборка из ^3He нейтронных счетчиков; 6 — камера с восемью парами PIPS-детекторов; 7 — ионизационная камера

За 22,5 сут облучения была набрана интегральная доза, равная $2,5 \cdot 10^{18}$ ионов. В то время как 49-секундный α -активный изотоп ^{185}Hg , одновременно образующийся в ходе облучения на примеси неодима, полностью осаждался уже на первом PIPS-детекторе, ни одного события спонтанного деления не было зарегистрировано в этой камере. В ионизационной камере зарегистрировано 8 событий спонтанного деления в совпадении с нейтронами. Эти распады могут быть отнесены к спонтанному делению элемента 112, образующегося с сечением около 2 пб.

Величина энергии абсорбции, оцененная на основании экспериментальных данных, указывает на то, что взаимодействие элемента 112 с поверхностью Au

слабее, чем у Hg, примерно на 60 кДж/моль и не более чем на 20 кДж/моль больше, чем у Rn. Этот факт указывает на то, что химическое поведение элемента 112 в этих условиях ближе к благородному газу, а не к ртути.

В рамках подготовки к будущим экспериментам по химии элемента 114 изучался перенос без носителей радионуклидов $^{195,197}\text{Hg}$, ^{220}Rn и ^{212}Pb по кварцевой термохроматографической колонке. В области водной химии сверхтяжелых элементов изучалась абсорбция их аналогов различными активными поверхностями. Целью этих исследований являлось объединение методов разделения элементов и приготовления источников для α -спектрометрии.

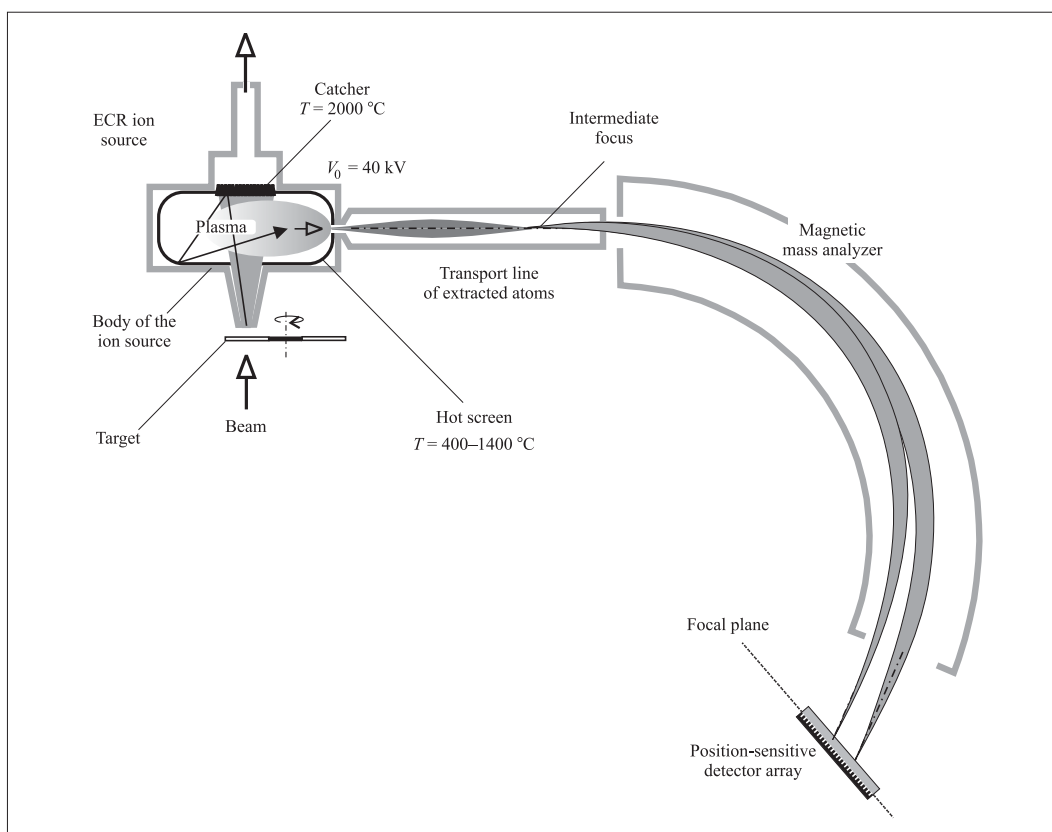


Рис. 7. Схематический вид магнитного анализатора сверхтяжелых атомов (MASHA)

Сепаратор MASHA

Сечения образования наиболее тяжелых элементов в реакциях слияния составляют несколько пикобарн или менее. Идентификация атомного номера и массы новых нуклидов осуществляется на основании свойств их распада и данных дополнительных экспериментов (перекрестные реакции, вероятности различных каналов распада и т.д.). Такая идентификация при малых сечениях образования является сложной задачей.

В соответствии с выполненными расчетами электронных структур элементы ЭкаHg–ЭкаRa ($Z = 112-120$) должны быть более летучими, чем их стабильные аналоги Hg–Ra. По этой причине экс-

периментальный подход к изучению сверхтяжелых атомов, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами, может быть радикально изменен: вместо разделения продуктов реакций по их кинематическим характеристикам «на лету» с помощью сепараторов ядер отдачи их можно разделить по массам на масс-сепараторах.

Принцип действия быстрого масс-сепаратора, непосредственно определяющего массу выделяемого атома, хорошо известен (рис. 7). Продукты реакции тормозятся в горячем сборнике (или в толстой мишени), диффундируют из него в ионный источник, после ионизации экстрагируются электрическим полем и анализируются по массе в магнитном спектрометре высокого разрешения.

Таблица 1

Параметр	Сепаратор ядер отдачи	MASHA (проект)
Толщина мишени, мг/см ²	0,3	1,5 или более
Угловой аксептанс, °	±2,5	±10 или более
Энергетический диапазон, МэВ	3	15 или более
Заряды ядер отдачи	20 ± 2	1
Эффективность транспорта, %	30	≥ 20
Подавление мишенеподобных атомов	10 ³ –10 ⁵	> 10 ⁸
Точность определения массы	±25	±0,25
Диапазон масс, а. е. м.	1	18
Число изучаемых изотопов	1	2 или более
Относительный выход	1	4–5

В 2002 г. была завершена разработка масс-анализатора сверхтяжелых атомов MASHA [4], использующего описанный принцип и обеспечивающего разрешение по массе около 1000. Сравнительные характеристики разработанного сепаратора и традиционных сепараторов ядер отдачи приведены в табл. 1.

Сепаратор MASHA будет превосходить существующие устройства как по эффективности получения сверхтяжелых атомов, так и по информативности при идентификации их масс и характеристик распада. Новый сепаратор может быть также исполь-

зован для изучения химических свойств сверхтяжелых элементов. Первые эксперименты планируется начать в 2003 г.

Деление ядер

В 2002 г. на комплексе установок CORSET + DEMON + HENDES (см. рис. 8) была выполнена серия экспериментов по изучению процессов слияния-деления и квазиделения тяжелых и сверхтяжелых ядер с $Z = 102-122$ вблизи кулоновского барьера.

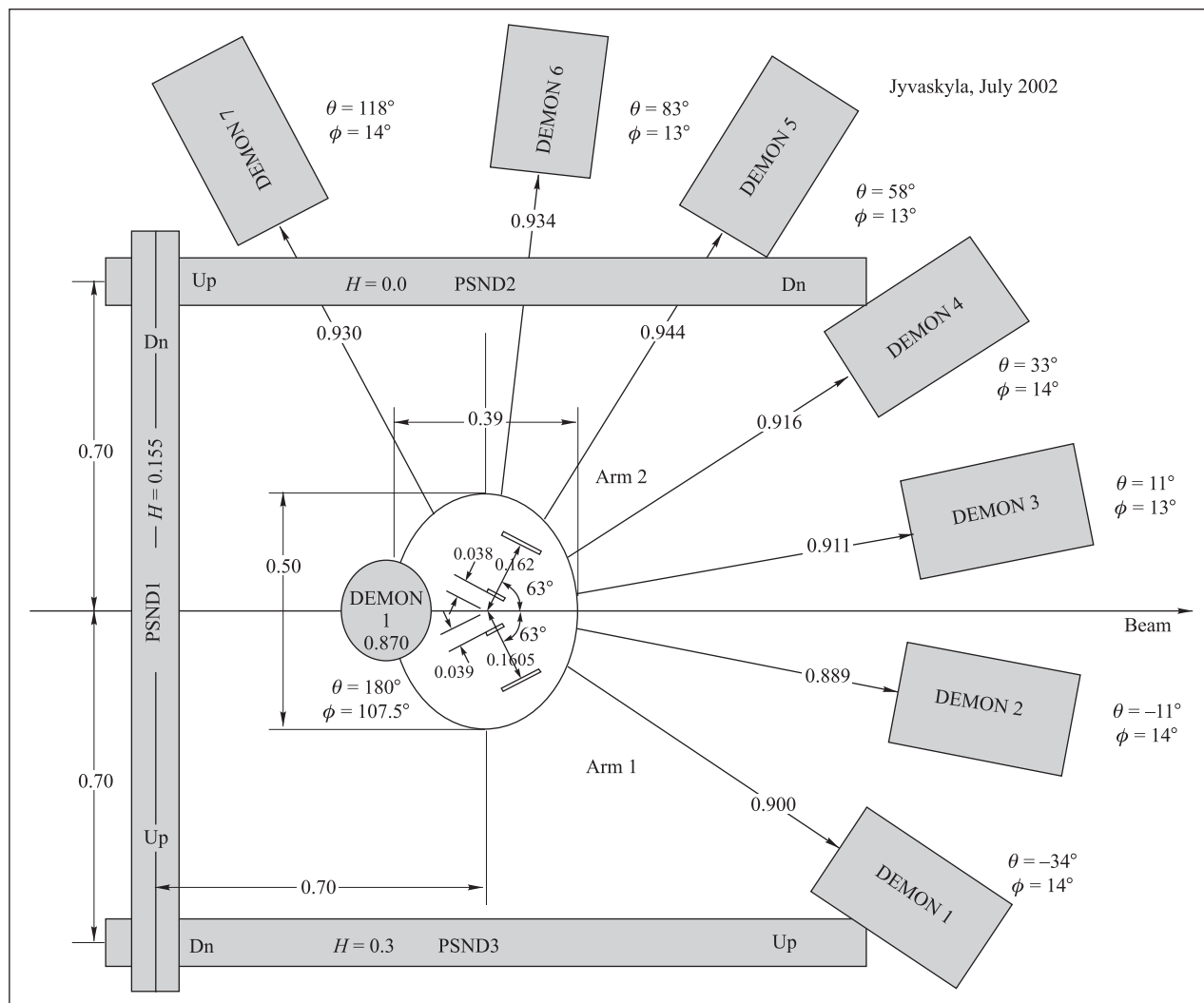


Рис. 8. Схема установки CORSET + DEMON + HENDES

Установка состояла из двухплечового времяпролетного спектрометра осколков деления CORSET, мультidetектора нейтронов DEMON, нейтронных трубок HENDES и NaI(Tl)-спектрометра γ -квантов, которые позволяли проводить измерения массово-энергетических распределений осколков деления, предравновесных до- и послеразрывных нейтронов, средних множественностей и энергий γ -квантов.

Временное разрешение спектрометра осколков деления на базе микроканальных пластин составляло 120–150 пс, что соответствовало 2 а.е.м. Дважды дифференциальные спектры нейтронов измерялись детекторами DEMON и позиционно-чувствительными нейтронными трубками вплоть до энергии 50 МэВ. Эксперименты, выполненные в 2002 г., перечислены в табл. 2.

Таблица 2

Установка	Реакции (энергии)
CORSET + PIG	$^{48}\text{Ca} + ^{168,170}\text{Er} \rightarrow ^{216,218}\text{Ra}$ (180–204 МэВ)
CORSET + PIG	$^{48}\text{Ca} + ^{168}\text{Er} \rightarrow ^{216}\text{Ra}$ (194, 208 МэВ)
	$^{48}\text{Ca} + ^{154}\text{Sm} \rightarrow ^{202}\text{Pb}$ (165–208 МэВ)
CORSET + HENDES + DEMON	$^{64}\text{Ni} + ^{242}\text{Pu} \rightarrow ^{306}\text{122}$ (355, 380, 420 МэВ)
	$^{64}\text{Ni} + ^{186}\text{W} \rightarrow ^{250}\text{No}$ (300, 355 МэВ)

В результате этих экспериментов впервые были изучены характеристики деления составных ядер $^{216,218}\text{Ra}$, ^{250}No и $^{306}\text{122}$, образующихся в реакциях с ионами ^{48}Ca и ^{64}Ni . На основании полученных данных были сделаны следующие выводы:

— массовое распределение осколков деления составного ядра $^{306}\text{122}$ является асимметричным и, в отличие от асимметричного деления актинидов, его природа определяется оболочечными эффектами в осколках со средними массами около 132–134;

— полные кинетические энергии осколков деления в процессах деления и квазиделения существенно различаются, при делении энергия значительно выше, чем при квазиделении;

— полная множественность нейтронов M_{tot} монотонно растет при увеличении массы компаунд-ядра для осколков деления вблизи $A/2 \pm 20$. В то же время для осколков с массами, характерными для квазиделения, величины M_{tot} меньше и они слабо зависят от Z компаунд-ядра.

Массово-энергетические распределения осколков деления составного ядра ^{216}Ra изучались в двух комбинациях мишень – бомбардирующая частица: $^{12}\text{C} + ^{204}\text{Pb}$ и $^{48}\text{Ca} + ^{168}\text{Er}$ [5]. Было найдено, что при энергии возбуждения составного ядра $E^* \sim 40$ МэВ вклад асимметричной компоненты в первой реакции составлял 1,5% и около 30% во второй реакции. Такое значительное увеличение выхода асимметричной компоненты может быть связано с преобладанием квазиделения в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{168}\text{Er}$, в котором массовое распределение обнаруживает проявление оболочечной структуры.

В экспериментах было установлено, что сечения реакций слияния-деления с ионами ^{48}Ca и ^{58}Fe очень слабо изменяются при возрастании заряда и массы ядра-мишени. Этот результат весьма важен для планирования новых экспериментов по синтезу сверхтяжелых ядер с $Z > 110$ [6].

Сепаратор ВАСИЛИСА

В качестве первого шага в повышении надежности идентификации продуктов реакций полного слияния на сепараторе ВАСИЛИСА старый дипольный магнит с углом отклонения 8° был заменен на новый с углом отклонения 37° . При этом в фокальной плоскости был установлен новый 32-стриповый детектор размером 60×120 мм, обеспечивающий зна-

чительно лучшее позиционное разрешение для продуктов с разными массами.

Тестовые эксперименты с пучками ионов ^{40}Ar и ^{48}Ca и мишенями Dy , Yb и Pb показали, что новый магнит обеспечил дополнительное понижение фона от нежелательных продуктов примерно в 10 раз. Массовое разрешение составило около 2% для масс в районе 250.

В планируемых в 2003 г. экспериментах по синтезу элемента $Z = 115$ в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$ будет выполняться прямое определение массы продуктов на модернизированном сепараторе ВАСИЛИСА.

В реакциях слияния $^{48}\text{Ca} + ^{204}\text{Pb}$ и $^{44}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$, приводящих к одному и тому же составному ядру $^{252}\text{No}^*$ [7], был синтезирован новый нейтронодефицитный изотоп ^{249}No и были уточнены характеристики распада известного изотопа ^{250}No .

Канал высокого разрешения АКУЛИНА

Интерес к изучению свойств изотопов водорода тяжелее трития не снижается на протяжении последних сорока лет. Опубликованные к настоящему времени экспериментальные данные о ^4H указывают на наличие широкого резонанса у этого ядра. В некоторых экспериментах выполнялся поиск несвязанных состояний в ^5H .

Пучки радиоактивных ядер обеспечивают выгодные условия для изучения этих нуклидов. Благоприятный энергетический баланс приводит к более высоким сечениям образования. Механизм реакций становится более простым, что способствует понижению «физического» фона по сравнению с реакциями на стабильных пучках.

В 2002 г. были получены новые результаты относительно ядер ^4H и ^5H , которые образовывались в реакциях $^2\text{H}(t, p)^4\text{H}$ и $^3\text{H}(t, p)^5\text{H}$ при энергии ионов трития 57,5 МэВ. Нуклид ^5H дополнительно изучался в реакции $^2\text{H}(^6\text{He}, ^5\text{H})^3\text{He}$.

Пучок ионов трития со средней интенсивностью $3 \cdot 10^7 \text{ c}^{-1}$ от ускорителя У-400М транспортировался по модернизированной линии сепаратора АКУЛИНА в специальное защищенное помещение, в котором располагались реакционная камера с тритиевой (дейтериевой) мишенью и детекторы частиц (рис. 9). Энергия пучка и дисперсия энергии в середине мишени составляли соответственно 57,5 МэВ и 330 кэВ.

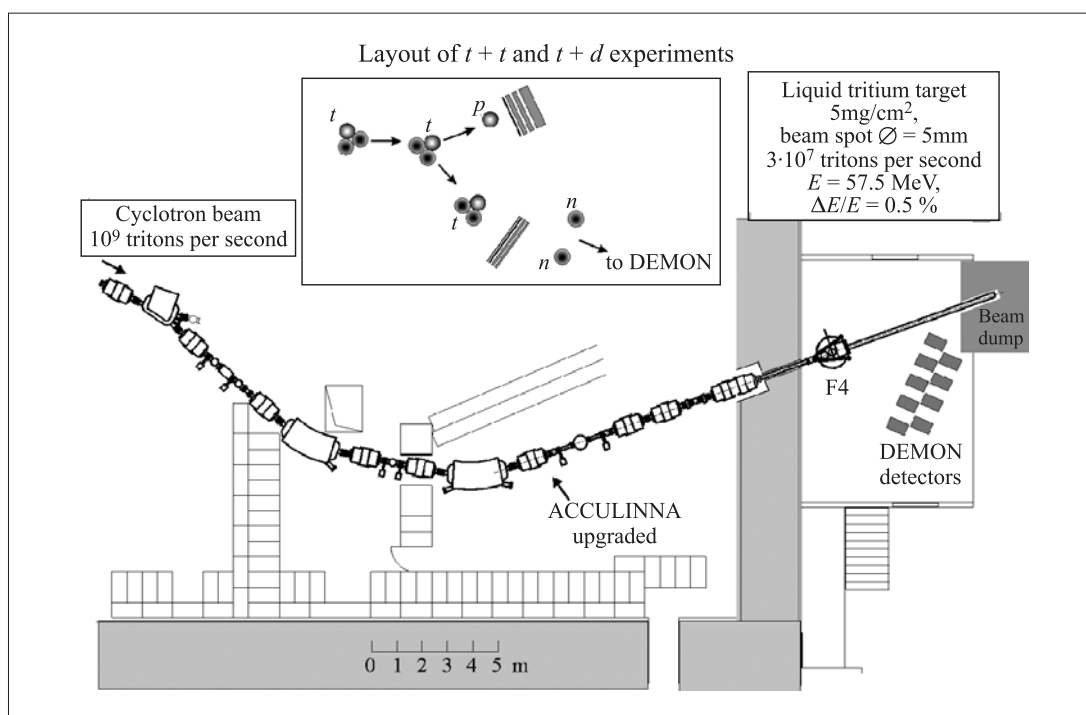


Рис. 9. Схематический вид установки для изучения ядер ${}^4\text{H}$, ${}^5\text{H}$ и ${}^7\text{H}$

Канал высокого разрешения АКУЛИНА использовался для выделения и очистки вторичного пучка ${}^6\text{He}$, образующегося в реакции фрагментации ${}^{11}\text{B}$ с энергией 32 А·МэВ, бомбардирующего толстую бериллиевую мишень. Средняя энергия ионов ${}^6\text{He}$ в середине дейтериевой газовой мишени составляла 133 МэВ, а типичная интенсивность $2 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$.

Эксперименты по поиску ${}^7\text{H}$ заключались в детектировании долгоживущих ядер ${}^7\text{H}$, которые могли образовываться в реакции ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^7\text{H}){}^3\text{He}$. Из первичного пучка ионов ${}^{11}\text{B}$ с энергией 32 А·МэВ производился вторичный пучок ${}^8\text{He}$ с энергией 160 МэВ и средней интенсивностью $2 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$. Условия, при которых изучались указанные реакции, приведены в табл. 3 [8].

Таблица 3

Изучаемый нуклид	Реакция	Энергия бомбардирующих частиц, МэВ	Метод	Детектируемые продукты и их энергии, МэВ
${}^4\text{H}$	${}^2\text{H}(t, p){}^4\text{H}$	57,5	Недостающей массы	Протоны, 39–25
${}^4\text{H}$	${}^3\text{H}(t, d){}^4\text{H}$	57,5	Недостающей массы	Дейтроны, 42–25
${}^5\text{H}$	${}^3\text{H}(t, p){}^5\text{H}$	57,5	Недостающей массы	Протоны, 36–20
${}^5\text{H}$	${}^2\text{H}({}^6\text{He}, {}^5\text{H}){}^3\text{He}$	133	Недостающей массы	${}^3\text{He}$, 10,5–25
${}^7\text{H}$	${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^7\text{H}){}^3\text{He}$	153–92	Прямой	${}^7\text{H}$, 55–105

Энергетический спектр недостающих масс был получен для ядер ${}^4\text{H}$ при изучении реакций ${}^2\text{H}(t, p){}^4\text{H}$ и ${}^3\text{H}(t, d){}^4\text{H}$. Было найдено, что резонанс в ${}^4\text{H}$ находится при $E_R = 3,3 \text{ МэВ}$ и его ширина составляет $\gamma^2 = 2,3 \text{ МэВ}$.

Данные, полученные при изучении реакций ${}^3\text{H}(t, p){}^5\text{H}$ и ${}^2\text{H}({}^6\text{He}, {}^5\text{H}){}^3\text{He}$, указывают на наличие резонанса в ${}^5\text{H}$ при энергии $E_R = 1,8 \pm 0,1 \text{ МэВ}$ над порогом распада по каналу $t + n + n$. Представляется весьма вероятным, что в спектре недостающей массы ядра ${}^5\text{H}$, наблюдавшемся в реакции

${}^3\text{H}(t, p){}^5\text{H}$, проявляется другой узкий резонанс при $E_R = 2,7 \pm 0,1 \text{ МэВ}$. Неожиданностью оказались малые ширины резонансов ($\Gamma_{\text{obs}} \leq 0,5 \text{ МэВ}$), наблюдавшихся в обеих реакциях. Согласование столь малых ширин резонансов с существующими теоретическими представлениями будет, безусловно, трудной задачей. Это обстоятельство еще более привлекает внимание к изучению нуклида ${}^5\text{H}$.

Для сечения реакции ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^7\text{H}){}^3\text{He}$ была получена лишь оценка верхней границы в предположении, что ядро ${}^7\text{H}$ имеет время жизни $\tau \geq 3 \cdot 10^{-9} \text{ с}$.

Реакции, вызываемые пучками стабильных и радиоактивных легких элементов

Магнитный спектрометр МСП-144 был модернизирован с целью обеспечить прецизионное измерение характеристик продуктов ядерных реакций с ионами ${}^6\text{He}$. Разрешение спектрометра по импульсу $\Delta p/p$ составило 10^{-4} . Для измерения сечения реакций слияния-деления на базе стриповых детекторов большой площади был создан спектрометр KAPRIZ.

В совместных с GANIL (Франция) экспериментах были получены два новых изотопа — ${}^{34}\text{Ne}$ и ${}^{37}\text{Na}$, лежащие за границей теоретически предсказанной линии нейтронной стабильности. В то же время в этих экспериментах не удалось обнаружить предполагаемое магическое ядро ${}^{40}\text{Mg}$ ($N = 28$). Этот результат показывает, что вблизи границ нуклонной стабильности роль оболочечных эффектов меняется и существенными становятся эффекты, связанные с деформацией ядер.

В сотрудничестве с группами COLLAPS (Майнц, Германия) и ISOLDE (ЦЕРН) были выполнены измерения зарядовых радиусов изотопов аргона с числами нейтронов $N = 20-28$ между двумя замкнутыми нейтронными оболочками. Полученные результаты явились существенным вкладом в систематику зарядовых радиусов для ядер из области $Z = 20$ и $20 \leq N \leq 28$, в которой ожидаются изменения ядерной структуры и другие числа нуклонов для замкнутых оболочек.

Теоретическая и вычислительная физика

При теоретическом анализе реакций слияния тяжелых ионов, приводящих к образованию тяжелых остатков испарения, ставилась задача прийти к лучшему пониманию всего процесса. Исследовались факторы, вносящие наибольшую неопределенность в расчетные сечения реакций, определялось, насколько точно могут быть оценены сечения образования сверхтяжелых элементов, какие дополнительные теоретические и экспериментальные исследования необходимы еще в этой области.

Для теоретического описания реакций слияния-деления ${}^{48}\text{Ca} + {}^{208}\text{Pb}$, ${}^{48}\text{Ca} + {}^{238}\text{U}$, ${}^{48}\text{Ca} + {}^{244}\text{Pu}$ и

${}^{48}\text{Ca} + {}^{248}\text{Cm}$ был развит новый подход, основанный на расширенной версии двухцентровой оболочечной модели [9]. Найдены основные степени свободы, играющие ключевую роль в ходе образования и распада тяжелой ядерной системы. Впервые получены оценки для нижних границ высот делительных барьеров ядер ${}^{283-286}112$, ${}^{288-292}114$ и ${}^{292-296}116$ (5,5, 6,7 и 6,4 МэВ соответственно), что находит прямое подтверждение в относительно высокой стабильности этих ядер.

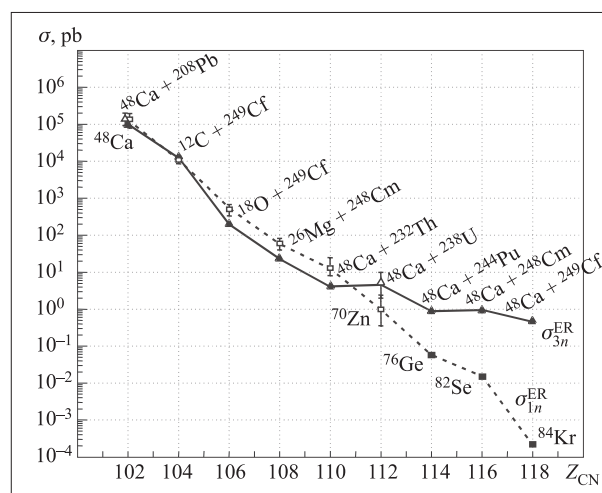


Рис. 10. Сечения образования тяжелых ядер-остатков испарения в «горячих» (треугольники) и «холодных» (квадраты) реакциях слияния. Светлые символы соответствуют экспериментальным точкам; темные — расчетным значениям сечений

Для слияния-деления тяжелой ядерной системы был предложен новый механизм, описывающий этот процесс в пространстве $(A_1 - A_2)$ [10]. Ядра A_1 и A_2 последовательно теряют (или поглощают) нуклоны и утрачивают свою индивидуальность по мере роста числа обобщенных нуклонов ΔA . Рис. 10 демонстрирует хорошее согласие между расчетными и экспериментальными значениями сечений образования сверхтяжелых элементов вплоть до $Z_{CN} = 118$ в «горячих» и «холодных» реакциях слияния.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние поверхностно-активных молекул на травление ионных треков в полимерах является предметом активного изучения. Эти молекулы как самостоятельные системы образуют адсорбированные монослои на поверхности полимера и на поверхно-

сти нанопор, получающихся в результате травления после облучения тяжелыми ионами. При использовании этого эффекта возможно создание специальных конфигураций трековых пор. В 2002 г. изучалось влияние различных поверхностно-активных

веществ на процесс травления при образовании нанопор в поликарбонате и полиэтилентерефталате. С использованием электронной микроскопии исследовался процесс формирования профиля поры с применением специально разработанных методов при-

готовления образцов (рис.11). С целью выявления механизма одновременного действия травящего реагента и поверхностно-активного вещества исследовалась их диффузия сквозь трековые поры, имеющие диаметры от 10 до 350 нм.

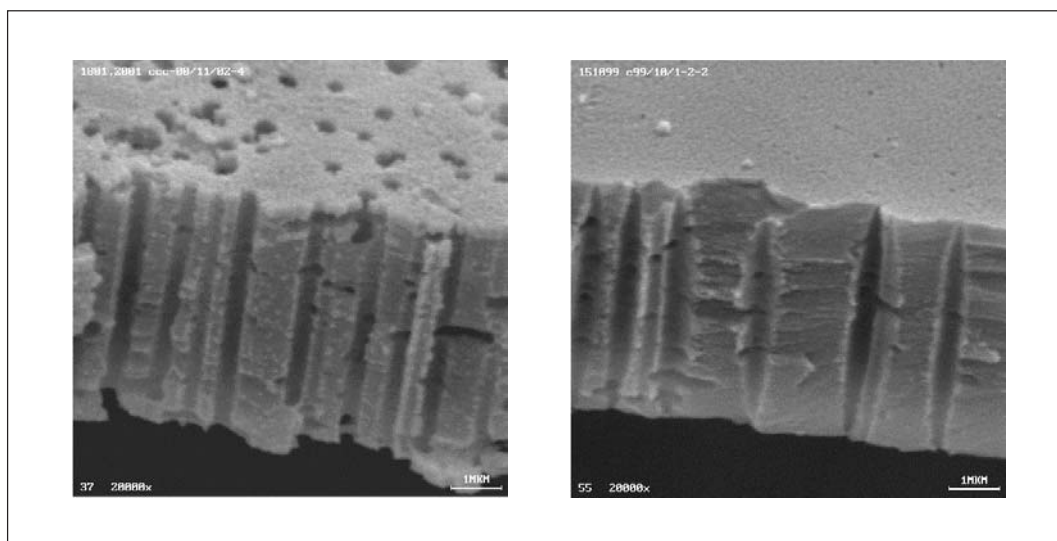


Рис. 11. Влияние поверхностно-активного вещества (ПАВ) на форму поры. Слева — цилиндрические поры в облученной PET-пленке при использовании 5M NaOH; справа — сигароподобные поры, полученные при добавлении ПАВ

В коллаборации с SDK Company (Германия) были проведены разработки теплопроводящих поверхностей нового типа. Это новое применение основано на существенном изменении скорости испарения жидкости с поверхности, текстурированной с использованием специально разработанной трековой технологии. Разработан новый тип теплопроводящих элементов, работающих на этом принципе. Они могут быть применены в различного рода охлаждающих системах, используемых в рефрижераторах, кондиционерах и пр.

В сотрудничестве с группой материаловедения (GSI, Дармштадт) и Институтом цитологии (С.-Петербург) продолжены исследования свойств трековых нанопор в полимерах. Были исследованы электрические свойства асимметричных нанопор в полиэтилентерефталате (PET) и полиамиде (PI). Показано, что конические поры в PET, погруженные в электролит, функционируют как электрический ключ и могут изменять ток ионов. Благодаря этому они могут быть использованы как модель биологической клетки.

Процессы распыления металлов и сплавов при воздействии тяжелых ионов с высокими удельными потерями энергии изучались на электрически полированных образцах Ni, W и хромоникелевой стали X18H10T при облучении ионами ^{86}Kr (245 и 305 МэВ). Изучение структуры поверхности мето-

дом СЭМ позволило оценить коэффициенты распыления указанных выше материалов: Ni (~ 500 атомов/ион), сталь (~ 100 атомов/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 микроскопия (АСМ). 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, который оказался $1,5 \cdot 10^4$ атомов/ион.

Сверхчистые радионуклиды и радиоаналитические исследования

Циклотрон У-200 и микротрон МТ-25 систематически использовались для приготовления сверхчистых радионуклидов: $^{88,89}\text{Zr}$, ^{111}In , ^{149}Tb , ^{175}Hf , ^{211}At , $^{236,237}\text{Pu}$ и метчиков: ^{99}Mo , ^{129}Cs , ^{178}W , ^{131}Ba , ^{133m}Ba , ^{135m}Ba , ^{140}La , ^{183}Re , ^{203}Pb для радиобиологических и радиоаналитических исследований.

Для определения природных и техногенных акти- нидов в природных образцах и биологических объек- тах были разработаны новые методики на базе (γ, f)- и (n, f)-реакций. Эти методики были применены для

изучения химического состава и содержания Th, U, Np, Pu и Am в морских и континентальных осадках из Вьетнама.

ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Развитие ускорительной техники было сконцен- трировано на создании ускорительного комплекса для получения пучков радиоактивных ионов (проект DRIBs). В соответствии с планом первой фазы про- екта был создан и испытан комплекс по генерации, сепарации и ионизации ^6He и ^8He [11]. Тесты вы- полнялись на пучке ионов ^7Li циклотрона У-400М. Радиоактивный пучок ^6He был проведен через си- стему транспорта на расстояние 120 м в зал ускорит- еля У-400 и ускорен до энергии 15 МэВ/А. Ведутся работы по повышению эффективности системы до проектного значения и транспортировке пучка на физические мишени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Oganessian Yu. Ts., Utyonkov V. K., Moody K. J.* // Phys. At. Nucl. 2001. V. 64. P. 1349.

2. *Oganessian Yu. Ts. et al.* JINR Preprint E7-2002-287. Dubna, 2002.
3. *Yakushev A. B. et al.* // Radiochem. Acta (submit- ted).
4. *Oganessian Yu. Ts.* JINR Preprint E7-2002-64. Dubna, 2002.
5. *Chizhov A. Yu., Itkis M. G. et al.* // Phys. Rev. C. 2003. V. 67. P. 011603(R).
6. *Itkis M. G. et al.* // J. Nucl. Radiochem. Sci. 2002. V. 3. P. 57.
7. *Belozarov A. V. et al.* // Eur. Phys. J. (in press).
8. *Golovkov M. S. et al.* // Phys. Lett. B (submitted).
9. *Itkis M. G., Oganessian Yu. Ts., Zagrebaev V. I.* // Phys. Rev. C. 2002. V. 65. P. 044602.
10. *Zagrebaev V. I.* // J. Nucl. Radiochem. Sci. 2002. V. 3. P. 13.
11. *Bashevoy V. V. et al.* // Nucl. Phys. A. 2002. V. 701. P. 592c.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ им. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2002 г. охватывала пять тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ. Она была нацелена на получение новых результатов по физике конденсированных сред (тема «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов», 07-4-1031-99/2003, руководители В. Л. Аксенов и А. М. Балагуров); по нейтронной ядерной физике (тема «Нейтронная ядерная физика — фундаментальные и прикладные исследования», 06-4-1036-2001/2004, руководители В. И. Фурман и В. Н. Швецов). Для обеспечения физических исследований осуществлялось развитие и создание базовых установок лаборатории ИБР-2 (тема «Раз-

витие и совершенствование комплекса ИБР-2», 07-4-0851-87/2007, руководители В. Д. Ананьев и Е. П. Шабалин) и ИРЕН (тема «Разработка проекта ИРЕН», 06-4-0993-94/2004, руководители В. И. Фурман и И. Н. Мешков), а также развитие комплекса спектрометров ИБР-2 (тема «Развитие комплекса спектрометров ИБР-2 и измерительно-вычислительной инфраструктуры», 07-4-1012-96/2003, руководители А. В. Белушкин и В. И. Приходько).

Актуальные вопросы исследований, проводимых в кооперации с ведущими ядерными центрами, были рассмотрены на X Международном семинаре по взаимодействию нейтронов с ядрами, рабочем совещании ОИЯИ–Румыния по наукам о материалах, II рабочем совещании по исследованиям на ИБР-2.

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Дифракция. В 2002 г. в продолжение исследований соединения $(\text{La}_{1-y}\text{Pr}_y)_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ (LPCM- y) [1, 2] проведена серия нейтронных дифракционных экспериментов для получения информации о магнитной фазовой диаграмме составов с преобладанием изотопа ^{18}O (до 75 %). Их основным результатом явилось утверждение о качественной идентичности фазовых диаграмм LPCM- $y/^{16}\text{O}$ и LPCM- $y/^{18}\text{O}$ (рис. 1). В свою очередь, это позволяет считать, что гигантский изотопический эффект в электросопротивлении, наблюдавшийся ранее для состава LPCM с $y = 0,75$, является проявлением перехода в другое фазовое состояние.

Изучены кристаллическая и магнитная структуры нового слоистого сложного оксида марганца $\text{Sr}_2\text{MnGaO}_{5+x}$ при промежуточных (между предель-

ными $x = 0$ и 0,5) содержаниях кислорода $x = 0,13$ и 0,41. Ранее было показано [3], что в предельных случаях магнитные структуры существенно различаются и соответствуют антиферромагнитным (АФМ) типам G для $x = 0$ и C для $x = 0,5$. Оказалось, что, в то время как состав с $x = 0,13$ при понижении температуры ($T_N \approx 200$ К) переходит в однородное антиферромагнитное состояние типа G (т.е. его поведение такое же, как и состава с $x = 0$), в составе с $x = 0,41$ последовательно возникают магнитные фазы обоих типов G ($T_N \approx 140$ К) и C ($T_N \approx 110$ К) с примерно равными концентрациями (рис. 2). Необычным фактом является отсутствие признаков каких-либо структурных различий у двух возникающих магнитных фаз.

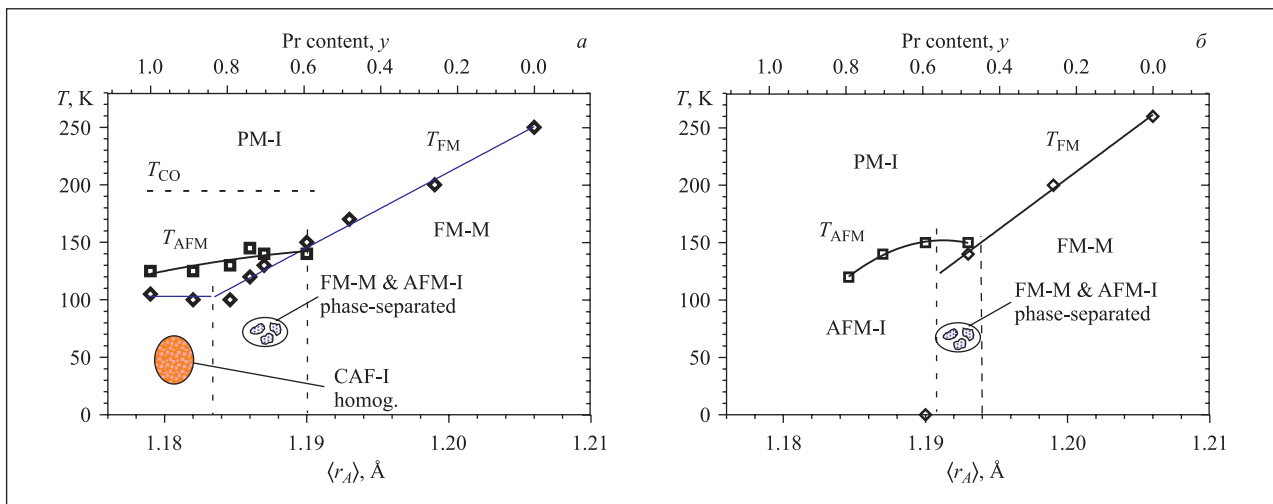


Рис. 1. Магнитные фазовые диаграммы для составов $(La_{1-y}Pr_y)_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$, содержащих изотопы кислорода ^{16}O (а) и ^{18}O (б)

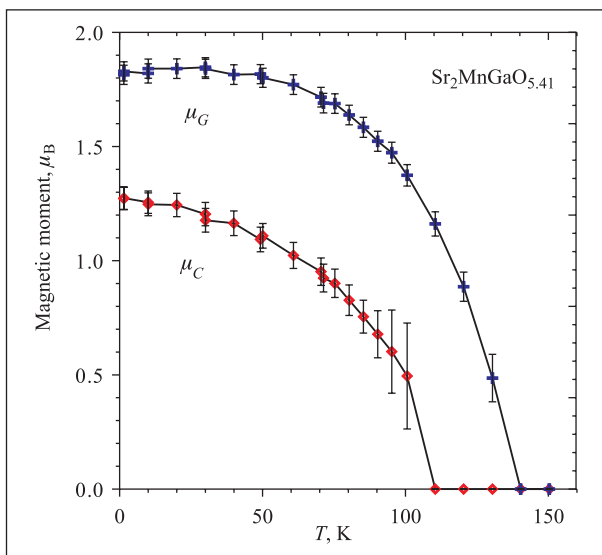


Рис. 2. Зависимость величины магнитных моментов состава $Sr_2MnGaO_{5.41}$ от температуры. При $T \approx 140$ и 110 К происходят два последовательных магнитных перехода с образованием антиферромагнитных фаз G - и C - типа, т. е. возникает магнитное фазовое расслоение

На спектрометре ДН-12 проведено исследование кристаллической и магнитной структуры манганитов $Pr_{0.7}Ca_{0.3}Mn_{1-y}Fe_yO_3$ ($y = 0, 0,1$) [4] и $Pr_{0.8}Na_{0.2}MnO_3$ [5], обладающих СМР-эффектом, при давлениях до 4,5 ГПа в диапазоне температур 16–300 К. Впервые обнаружено, что в этих соединениях, имеющих существенно различные магнитные структуры при нормальном давлении ($Pr_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$ и $Pr_{0.8}Na_{0.2}MnO_3$ имеют АФМ-структуру псевдоСЕ-типа, $Pr_{0.7}Ca_{0.3}Mn_{0.9}Fe_{0.1}O_3$ — ферромагнетик), при высоких давлениях в области низких температур происходит стабилизация АФМ-

состояния типа А, характеризующегося вектором распространения $\mathbf{q} = (010)$.

Малоугловое рассеяние нейтронов. В рамках исследований кластерного состояния фуллеренов в растворах проведены эксперименты по малоугловому рассеянию нейтронов на системе C_{60} /сероуглерод [6] и коллоидном растворе C_{60} в воде [7]. Измерения показали отсутствие какой-либо заметной зависимости рассеяния в C_{60} /сероуглерод от температуры и присутствие в растворах небольших кластеров фуллеренов со средним числом частиц около четырех. Это число не зависит от температуры и концентрации в исследованных диапазонах. Отсюда следует, что использование капельной модели при описании кластерного состояния фуллеренов в растворе некорректно. Для коллоидного раствора C_{60} в воде обнаружено наличие полидисперсности в широком диапазоне размеров вплоть до 50 нм. Вариация контраста при разбавлении системы тяжелой водой указывает на присутствие в агрегатах компоненты, отличной от фуллеренов. Одна из гипотез происхождения данной компоненты связана с возможным образованием особых гидратных оболочек вокруг фуллеренов.

Исследована конформация элонгационного фактора eEF1A млекопитающих (кролик) в растворе методами малоуглового нейтронного рассеяния и сканирующей микрокалориметрии [8]. Найдено, что в отличие от бактериального аналога белка молекула eEF1A не имеет фиксированной жесткой структуры в растворе. Радиус инерции молекулы eEF1A оказался равным 5,2 нм, что значительно больше величины для прокариотического EF1A. Удельная теплота денатурации eEF1A, измеренная методом сканирующей микрокалориметрии, оказалась равной 4 кал/г, что значительно ниже величины 7 кал/г для прокариотического EF1A, рассчитанной для той же температуры денатурации. Это обстоятельство

указывает на то, что конформация eEF1A в растворе значительно более неупорядоченная, чем таковая прокариотического белка. Данные нейтронного рассеяния показывают, что eEF1A становится значительно более компактным при образовании комплекса с деацелированной тРНК.

Поляризованные нейтроны и нейтронная оптика. Методом рефлектометрии изучено формирование интерфейса и поверхности при образовании мультислоев из кополимеров P(dS-b-nBMA) с различным молекулярным весом составляющих блоков [9]. Установлено, что многочисленные особенности, наблюдающиеся в спектрах незеркально рассеянных нейтронов, связаны с наличием случайно распределенных островков или пор на поверхности пленок и с наличием сложных межфазных границ.

В рамках исследований многослойных магнитных структур проведены эксперименты по рефлектометрии на структурах $MgO(001)/[Fe(xML)/V(yML)]_N/Pd$. Получены зависимости для намагниченности и распределения атомов Fe и V в глубь образца. Ядерный и магнитный потенциалы падают быстрее и растут сильнее после прохождения границы раздела в направлении от ванадия к железу, чем в направлении от железа к ванадию. Этот факт обусловлен асимметрией взаимного проникновения атомов железа и ванадия.

На спектрометре «Рефлекс-П» продолжался прецизионный эксперимент по поиску поверхностных магнитных возбуждений в магнитных тонкопленочных структурах [10]. Набрана полная статистика экспериментальных данных. В настоящее время ведется работа по созданию математической модели для обработки полученных результатов.

Неупругое рассеяние нейтронов. На спектрометре NERA исследованы структурные фазовые переходы и динамика твердого мезитилена [11], а также влияние концентрации и температуры на динамику аммониевых групп и фазовые переходы в смешанных кристаллах $Rb_{1-x}(NH_4)_xBr$. Мезитилен известен как органический растворитель, имеющий сравнительно низкую температуру замерзания (227 К), и как перспективный материал для холодных источников нейтронов.

Результаты одновременных измерений спектров дифракции и неупругого рассеяния нейтронов показали, что фазовый состав твердого мезитилена зависит от скорости охлаждения, т.е. мезитилен является интересным примером относительно простого молекулярного кристалла, существующего при низких температурах в разных структурных модификациях, обладающих существенно разными динамическими характеристиками (рис. 3). Это позволит в дальнейшем исследовать влияние упаковки молекул на динамику решетки и ротационную динамику метиловых групп.

Методом неупругого рассеяния нейтронов выполнены исследования эффектов кристаллического

электрического поля (КЭП) в $RAgSb_2$ с $R = Ce, Tm, Er$ и No . Определены параметры КЭП, схемы уровней и волновые функции. Температурная зависимость магнитной восприимчивости, рассчитанная вдоль различных кристаллографических направлений исходя из параметров КЭП, хорошо согласуется с результатами измерений на монокристаллах. Анализ показал, что магнитокристаллическая анизотропия в этих соединениях в значительной степени обусловлена наличием КЭП.

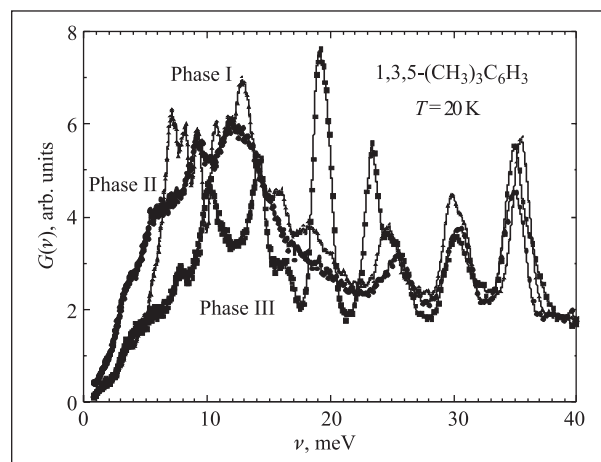


Рис. 3. Плотность фоновых состояний различных структурных фаз мезитилена

Прикладные исследования. Продолжено дифракционное изучение текстур образцов амфиболитов и гнейсов из разреза Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 и их аналогов с поверхности [12]. С использованием количественной информации о текстурах и данных об упругих модулях минералов, образующих горные породы, было проведено моделирование распределения скоростей упругих волн в исследуемых образцах. Анализ полученных данных позволит выявить вклад ориентированных минеральных компонент в суммарную упругую анизотропию горных пород, что необходимо для установления закономерностей между особенностями текстур и механизмами деформационных и метаморфических процессов, обусловивших текстурообразование в процессе эволюции литосферы.

Для обоснования механизма распухания графитовых блоков под действием нейтронных потоков проведен ряд экспериментов *in situ* по изучению анизотропии поведения образцов реакторного графита под действием внешних сжимающих напряжений. Исследование проведено как в упругой, так и в пластической области деформации. Установлено, что кристаллическая решетка графита не изменяется вплоть до напряжений, близких к напряжению разрушения. Возможно, что столь необычный результат связан с

исходной пористостью образцов, т. е. действие сжимающих напряжений сводится к закрыванию пор в образцах, не вызывая заметной упругой деформации кристаллической решетки. Эти данные будут про-

верены на образцах графита, вырезанных из разных мест и по-разному расположенных в реакторном блоке.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2002 г. экспериментальная программа в области нейтронной ядерной физики в ЛНФ им. И. М. Франка включала традиционные направления как фундаментальных, так и прикладных исследований, проводившихся на пучках ИБР-2 и ЭГ-5, а также в сотрудничестве с другими ядерными центрами России, Болгарии, Польши, Чехии, Германии, Республики Кореи, Франции, США, Японии, а также с ЦЕРН.

Экспериментальные исследования. В течение 2002 г. продолжались эксперименты с целью поиска подпорогового нейтронного p -резонанса на изотопах свинца для объяснения эффектов, связанных с нарушением пространственной четности при нейтронно-ядерных взаимодействиях. На 1-м канале ИБР-2 были проведены измерения γ -спектров радиационного захвата нейтронов на образце свинца, обогащенном изотопом ^{204}Pb , с использованием γ -спектрометра COCOS [13]. Продемонстрирована принципиальная возможность проведения прецизионной γ -спектроскопии малых количеств изотопа свинца в неблагоприятных фоновых условиях импульсного пучка нейтронов, а также эффективность избранного методического подхода. В полученных предварительных результатах в рамках 15%-й погрешности не обнаружено проявление этого резонанса для изотопа ^{204}Pb , что может быть связано с существованием дополнительного запрета прямого перехода на основное состояние компаунд-ядра для p -резонанса.

В 2002 г. были продолжены эксперименты по измерению парциальных сечений захвата нейтронов с энергией 5–100 кэВ по методике сдвига энергии первичных γ -переходов при изменении энергии захваченных нейтронов. Проведены измерения γ -спектров радиационного захвата нейтронов на электростатическом ускорителе ЭГ-5 на ядрах Cr, Zn и Cl. В настоящее время идет обработка результатов.

Проведены измерения температурной зависимости угловой анизотропии α -частиц из распада ^{233}U , присутствующего в качестве примеси в образце RUN (уранил-рубидиевый нитрат), с целью уточнения константы сверхтонкого расщепления, которая используется при определении выстроенности ядер урана. Достичь желаемой точности ($\leq 10\%$) пока не удалось, и измерения будут продолжены.

В рамках нового подхода к описанию деления, индуцированного резонансными нейтронами, с использованием формализма спиральности и многоуровневого приближения получены формулы, описывающие P -четные и P -нечетные эффекты в угловой анизотропии осколков. Разработана программа, позволившая с использованием этих формул и R -матричного формализма проанализировать экспериментальные данные по анизотропии осколков вперед-назад и лево-право для ^{239}Pu .

На импульсном источнике нейтронов $n\text{TOF}$ в ЦЕРН с помощью быстрой ионизационной камеры проведены первые измерения сечения $^{234}\text{U}(n, f)$ -реакции для широкого интервала энергии нейтрона — от тепловой до 100 МэВ. Эти измерения проводятся в рамках европейской программы получения ядерных данных для АДС-систем. Параллельно с использованием уникального энергетического разрешения спектрометра $n\text{TOF}$ решается задача исследования тонкой структуры вибрационных резонансов, проявляющихся на барьере деления четно-четных ядер-мишеней. Точное знание параметров этой структуры позволяет получать количественную информацию о деформации делящихся ядер в точке разрыва и, таким образом, изучать свойства внешнего барьера деления. В 2003 г. планируется получение данных для ядер-мишеней ^{232}Th , ^{234}U , ^{236}U и ^{238}U .

Проведена обработка и анализ экспериментальных данных, полученных на спектрометре «Ромашка», по сечениям деления и захвата ^{235}U , а также по полным сечениям и сечениям рассеяния нейтронов в области 0,1–200 кэВ для осколочных материалов Nb, Mo и Pb.

Разработана и создана установка по монохроматизации тепловых нейтронов на основе механического прерывателя с кривыми щелями.

Выполнен анализ результатов классической работы Крона и Ринго 1966 г. по измерению длины n, e -рассеяния b_{ne} . Надежно обнаружены признаки того, что к эффекту от n, e -взаимодействия примешан эффект дифракции нейтронов на одноатомном газе. Поэтому полученный результат по b_{ne} ненадежен. На пучке 11Б реактора ИБР-2 начаты измерения дифракции нейтронов с энергиями $\sim 0,006$ – $0,07$ эВ на аргоне с давлением 50 атм.

В 2002 г. был проведен эксперимент «Изучение процессов малой передачи энергии УХН в новом большом гравитационном спектрометре (БГС)» в Институте Лауэ–Ланжевена (ИЛЛ) (Гренобль, Франция). Полученные результаты указывают на то, что природа процесса малого нагрева УХН на поверхности твердых тел связана с взаимодействием УХН с поверхностными нанообразованиями. Показано, что в зависимости от обработки поверхности величина эффекта может достигать значений, при которых потери УХН из ловушек являются существенными. Поэтому интерпретация экспериментов, в которых явным образом не измеряется канал потерь УХН, обусловленных их малым нагревом, является ненадежной.

Подготовлен и проведен цикл экспериментальных исследований в ИЛЛ по развитию методов двойной дифференциальной спектрометрии УХН с высоким разрешением, в частности по изучению возможности применения этих методов для немеханической модуляции нейтронного потока.

В 2002 г. закончена работа по изучению оптики сильно поглощающих сред. Эксперимент был поставлен с помощью спектрометра УХН с интерференционными фильтрами на образцах из естественного гадолиния. Длина поглощения УХН в веществе $(\rho\sigma)^{-1}$ в этом случае оказывается порядка длины волны нейтрона. Полученная величина мнимой части длины рассеяния гадолиния $\text{Im}(b)_{\text{UCN}} = (10,6 \pm 0,6)$ фм хорошо согласуется с величиной $\text{Im}(b) = 10,4$ фм, извлеченной из сечения радиационного захвата холодных нейтронов. Эти результаты показывают, что мнимая часть длины рассеяния постоянна или, что то же самое, что сечение захвата на единичном ядре с точностью 6% подчиняется закону $1/v$ для скорости падающих нейтронов в 4–120 м/с. Кроме того, проверено, что эффективный комплексный потенциал правильно описывает взаимодействие УХН с сильно поглощающим веществом в предельном случае близости длины волны и длины ее затухания. Приведенные выше результаты было бы невозможно получить без знания величины действительной части длины рассеяния $\text{Re}(b)$ естественного гадолиния. Был проведен анализ имеющихся литературных данных и было обнаружено, что они неполны и противоречивы. На реакторе ИБР-2 были выполнены измерения величины $\text{Re}(b)$ для гадолиния. Обработка с учетом резонансного поведения этой величины дала результат $b_0 = (11,5 \pm 0,7)$ фм в представлении $\text{Re}(b) = b_0 + b(\lambda)$. Резонансный вклад $b(\lambda)$ вычислялся по формуле Брейта–Вигнера с учетом резонансов, лежащих в области до 3 эВ. Отсюда следует, что для УХН величина $\text{Re}(b)_{\text{UCN}} = (5,8 \pm 0,7)$ фм. Именно это значение и было использовано в обработке результатов опыта по пропусканию УХН через гадолиниевые пленки. Первоначальное использование табличных данных приводило к ошибочному выводу об аномальном поведении сечения захвата УХН.

Начат эксперимент по временной фокусировке УХН на спектрометре с модифицированными интерференционными фильтрами с использованием специально созданной дифракционной решетки с изменяющимся в зависимости от азимутального угла периодом. Эффект фокусировки был зарегистрирован, однако эффективность фокусировки оказалась меньше расчетной. Причины этого расхождения выясняются.

Проводились работы по изучению возможности применения метода динамического выстраивания ядер (ДВЯ) для исследования эффектов T -неинвариантности в нейтрон-ядерном взаимодействии с использованием P -четной T -нечетной пятерной корреляции. Совместно с ИОНХ методом ЯКР проведены исследования на монокристалле ниобата лютеция с парамагнитной примесью трехвалентного хрома. Найдены три резонансные линии, соответствующие переходам между уровнями со спинами $7/2$, $5/2$, $3/2$ и $1/2$. Частоты переходов незначительно отличаются от ранее полученных на керамическом образце. Определено взаимное расположение направления градиента электрического поля и главной оси C кристалла. Проводилось совершенствование Q -метра для измерения величины выстраивания. Подготовлен вариант СВЧ-системы для ДВЯ.

В рамках сотрудничества ЛНФ ОИЯИ — PAL (Pohang Accelerator Laboratory) POSTECH (г. Пхохан, Республика Корея) проведены измерения полных нейтронных сечений Ag, Sm, Dy (естественные смеси изотопов) на нейтронном пучке PAL. Для Ag и Sm получены параметры нейтронных s -волновых резонансов в области 0,1–80 эВ. Данные переданы в KAERI (Korean Atomic Energy Research Institute) для последующей необходимой обработки и включения в библиотеку нейтронных сечений. Создана система колец Гельмгольца для проведения экспериментов с поляризованным ^3He на нейтронных пучках PAL и реактора HANARO (KAERI).

В рамках сотрудничества ЛНФ ОИЯИ — ФИАН по созданию установки KaTRIn по проверке временной инвариантности во взаимодействии поляризованных нейтронов и ядер проводились работы по усовершенствованию первого варианта поляризатора нейтронов на основе ^3He с оптической накачкой. Разработана программа моделирования прохождения поляризованных тепловых нейтронов через поляризованные мишени.

Продолжается обработка и анализ накопленной к настоящему времени экспериментальной информации о двухквантовых каскадах в не изученных до сих пор ядрах [14–16]. Завершен анализ таких данных для ядер ^{60}Co и ^{184}W . Для составных ядер $^{185,187}\text{W}$ и $^{191,193}\text{Os}$ из интенсивностей двухквантовых каскадов определены интервалы наиболее вероятных значений плотности уровней, возбуждаемых первичными дипольными переходами при захвате тепловых нейтронов и их радиационные силовые функции. Для изо-

топов вольфрама указанные параметры каскадного γ -распада нейтронного резонанса получены с наименьшей по сравнению с имеющимися данными статистической и систематической погрешностями.

Проведена организационная работа и консультации, посвященные реализации эксперимента по измерению амплитуды нейтрон-нейтронного рассеяния на реакторе ЯГУАР (Снежинск), поддержанного МНТЦ. Изготовлена закладная труба для создания пролетной базы под реактором ЯГУАР. Проводится интенсивное моделирование условий эксперимента.

Прикладные исследования. В 2002 г. были продолжены работы по изучению атмосферных выпадений тяжелых металлов с применением техники биомониторинга, технологий НАА и ГИС (проект РЕГАТА) на территории Центральной России (Тульской, Тверской, Ярославской областей и севера Московской области), а также в ряде европейских стран (Болгария, Словакия, Румыния, Украина, Польша,

Сербия, Босния). Результаты этих исследований направлены в «Европейский атлас», издающийся под эгидой ООН. Аналогичные работы ведутся с Южной Кореей, Китаем, Македонией и Турцией. В ноябре 2002 г. завершен проект МАГАТЭ по Южному Уралу, цель которого состояла в оценке загрязнения Челябинской области тяжелыми металлами и радионуклидами.

Изучался примесный состав искусственно выращенных алмазов, изготовленных в Институте физики твердого тела и полупроводников НАН Белоруссии (Минск).

Продолжены совместные работы с группой биофизиков Института физики АН Грузии по разработке новых медицинских препаратов на основе сине-зеленой водоросли *Spirulina platensis*. Изучены особенности взаимодействия микроводоросли с Cr(III) и Cr(VI), а также комбинированного воздействия хрома и селена на спиролину.

НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Импульсный реактор ИБР-2. В 2002 г. ИБР-2 работал в соответствии с утвержденным графиком. На физический эксперимент отработано 2000 ч в 8 циклах.

Работы по модернизации ИБР-2 продолжались по следующим направлениям:

- изготовление подвижного отражателя: проводилась контрольная сборка изготовленных узлов: тележка — платформа — технологическая рама — сборная защита, рабочая сборка редуктора;
- изготовление новой топливной загрузки: изготавливались таблетки из PuO_2 на ПО «Маяк», комплектующие детали для ТВС, завершен рабочий проект нового корпуса реактора ИБР-2М;
- система управления и защиты: в ЛНФ создан полномасштабный стенд для исследования аварийной защиты, начаты исследования;
- гелиевая установка: завершен технический проект специальной гелиевой установки для

криогенного замедлителя, продолжалось рабочее проектирование.

Проект ИРЕН. В основном завершены утверждаемая часть рабочего проекта ИРЕН (ГСПИ), рабочая документация размножающей мишени (НИКИЭТ) и технический проект системы управления и контроля установки ИРЕН.

Выполнен большой объем конструкторских работ по основным компонентам электронного линака ЛУЭ-200, начато и частично завершено изготовление ряда узлов ЛУЭ-200 в ОП ОИЯИ, ЛФЧ, ЛВЭ и на других предприятиях России.

Спроектирована (ЛНФ) и изготовлена большая часть оборудования, необходимого для начала монтажа реактора ИБР-30, в основном завершено строительство здания 117/6, предназначенного для хранения активированных элементов реактора.

Ввиду задержки и недостаточности финансирования работ по проекту средний сдвиг выполнения плана работ 2002 г. составил около двух кварталов.

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2 И КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В 2002 г. работы по теме 1012 велись в соответствии с проектами ЛНФ: ИВК, ФСД, ЮМО, «Текстура», СПН, а также проектами ВМВФ–ОИЯИ: «Детекторы» и ECS.

Основные направления работ:

1. Развитие информационно-вычислительной инфраструктуры;
2. Создание систем сбора данных и управления спектрометрами;
3. Развитие комплекса спектрометров ИБР-2:

- автоматизация спектрометров и развитие систем окружения образца;
- создание нейтронных детекторов;
- текущая эксплуатация спектрометров.

Локальная сеть и инфраструктура. В локальной вычислительной сети ЛНФ был установлен и введен в эксплуатацию маршрутизатор информационных потоков CISCO 8510. Для прямого подключения серверов SUN-кластера через скрученные пары в 2002 г. приобретен 8-портовый интерфейс CISCO C85FE-8-16K. В зданиях 117 и 44 установлены быстродействующие коммутаторы Catalist 29XX (CISCO), и выполнены работы по их подключению к центральному сегменту сети через оптические линии связи. В лаборатории заменены все сетевые принтеры, выработавшие свой ресурс. Проведена логическая переконфигурация ЛВС, и осуществлен переход на новые версии сетевого программного обеспечения.

Выполнение первого этапа указанных работ по модернизации ЛВС позволило [17]:

- увеличить реальную пропускную способность сети на 50–60 % без изменения физических интерфейсов;
- обеспечить механизм контроля, анализа и фильтрации сетевого трафика;
- расширить адресное пространство (в настоящее время до 4000 IP-адресов);
- организовать виртуальные подсети для групп пользователей (или спектрометров) независимо от их географического расположения (в 2002 г. созданы четыре подсети: НЭОФЯ, НЭОНИКС, НЭОКС и здание ИБР-2);
- обеспечить гарантированную полосу пропускания для наиболее важных сетевых приложений (например, для конкретных спектрометров).

Развитие комплекса спектрометров ИБР-2. Проведены работы по модернизации детекторной электроники и оптимизации характеристик систем сбора данных VME на спектрометрах ИБР-2 (ДН-12, ЮМО, ДН-2, «Эпсилон»).

Совместно с НМИ (Берлин) разработана и изготовлена новая версия унифицированного блока TDC/DSP DAQ, предназначенного для сбора и накопления данных с позиционно-чувствительных детекторов со считыванием информации с линий задержки. В блоке определяются координаты события X/Y (по сигналам с обоих концов линий задержки) и время пролета нейтрона от старта реактора до момента регистрации; для методических целей измеряется также амплитуда сигналов. Предусмотрены два основных режима работы: гистограммный (он-лайн сортировка данных и построение спектров) и «списочный» (накопление «сырых» данных с последующей off-line обработкой). Можно также одновременно накапливать гистограммы (для целей контроля эксперимента) и записывать «сырые» данные. Блок

TDC/DSP имеет PCI-интерфейс и монтируется непосредственно в корпусе PC. В настоящее время ведется наладка электроники и микропрограмм (DSP) блока.

Для указанного блока разработана архитектура и выполнена отладка прототипа программного драйвера, обеспечивающего взаимодействие между программными модулями нижнего (DSP) и последующих (PC) уровней для нескольких вариантов базовых программных пакетов: C++, PV-WAVE, ROOT.

Выполнены разработки новых низкошумящих предусилителей для MWPC и точечных детекторов, а также read-out электроники для сцинтилляционных детекторов ASTRA. Отлажены 4 мультипроцессорных блока RTOF-анализаторов (16 каналов) [18].

Завершена разработка унифицированного программного обеспечения фурье-дифрактометра, и проводится его тестирование на ФСД.

Разработана концепция нового поколения программного обеспечения систем сбора данных и управления спектрометрами, базирующаяся на применении VME-PCI-адаптеров [19]. Разработаны интерфейсные программы, и проводится их опытная эксплуатация на спектрометре НЕРА-ПР.

Для спектрометра СПН разработаны программы юстировки и управления источниками тока. Программа Open G2 дополнена новыми возможностями для обработки данных с ЮМО и СПН.

В течение года проводились работы по совершенствованию и эксплуатационной поддержке программного обеспечения систем сбора данных на всех спектрометрах ИБР-2.

На спектрометре ЮМО введена в эксплуатацию система из двух кольцевых сменных коллиматоров на базе шаговых двигателей под управлением программы эксперимента.

Выполнены работы по модернизации систем управления прерывателями на базе микроконтроллеров для спектрометров ЮМО, ФДВР, «Рефлекс» (прерыватель и монохроматор) и СПН (два прерывателя).

Разработан криостат замкнутого цикла КГУ801, достигающий температуры 4,2 К. Криостат КГУ801 на базе двухступенчатого криогенератора RGD1245 позволяет получить температуру термостатирования образца около 4,2 К с помощью дроссельной ступени.

Создана камера высокого давления типа «тороид» для проведения нейтронографических исследований структуры и динамики решетки конденсированных сред. Объем исследуемого образца 60–100 мм³. Проведены градуировки камеры с использованием мanganинового датчика давления и по известным уравнениям состояния реперных веществ. Максимальное давление в камере достигало 10 ГПа, что является рекордным показателем при исследовании динамики решетки.

В 2002 г. проводились исследования и разработки различных типов нейтронных детекторов для спектрометров реактора ИБР-2.

- Для дифрактометра ФСД изготовлено, испытано и передано в эксплуатацию 8 рабочих элементов широкоапертурного $\pm 90^\circ$ сцинтилляционного (ZnS) детектора с временной фокусировкой ASTRA. Испытания продемонстрировали высокое качество изготовления и полное соответствие параметров детектора расчетным значениям [20]. Телесный угол каждого модуля увеличен в 2 раза по сравнению с экспериментальным образцом.
- Для модернизации детекторной системы спектрометра ДН-12 предложен метод «грубой» временной фокусировки, позволяющий создавать экономичные детекторы с большим телесным углом наблюдения для классических времяпролетных спектрометров с большой базой пролета. Метод позволяет обеспечить значительный телесный угол наблюдения с помощью экономичных детекторов небольшой площади. При этом обеспечивается высокое разрешение спектрометра.
- По контракту с ИФМ РАН (Нижний Новгород, Россия) на специальных стеклянных подложках с электронной проводимостью, выполненных из стекла Schott S8900, были изготовлены микростриповые структуры с «виртуальным катодом». Разводка стрипов и съем координаты методом деления заряда с двух концов резистивной нити сделаны такими же, как в детекторе Vidim80, разработанном и созданном в ИЛЛ. Эти структуры были протестированы и испытаны в ИЛЛ. Результаты испытаний показали высокое качество микроструктур и их пригодность для использования в нейтронных детекторах. В настоящее время две стеклянные подложки с микростриповыми структурами, изготовленные в ИФМ, находятся в ИЛЛ и будут использованы в рабочих детекторах для проверки их долговременных характеристик. Одна подложка установлена в изготовленный в ЛНФ корпус и подготовлена к тестовым испытаниям.
- В коллаборации с EMBL и ЛЯП ОИЯИ начато изготовление стенда для создания пропорциональных многопроволочных нейтронных детекторов. Приобретено оборудование для контроля шага намотки проволоки. Укомплектован электроникой стенд для испытания MWPC-детекторов со считыванием информации с линий задержки.
- Разработан, изготовлен и испытан прототип многопроволочного детектора среднего разрешения с индивидуальным съемом сигнала с каждой нити (рабочая площадь прототипа детектора 8×8 см).

В 2002 г. обеспечена подготовка и обслуживание оборудования спектрометров для проведения экспериментов в 8 циклах работы реактора ИБР-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Balagurov A. M. et al. // Phys. Rev. B. 2001. V. 64. P. 024420-1-10.
2. Balagurov A. M. et al. // Appl. Phys. A: Materials Science & Processing. 2002. V. 75.
3. Pomjakushin V. Yu. et al. // Phys. Rev. B. 2002. V. 64. P. 184412-1-13.
4. Kozlenko D. P. et al. // High Pressure Research (in press).
5. Kozlenko D. P. et al. // J. Phys: Condensed Matter (submitted).
6. Авдеев М. В. и др. Исследование коллоидных растворов фуллеренов в воде методом малоуглового рассеяния нейтронов // Прогр. и тез. докл. XVII совещ. по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния (РНИКС-2002), Гатчина, ПИЯФ, 14–19 окт. 2002 г. Гатчина, 2002. С. 164.
7. Тропин Т. В. и др. Исследование кластерного состояния фуллеренов в сероуглероде методом малоуглового рассеяния нейтронов // Там же. С. 172.
8. Budkevich T. et al. // Biochemistry (in press).
9. Lauter-Pasyuk V. et al. // Appl. Phys. A: Materials Science & Processing (in press).
10. Корнеев Д. А., Боднарчук В. И., Ярадайкин С. П. Обнаружение поверхностных фононов и магнов в тонкопленочных структурах. Состояние и перспективы // Прогр. и аннот. докл. II совещ. по исследованиям на реакторе ИБР-2, Дубна, 17–19 июня 2002 г. Дубна, 2002. С. 127.
11. Natkaniec I., Holderna-Natkaniec K. Structural Phase Transitions and Dynamics of Solid Mesitylene Investigated by Diffraction and Inelastic Neutron Scattering Methods // Proc. of ACoM6 Meeting. ESS-FZ. Juelich, 2002 (in press).
12. Иванкина Т. И. и др. // Физика Земли (направлено в печать).
13. Andrzejewski J. et al. How to Explain Parity Violation Effect in Lead? // Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics: X Intern. Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, May 22–25, 2002. Dubna, 2003. P. 19.
14. Суховой А. М., Хитров В. А. // Изв. РАН, сер. физ. 2002. Т. 66, № 5. С. 669–673.
15. Васильева Э. В., Суховой А. М., Хитров В. А. // Там же. С. 674–679.

16. *Васильева Э.В., Суховой А.М., Хумров В.А.* // Там же. С. 680–684.
17. *Astakhov Yu., Prikhodko V., Sukhomlinov G.* Development of the Information and Computing Infrastructure of the IBR-2 Complex // 2nd Workshop on Investigations at the IBR-2 Reactor. Dubna, June 17–19, 2002. Dubna, 2002. P. 133.
18. *Bogdzal A. et al.* // Ibid. P. 137.
19. *Kirilov A.S.* Current State of the Sonix — the IBR-2 Instrument Control Software and Plans for Future Developments // NOBUGS Workshop, Gaithersburg, USA, Nov. 4–6, 2002; <http://arXiv.org/abs/cs.HC/0210014>.
20. *Kuzmin E. et al.* // J. Neutr. Research. 2002. V. 10 (1). P. 31–41.

ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Основные задачи Лаборатории информационных технологий в 2002 г. были связаны с обеспечением надежной работы и развитием сетевых телекоммуникаций ОИЯИ, а также с программной и компьютерной поддержкой научных исследований института в рамках направления «Сети, компьютеринг, вычислительная физика».

Научная программа ЛИТ в 2002 г. определялась тремя темами первого приоритета Проблемно-тематического плана научных исследований и международного сотрудничества ОИЯИ. Сотрудники лаборатории участвовали также в исследованиях по 12 другим темам на уровне проектов и по 14 темам в рамках сотрудничества.

В 2002 г. ЛИТ выступила организатором 5-го Международного конгресса по математическому моделированию, 4-й Всероссийской конференции по электронным библиотекам (RCDL-2002), международного рабочего совещания «Quantum Physics and Communication», 9-й международной конференции «Математика, компьютер, образование».

В 2002 г. сотрудниками Лаборатории информационных технологий защищены 4 докторские и 3 кандидатские диссертации.

Цикл работ «Статистическая модель информационного трафика» удостоен второй премии в конкурсе научных работ ОИЯИ за 2002 г.

ВНЕШНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ КАНАЛЫ

В 2002 г. надежно функционировал внешний канал компьютерной связи, обеспечивающий полосу

пропускания 30 Мбит/с в российские сети и гарантированную полосу 10 Мбит/с в международные

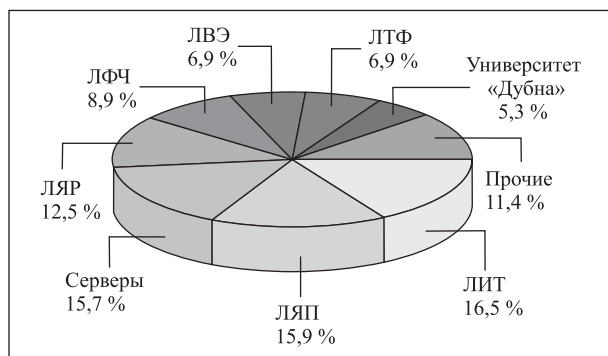


Рис. 1. Распределение входящего трафика по подразделениям ОИЯИ (> 5%)

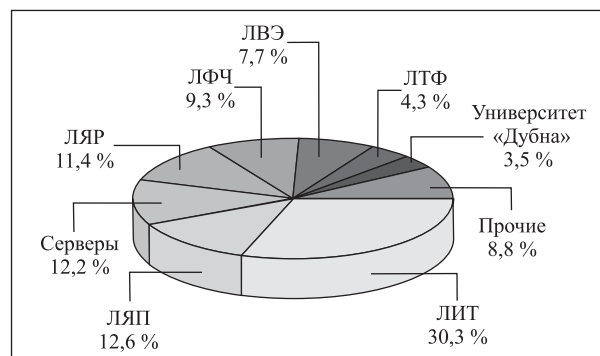


Рис. 2. Распределение исходящего трафика по подразделениям ОИЯИ (> 3%)

компьютерные сети через сеть RВNET по каналам TELIA и STARTAP. За 2002 г. входящий трафик составил 9,72 Тбайт (в 2001 г. — 4,14 Тбайт) (рис. 1), исходящий — 1,9 Тбайт (рис. 2).

Дальнейшее развитие внешних коммуникаций ОИЯИ связано с реализацией межведомственной программы «Создание национальной научной компьютерной сети нового поколения на 2002–2006 гг.»

и российского GRID-сегмента. Реализован первый проект в рамках создания корпоративной компьютерной сети ОИЯИ — совместно с ГПКС «Дубна» проведен монтаж и наладка сети пансионата «Дубна» в г. Алуште. Во время трех международных совещаний была обеспечена компьютерная связь для участников, созданы условия для проведения телеконференций.

ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ ОИЯИ

В 2002 г. была обеспечена стабильная работа локальной вычислительной сети (ЛВС) ОИЯИ на технологии Fast Ethernet (рис. 3). В настоящее время к ЛВС ОИЯИ подключено 4053 элемента

(в 2001 г. — 3451). Среди них 113 серверов общего и специального назначения. К модемному пулу ОИЯИ подключен 821 домашний компьютер.

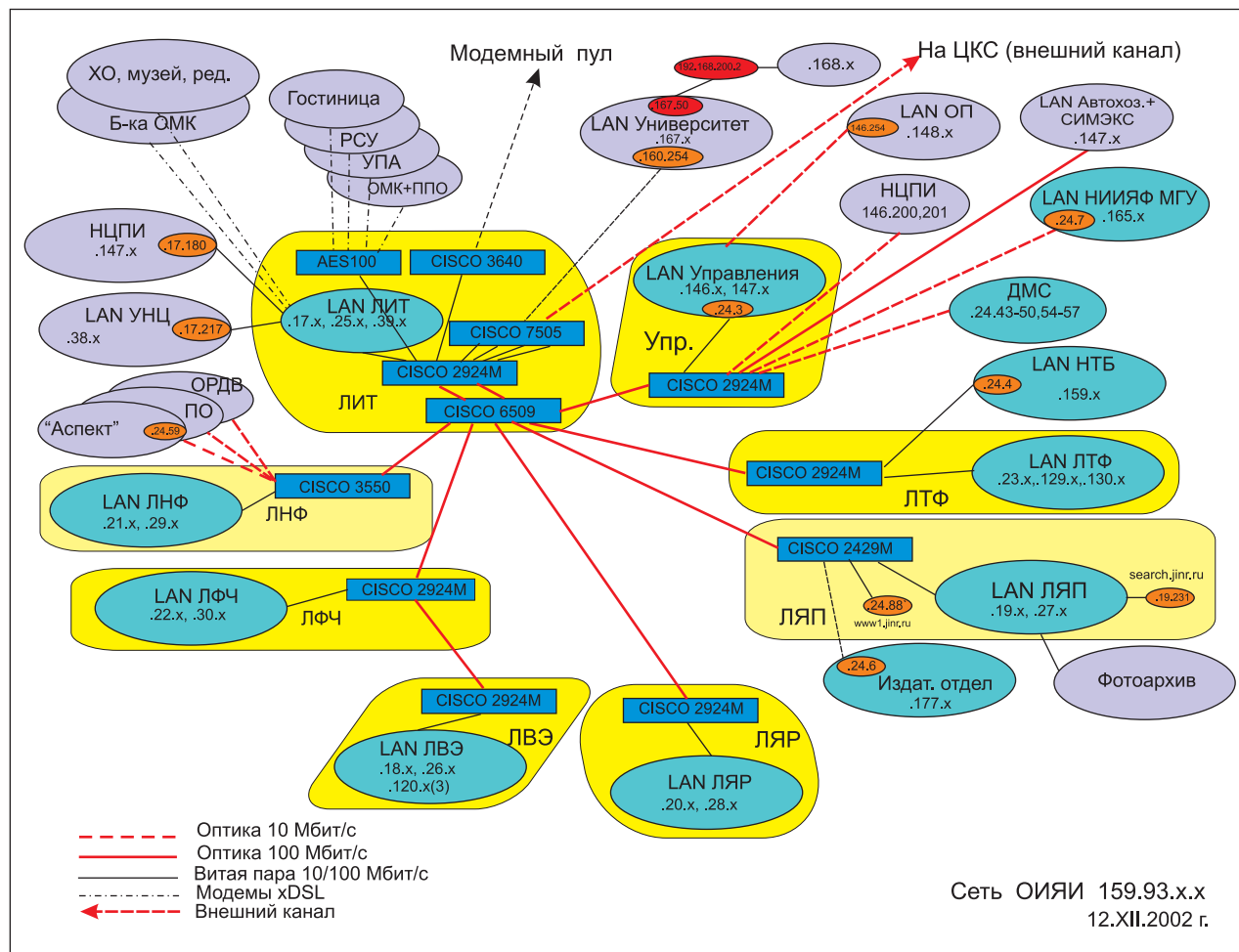


Рис. 3. Схема локальной сети ОИЯИ

Распределенные информационные системы, центральный вычислительный комплекс ОИЯИ

Продолжено развитие центрального вычислительного комплекса (ЦВК) ОИЯИ на базе кластеров и компьютерных ферм общего и специального назначения. В ЦВК ОИЯИ создан распределенный ПК/Linux-кластер. Кластер состоит из четырех отдельных взаимосвязанных компонент различной аппаратной структуры и функционального назначения. Он включает в себя интерактивную ферму из четырех 2-процессорных ПК Pentium III 1 ГГц, 512 Мбайт RAM, на которой установлены как основное математическое обеспечение, так и специализированное, необходимое для проведения расчетов по тематике отдельных физических экспериментов. В состав кластера входят также 3 специализированные вычислительные фермы: ферма общего назначения, ферма РИВК LHC (большой адронный коллайдер) и ферма параллельных вычислений. Вычислительная ферма общего назначения состоит из восьми 2-процессорных ПК Pentium III 500 МГц, 512 Мбайт RAM; ферма LHC — из шестнадцати 2-процессорных ПК Pentium III 1 ГГц, 512 Мбайт RAM; ферма параллельных вычислений — из восьми 2-процессорных ПК Pentium III 1 ГГц, 512 Мбайт RAM, соединенных коммуникационной средой Myrinet-2000. Кроме того, в состав базового кластера входит ряд специализированных серверов. Достигнутая суммарная производительность кла-

стера общего назначения составляет около 2500 SpecInt95.

Распределенная файловая система AFS обеспечивает прозрачный и защищенный доступ к общему дисковому пространству для хранения информации как для пользователей ЛВС ОИЯИ, так и для участников международных коллабораций и проектов ОИЯИ. Общий объем дискового пространства ЦВК ОИЯИ — 6 Тбайт. Для длительного хранения больших объемов информации и системы резервного копирования используется автоматизированная ленточная библиотека емкостью 15 Тбайт (рис. 4).

В 2002 г. активно велись работы по созданию GRID-сегмента ОИЯИ и включению его в общую GRID-структуру. Начато создание системы глобального мониторинга ресурсов первой крупномасштабной виртуальной организации GRID-LHC в составе локальных сегментов нескольких институтов (НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, РНЦ «Курчатовский институт», ИПМ РАН), а также развитие средств локального мониторинга в соответствии с требованиями архитектуры DataGrid. Система работает в тестовом режиме, осуществляется экспериментальное применение ее для моделирования и анализа модельных данных для экспериментов CMS, ALICE, ATLAS. Получены первые результаты по работе системы управления иерархической массовой памятью в виртуальных организациях GRID-LHC с оптимальным использованием средств «backup», фрагментации и тиражирования данных.

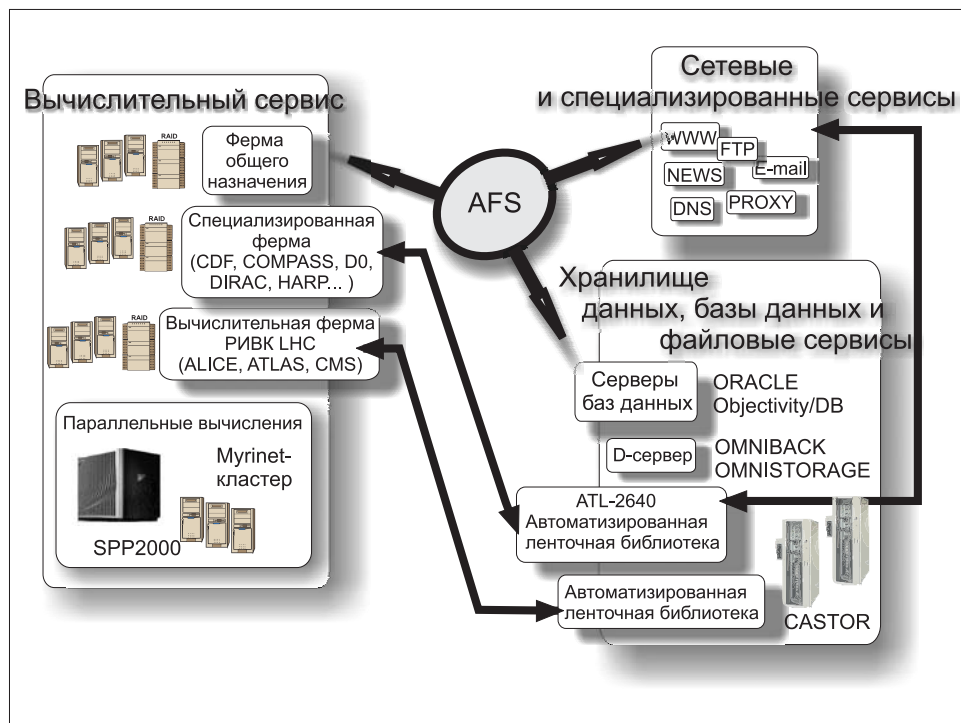


Рис. 4. Сервисы центрального вычислительного комплекса ОИЯИ

В 2002 г. продолжены сеансы массовой генерации событий для эксперимента CMS. На специализированной ферме в ЦВК ОИЯИ было сгенерировано более 110 000 физических событий с возможным образованием электронов, фотонов и адронных струй. Объем сгенерированных данных составил 25 % от общего количества событий, сгенерированных российскими участниками сеансов моделирования (НИИЯФ МГУ, ИТЭФ, ИФВЭ, Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ). Участниками осеннего сеанса массового моделирования событий для CMS были также ЦЕРН, итальянские и французские физические центры, распределенный GRID-центр CMS в США.

Выполнен ряд работ для реализации проектов LHCb, DIRAC и DUBTO, в том числе:

- разработаны Java-модули и программы системы моделирования для триггера первого уровня установки для проекта LHCb;
- сдана в эксплуатацию новая версия программы моделирования GEANT-DIRAC V2.61 для проекта DIRAC;
- на основе пакета GEANT разработана программа для моделирования различных каналов процесса $\pi^+ ^4\text{He}$ в экспериментальной установке DUBTO.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В 2002 г. разрабатывались методы моделирования и создавались программы обработки экспериментальных данных, основанные на использовании новых методов фильтрации, сжатия и визуализации информации, а также распознавания образов [1].

Предложен эффективный алгоритм отбора полезных событий на основе прямой нейронной сети; представлены результаты применения метода как к модельным, так и к реальным данным для эксперимента DUBTO [2].

Завершен цикл работ по разработке статистической модели информационного трафика на основе детального исследования его основных характеристик. Впервые проведен детальный анализ измерений информационного трафика. Показано, что агрегирование измерений трафика (рис. 5) формирует, начиная с некоторого граничного окна агрегации, стабильное статистическое распределение, которое аппроксимируется логнормальным распределением (рис. 6). Логнормальное распределение измерений

Продолжены сопровождение и поддержка информационных WWW-серверов ОИЯИ и ЛИТ (<http://www.jinr.ru>, <http://lit.jinr.ru>). Выполнены необходимые работы по программному обеспечению и централизованной поддержке баз данных научного и административно-хозяйственного профиля ОИЯИ. Обеспечено сопровождение библиотек программ общего и специализированного назначения на компьютерных платформах ОИЯИ. Расширено наполнение и возможности использования библиотеки JINRLIB, формируемой на базе программ, созданных или адаптированных сотрудниками института. Библиотека протестирована на платформах SPP, Convex, Windows 9x/NT/2000/, подготовлены версии для компьютерных платформ Linux и FSF (GNU), что важно в связи с переходом на использование Linux-кластеров в компьютерном центре общего пользования в ОИЯИ. В 2002 г. состав библиотеки пополнен двадцатью новыми программами, отражающими широкий спектр научных задач ОИЯИ. Для JINRLIB подготовлена веб-страница, обеспечивающая электронный доступ к описаниям программ и правилам их использования при вызовах трансляторов. Современное состояние библиотек программ ОИЯИ отражено на странице <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/sss.htm>.

трафика и их мультипликативный характер (рис. 7) подтверждают применимость схемы, разработанной А. Колмогоровым, для однородной фрагментации частиц, а также для сетевого трафика. Развита модель обеспечивает базу для разработки новых эффективных средств для оптимального управления трафиком в компьютерных сетях, увеличения потоков и уменьшения потерь информации, а также предоставляет новые возможности для управления информационным трафиком и защиты компьютерных сетей от несанкционированных вторжений [3].

Разработаны алгоритмы и программа для анализа угловых распределений вторичных частиц с помощью вейвлет-преобразования (WASP), для фильтрации данных с помощью лифтинг-схемы (WALF) и для фитирования экспериментальных данных (FITTER) [4].

Один из результатов, полученных в 2002 г., связан с созданием распределенной системы CHARM для обработки и хранения данных в области фи-

зики частиц. Программно-аппаратный комплекс на базе локального Linux-кластера RISK-2002, компьютерной фермы ЛФЧ и центральной массовой роботизированной памяти используется для обработки модельных и экспериментальных данных установки ЭКСЧАРМ [5].

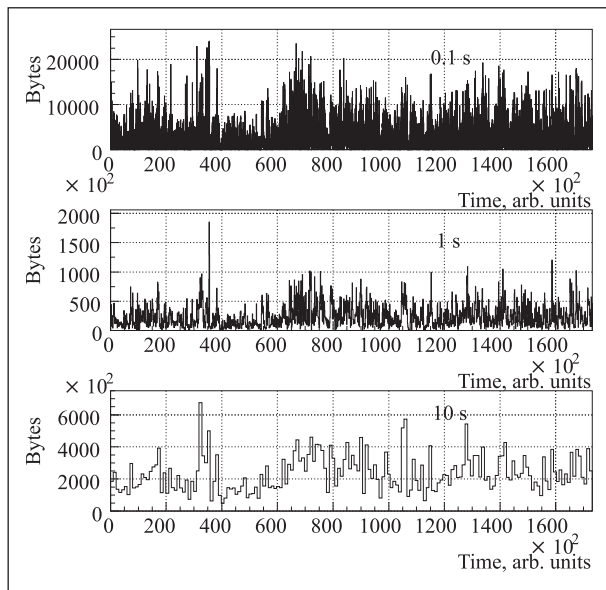


Рис. 5. Измерение трафика с различным агрегированием: 0,1, 1 и 10 с

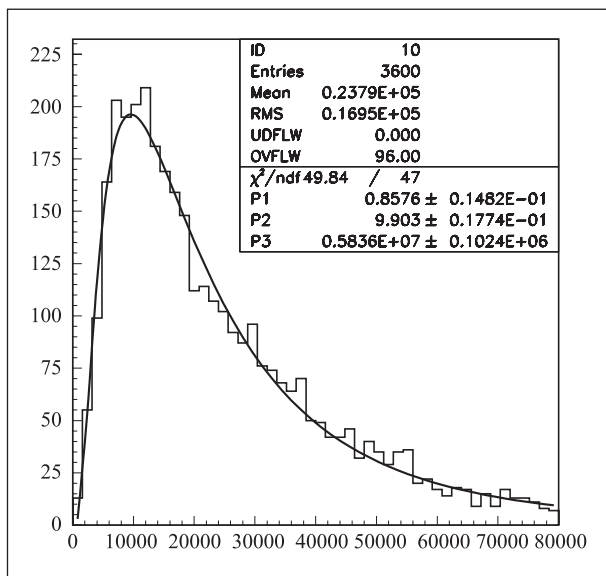


Рис. 6. Распределение размеров пакетов для измерений дневного трафика с окном агрегирования 1 с: фитирующая кривая отвечает логнормальной функции

Развит математический аппарат расчетов вероятности образования составного ядра при взаимодействии ядер в реакциях с тяжелыми ионами в рамках

модели двойной ядерной системы, созданной в ЛЯР и развиваемой в ЛТФ [6].

Разработаны аналитические и численные методы моделирования электродинамики активной парамагнитной нейтронной звезды. Получены результаты аналитического и численного исследования периодов нерадиальных торсионных мод пульсаций нейтронных звезд [7]. Разработанная модель используется для интерпретации данных о пульсарах и магнетарах.

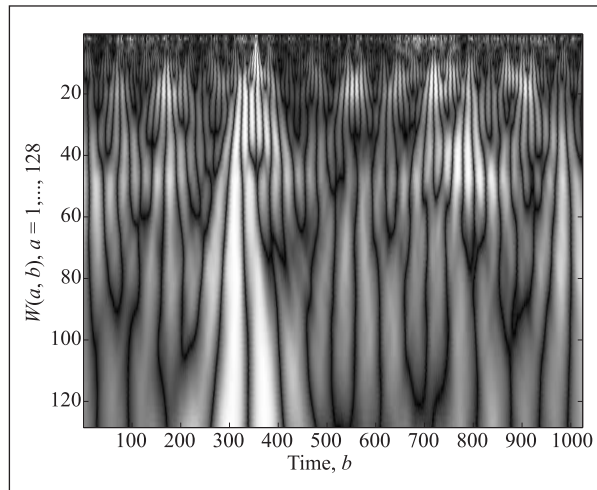


Рис. 7. Диаграмма величин коэффициентов непрерывного вейвлет-преобразования для измерений трафика с окном агрегирования 1 с

Продолжены работы по развитию алгоритмов и программ для численного исследования релятивистских столкновений тяжелых ионов. Рассмотрена комбинация модели квантовой молекулярной динамики и испарительной модели девозбуждения ядер, которая хорошо воспроизводит спектры вторичных протонов и нейтронов до энергий налетающих частиц ~ 300 МэВ [8]. Выполнены работы [9] по исследованию цветовой прозрачности, свойств экзотических ядер, процессов фрагментации и мультифрагментации в столкновениях адронов и ядер с ядрами.

Построен и теоретически обоснован метод аппроксимации высокого порядка точности для линейных эволюционных операторов в гильбертовом пространстве. Метод основан на дискретизации временной переменной исходного уравнения с помощью разложения Магнуса эволюционного оператора и последующей аппроксимации этого разложения рациональными функциями устойчивости [10].

Построены и реализованы на языке фортран вариационно-итерационные алгоритмы для решения с заданной точностью задач на связанные состояния и рассеяния в системах трех квантовых частиц с точечными или кулоновскими парными взаимодействиями в адиабатическом представлении. Выполнены численный анализ и тестирование разработанных ал-

горитмов на моделях трех квантовых частиц с точечными взаимодействиями для исследования реакций захвата с ионизацией при сверхмалых углах рассеяния [11].

Представлен вывод и анализ релятивистских теоретико-полевых уравнений для реакций фотон-протонного рассеяния [12]. Численные решения этих уравнений сравнивались с новыми экспериментальными данными для реакций $\gamma + \Delta \rightarrow \pi + p + \gamma$ конечными состояниями. Рассмотрено обобщение для обратной задачи рассеяния.

Техника операторов сплетения применяется к дискретным уравнениям, она позволяет генерировать новые семейства точно решаемых матриц Якоби. Показано, что полученные матрицы Якоби приводят к новым точно решаемым нелокальным потенциалам уравнения Шредингера [13]. Получены дискретные алгебраические преобразования Дарбу и процедура факторизации для системы связанных уравнений Шредингера, позволяющие генерировать серии потенциальных матриц с заданными спектральными характеристиками, для которых система дискретных уравнений Шредингера имеет точные решения [14].

Разработана программа [15] численного решения системы уравнений в частных производных, описывающая релаксацию энергии в окрестности траектории иона, движущегося в веществе, а также в области импульсного энерговыделения, обусловленного торможением пучков ионов в веществе. Построена математическая модель формирования радиационных повреждений в ряде радиационно стойких изоляторов.

Предложен новый метод вычисления потенциала от обмотки при расчете трехмерных нелинейных магнитных полей, который не накапливает ошибку. Разработанная методика [16] основана на данных измерений поля для эксперимента ЭКСЧАРМ.

Рассмотрены вопросы применимости техники инволютивных базисов к оптимизационным задачам целочисленного программирования. Путем компьютерных экспериментов установлены ограничения и намечены пути модификации инволютивного подхода, направленные на преодоление выявленных ограничений [17].

С помощью разработанных оригинальных алгоритмов и программ исследована механическая мо-

дель для $SU(2)$ калибровочной теории. Показано, что в отличие от мгновенной формы механической модели подобного рода форма на световом конусе обладает не только связями первого рода, но и связями второго рода [18].

Предложен новый, эффективный алгоритм вычисления когомологий, основанный на расщеплении больших коцепных комплексов на минимально возможные подкомплексы [19].

Процедуры квазиклассического квантования нормальных форм, основанные на алгебраической теории возмущений, реализованы на языке Reduce в программе QUANTGIT, которая представляет собой центральную часть комплекса программ, ориентированных на моделирование динамических и атомных систем во внешних полях [20].

Проведено [21] монте-карловское моделирование электроядерных систем, состоящих из двух «каскадных» подкритических зон — жидкометаллического реактора на быстрых нейтронах, используемого в качестве бустера, и теплового реактора, в котором выделяется основная часть энергии. Рассмотрены реакторы типа ВВЭР-1000, MSBR-1000 и CANDU-6. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что наиболее эффективными с точки зрения обеспечения высоких выходных характеристик и безопасных режимов функционирования являются двухреакторные системы с бустером на обогащенном уране и жидкокадмиевым вентилем.

Актуальной проблемой трансмутации ядерных отходов, обсуждению различных подходов и методов уничтожения изотопов, которые по условиям высокой радиоактивности, миграции в биосфере и уровню воздействия требуют обязательной трансмутации, посвящен обзор [22].

В обзоре [23] описано современное состояние исследований в области компьютерного моделирования физических и биологических систем методами молекулярной динамики (МД). Рассмотрены особенности компьютерного моделирования молекулярных и атомных систем на базе параллельных и векторных вычислений. На основе применения методов МД-моделирования проведены расчеты динамики конденсированных систем (кластеров, жидкостей и т. п.) и явлений нуклеации на молекулярном уровне.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В соответствии с соглашением о сотрудничестве ОИЯИ и исследовательского центра FZR (Росендорф, Германия) выполнен ряд исследований, главное направление которых — выбор, анализ и про-

бование новых технологий для использования их при создании информационных распределенных систем, в частности, для организации доступа к реляционным базам данных [24].

Совместно с ЦЕРН велись работы по развитию средств мониторинга для вычислительных кластеров с очень большим количеством узлов (10000 и более), используемых в создаваемой инфраструктуре EU DataGrid. В рамках проекта «Мониторинг и устойчивость при сбоях» («Monitoring and Fault Tolerance») создается система корреляции событий (Correlation Engine). Задача этой системы — своевременное обнаружение аномальных состояний на узлах кластера и принятие мер по предупреждению сбоев. С помощью созданного прототипа системы ведется сбор статистики аномальных состояний узлов на базе вычислительных кластеров ЦЕРН. Прототип системы установлен на вычислительных кластерах в ЦЕРН и ОИЯИ, где производится сбор статистики.

В сотрудничестве с ЦЕРН и Брукхейвенской национальной лабораторией продолжены работы по:

- развитию объектно-ориентированной программной среды (framework ROOT) для решения широкого класса научных задач с использованием рабочих станций и персональных ЭВМ (<http://root.cern.ch>) [25];
- разработке, развитию и реализации информационной модели процессов сбора, реконструкции и физического анализа данных для больших экспериментов;

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2002 г. было продолжено сотрудничество с Сольвеевским международным институтом физики и химии (Брюссель, Бельгия) в области прикладных исследований, в том числе:

- Проведены исследования по проблемам экономической физики. Развита новая методика к эффективному распределению ресурсов, и предложена модификация дискретной модели Cox–Ross–Rubenstein, учитывающая изменение цен опционов в зависимости от величины процентной ставки [28].
- На основе эластичных нейронных сетей разработаны новые алгоритмы решения задачи странствующего коммивояжера для набора городов с известными оптимальными маршрутами [29].
- Предложен простой и эффективный метод для нахождения начального приближения эпицентра землетрясений на основе применения эластичной нейронной сети [30].
- Получено обобщение алгоритма фильтрации ОКТ-изображений, разработанного ранее для фильтрации группы ОКТ-изображений, измеренных с одного и того же участка кожи [31].

- внедрению (совместно с ЛВЭ) современных объектно-ориентированных технологий для эксперимента STAR.

В рамках совместного DFG–GSI–ОИЯИ проекта «Неравновесная сильно взаимодействующая плотная материя, образованная в ядро-ядерных столкновениях» продолжены работы по созданию программного обеспечения для численного исследования столкновений тяжелых ионов в рамках гидродинамической модели для различных типов уравнений состояния ядерного вещества. При помощи разработанного программного обеспечения совместно с физиками ЛТФ ОИЯИ и РИЦ «Курчатовский институт» исследованы возможные проявления квантово-хромодинамического (КХД) фазового перехода деконфайнмента в столкновении тяжелых ионов [26].

В рамках соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и Кейптаунским университетом проведено исследование нелинейного уравнения Шредингера с дефокусирующей нелинейностью, локализованными решениями которого являются «темные» солитоны (доменные стенки) [27].

В 2002 г. продолжалось сотрудничество с Сольвеевским международным институтом физики и химии (Брюссель). Выполнен цикл работ, посвященный исследованиям информационного трафика [3].

Совместно с сотрудниками Технического университета (Кошице, Словацкая Республика) и отдела вычислительной и статистической физики Академии Синика (Тайвань) продолжаются исследования по математическому моделированию протеинов [32]:

- разработан эффективный аналитический алгоритм вычисления объемов и доступной поверхности молекулы протеина в растворителе;
- разработаны эффективные многосеточные алгоритмы численного решения краевой задачи для нелинейного уравнения Больцмана–Пуассона, описывающего электростатический потенциал взаимодействия атомов молекулы протеина с растворителем.

Программа, реализующая вышеприведенные алгоритмы, написана на языке фортран и поставлена на Linux-кластерах. Параллельная версия программы реализована с использованием пакета MPI.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осоков Г. А., Полянский А., Пузынин И. В.* // ЭЧАЯ. 2002. Т. 33, вып. 3. С. 676–745.
2. *Bonushkina A. Yu., Ivanov V. V., Pontecorvo G. B.* // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 2 [111]. P. 39–44.
3. *Akritas P. et al.* // Chaos, Solitons & Fractals. 2002. V. 14(4). P. 595–606;
Antoniou I., Ivanov V. V., Kalinovsky Yu. L. // Physica A. 2002. V. 308. P. 533–544;
Antoniou I. et al. // Physica D. 2002. V. 167. P. 72–85;
Antoniou I. et al. // Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. (submitted);
Antoniou I. et al. // Physica D (submitted);
Antoniou I. et al. // Physica A (submitted).
4. *Сольвьев А. Г. и др.* <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/jinrlib/xu007/Xu007.htm>;
Сольвьев А. Г. <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/jinrlib/xu008/Xu008.htm>;
Сольвьев А. Г., Стадник А. В. <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/jinrlib/xx010/Xx010.htm>
5. *Aleev A. N. et al.* // Inclusive Production of Antihyperons in nC Interactions // Eur. Phys. J. C (in press).
6. *Жидков Е. П., Лобанов Ю. Ю.* // Тр. Института математики НАНБ. 2002 (в печати).
7. *Bastrukov S. I. et al.* // J. Exp. Theor. Phys. 2002. V. 95, No. 5. P. 789–799;
Bastrukov S. I., Yang J., Podgajny D. V. // Monthly Notices of the Royal Astron. Soc. 2002. V. 330, issue 4. P. 901–906;
Bastrukov S., Yang J. // Physica Scripta. 2002. V. 65, No. 4. P. 340–344.
8. *Polanski A., Uzhinsky V. V.* // Proc. of the 6th World Multiconf. on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, USA, July 14–18, 2002. P. 79–89.
9. *Musulmanbekov G., Al-Haidary A.* // Yad. Phys. (in press); nucl-th/0206054.
10. *Селин А. В.* // ЖВМ и МФ. 2002. Т. 42, № 7. С. 937–949.
11. *Chuluunbaatar O., Puzynin I. V., Vinitsky S. I.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2. P. 37–49;
Chuluunbaatar O. et al. // J. Phys. A: Mathematical and General. 2002. V. 35. P. L513–L525;
Попов Ю. В. и др. // ЖЭТФ. 2002. Т. 122. С. 717–722;
Serov V. V. et al. // Phys. Rev. A. 2002. V. 65. P. 062708-1-7.
12. *Machavariani A. I.* // Phys. Lett. B. 2002. V. 540. P. 81.
13. *Samsonov B. F., Suzko A. A.* // Phys. Lett. A. 2002. V. 302. P. 234.
14. *Suzko A.* // Phys. Atom. Nucl. 2002. V. 65, No. 8. P. 1553.
15. *Ayrjan E. A. et al.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2, No. 1–2. P. 163–168.
16. *Zhidkov E. P., Yuldashev O. I., Yuldasheva M. B.* // J. Comp. Math. and Math. Phys. 2002. No. 12.
17. *Гердт В. П.* // Программирование. 2002. Т. 28, вып. 2. С. 62–65;
Gerdт V. P. // J. Math. Sci. 2002. V. 108(6). P. 1034–1051.
18. *Gerdт V. P., Khvedelidze A. M., Mladenov D. M.* // Comp. Algebra and Its Application to Phys. 2002. P. 83–92;
Khvedelidze A. M. et al. // Eur. Phys. J. C. 2002. V. 24. P. 137–141.
19. *Korniyak V. V.* // J. Math. Sci. 2002. V. 108(6). P. 1004–1014.
20. *Uwano Y. et al.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2. P. 271–275.
21. *Vznuni S. A. et al.* // Ibid. No. 1–2. P. 21–29;
Бзнуни С. А. и др. // АЭ. 2002. Т. 92, вып. 5. С. 344–351;
Бзнуни С. А. и др. // Там же. Т. 93 (в печати).
22. *Бзнуни С. А. и др.* // ЭЧАЯ. 2003. Т. 34, вып. 4 (в печати).
23. *Kholmurodov K. et al.* // Part. & Nucl. (in press).
24. *Галактионов В. В.* Сообщ. ОИЯИ P11-2002-63, P11-2002-82. Дубна, 2002.
25. *Fine V.* // ROOT-2002. Intern. Workshop, Geneva, 2002; ftp://root.cern.ch/root/R2002/Valerin_ROOT_Qt_Presentation.pdf.
26. *Ivanov Yu. B. et al.* // Heavy Ion Phys. 2002. V. 15. P. 117–130.
27. *Barashenkov I. V., Woodford S. R., Zemlyanaya E. V.* JINR Preprint E17-2002-158. Dubna, 2002; Phys. Rev. Lett. (submitted).
28. *Antoniou I. et al.* // Physica A. 2002. V. 304. P. 525–534;
Antoniou I., Ivanov V. V., Kryanev A. V. // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2, No. 1–2. P. 105–109.
29. *Antoniou I. et al.* // Ibid. P. 111.
30. *Antoniou I. et al.* // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2002. V. 7, No. 1. P. 1.
31. *Akishin P. G. et al.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2, No. 1–2. P. 117.
32. *Ayrjan E. A. et al.* JINR Commun. E11-2002-292. Dubna, 2002.

ОТДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Деятельность Отделения радиационных и радиобиологических исследований в 2002 г. осуществлялась в трех главных направлениях: в области радиобиологии и радиационной генетики; радиационных исследований и радиационного контроля на ядерно-физических установках института и в окружающей среде. Два первых направления развивались в соот-

ветствии с темой первого приоритета Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ. Помимо этого, в рамках темы реализуется проект МИТРА по созданию новых высокоэффективных препаратов для мишенной радиотерапии меланомы человека.

РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Завершена проверка методов расчетов интегральных и дифференциальных характеристик полей адронов вокруг сердечника подкритической сборки, управляемой пучком протонов фазотрона ЛЯП (в рамках проекта SAD) [1]. Начаты предварительные работы по прогнозированию радиационной обстановки на проектируемой установке.

Продолжены исследования выходов нейтронов из протяженных мишеней ($Z \geq 82$) при облучении протонными пучками с энергией ~ 1 ГэВ на нуклотроне [2].

Дана оценка эффективности локальных защит скреперов 1-й и 2-й секций ЛУЭ-200 установки ИРЕН. С точки зрения радиационной опасности оценены конструкционные параметры устройств для измерения ионного тока в каналах циклотрона DC-72, создаваемого для Циклотронного центра (Словакия). Выполненное сличение результатов расчета эффективной дозы нейтронов за защитой методом статистических испытаний и с помощью феноменологической модели подтвердило приемлемую точность инженерных оценок для толщины защиты до 3 м.

В рамках проводимых совместно с ЛНФ и Институтом космических исследований (Москва) работ, связанных с российской частью программы изучения поверхности Марса, выполнены расчеты чув-

ствительности детекторов исследовательского комплекса HEND в сборке, спектральных распределений альбедных нейтронов на марсианской поверхности от протонов ГКИ и от источника нейтронов ^{252}Cf при различном содержании воды в грунте.

Рассчитаны чувствительности и времена жизни нейтронов в датчиках на основе ^3He -детекторов в замедлителях для экспериментов на мощных импульсных ускорителях [3]. Специалисты ОРПИ принимали участие в обработке данных экспериментов по измерению энергетического распределения дейтронов в реакции $d + d \rightarrow ^3\text{He} + n$ в области ультранизких энергий столкновения дейтронов [4].

Выполнены расчеты параметров установки для обнаружения сложных химических веществ ядерно-физическими методами.

Обработаны результаты сличения пассивных детекторов, используемых в космической дозиметрии, проведенного на пучках ядер ^4He , ^{12}C , ^{28}Si и ^{56}Fe с энергиями 150, 400, 490 и 500 МэВ соответственно (ICSHIBAN, Япония). Продолжены исследования функций чувствительности трековых детекторов PADC и PETF на пучках ускорителей ОИЯИ.

Проведены два сеанса радиобиологических облучений на пучках нуклотрона: протонов с энергией 1 ГэВ и ядер ^{24}Mg с энергией 0,5 ГэВ/нуклон.

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Продолжены исследования эффектов малых доз облучения клеток млекопитающих ионами ^{12}C и γ -лучами. Установление формы кривой доза–эффект при действии малых доз чрезвычайно важно для прогнозирования генетического и канцерогенного риска облучения. Обычно оно осуществляется путем линейной экстраполяции эффектов высоких доз на область низких доз. В последние годы выявляются характерные особенности их действия. В экспериментах при изучении индукции хромосомных повреждений показана сложная нелинейная зависимость эффекта от дозы, свидетельствующая о непропорциональности линейной экстраполяции эффектов высоких доз на область малых доз [5, 6]. Показано, что облучение ионами ^{12}C в дозах 1,3–40 сГр вызывает снижение числа клеток с хромосомными повреждениями по сравнению с контрольным уровнем вследствие репарации значительной части спонтанных повреждений хромосом, в то время как при γ -облучении количество клеток с хромосомными абберациями нелинейно увеличивается с повышением дозы облучения. Это свидетельствует о том, что процессы индуцибельной репарации при облучении ионами ^{12}C включаются при меньших дозах и восстанавливают хромосомные повреждения более эффективно, чем при действии γ -лучей.

Исследована индукция хромосомных аббераций малыми дозами γ -излучения ^{60}Co в лимфоцитах периферической крови человека с использованием различных цитогенетических методов. Изолированные лимфоциты облучали в дозах 0,01–1,0 Гр, стимулировали фитогемагглютинином и анализировали хромосомные нарушения через 48 ч после облучения метафазным методом, через 49 ч — анафазным методом, через 58 ч — используя микроядерный тест с цитохалазином Б, кроме того, микроядра анализировали через 48 ч после облучения на препаратах метафазного метода без цитохалазина Б. Несмотря на количественные различия частоты хромосомных нарушений, выявляемой разными методами, все они отражают сложный нелинейный характер дозовой зависимости частоты абберантных клеток и хромосомных аббераций. При дозах 0,01–0,05 Гр клетки проявляют максимальную радиочувствительность. В диапазоне 0,05–0,5 Гр имеет место дозозависимый участок. При дозах 0,5–1,0 Гр зависимость доза–эффект приобретает линейный характер, при этом клетки проявляют повышенную радиорезистентность — наклон кривой уменьшается по сравнению с первоначальным в несколько раз (5–10 по различным критериям).

Полученные данные свидетельствуют о неправомочности оценки риска малых доз облучения путем линейной экстраполяции эффектов высоких доз, как

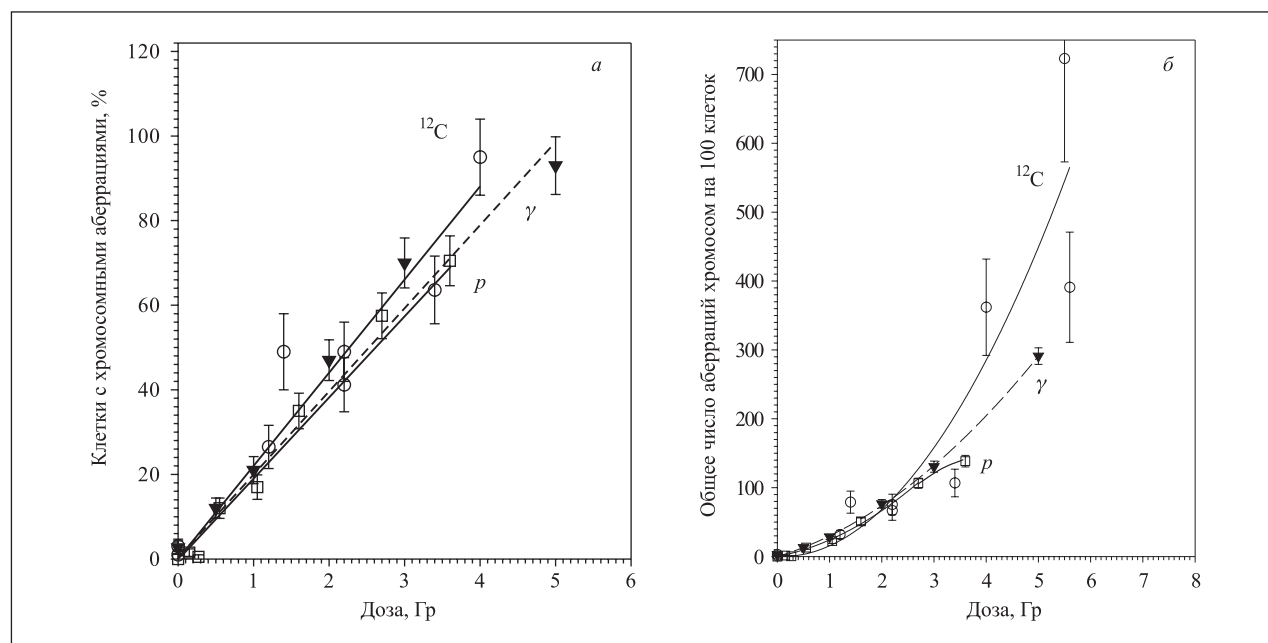
обычно делается, так как это приводит к недооценке эффективности малых доз и невозможности биодозиметрии при дозах ниже 0,5 Гр.

В GSI (Дармштадт, Германия) в сотрудничестве с отделом биофизики этого института проведены исследования хромосомных нарушений и пролиферативной активности в нормальных фибробластах кожи человека линии AG 01522В. В настоящее время фибробласты человека широко используются для оценки радиационного риска по цитогенетическим показателям. Культивируемые фибробласты человека характеризуются ограниченным числом делений, затем они дифференцируются, теряя при этом пролиферативную активность, стареют и гибнут. Показано, что этот процесс естественного старения ускоряется облучением дозо- и ЛПЭ-зависимым образом. Первым шагом этого процесса является дозозависимый р53-опосредованный арест продвижения генетически поврежденных клеток по циклу, который оценивается как механизм сохранения генетической целостности организма. Для изучения клеточного ответа нормальных фибробластов человека на излучения с разными ЛПЭ конфликтные культуры AG 01522В облучали ускоренными ионами углерода (ЛПЭ 16 и 155 кэВ/мкм), никеля (ЛПЭ 2455 кэВ/мкм) и рентгеновским излучением. Хромосомные нарушения и прогрессию клеток по циклу анализировали через каждые 4 ч в интервале от 20 до 70 ч после облучения и посева на свежую среду, так что практически все делящиеся клетки были зарегистрированы. Использовали дифференциальную окраску сестринских хроматид (Fluorescence-plus-Giemsa technique) для различения метафаз первого и последующих пострadiационных клеточных циклов. После рентгеновского облучения и облучения ионами углерода (ЛПЭ 16 кэВ/мкм) наблюдали небольшое увеличение числа аббераций и абберантных клеток в зависимости от сроков фиксации, тогда как более значительный рост этих показателей обнаруживался после облучения ускоренными ионами с высокими ЛПЭ (ионы углерода — 155 кэВ/мкм и ионы никеля — 2455 кэВ/мкм), что отражает временную задержку деления наиболее тяжело поврежденных клеток.

Все использованные виды облучения вызывали ярко выраженное дозозависимое снижение митотической активности, что свидетельствует о значительном, вероятно, постоянном G_1 -аресте облученных фибробластов человека. Использование разработанного в отделе биофизики GSI математического подхода, основанного на интегрировании хромосомных повреждений, зарегистрированных за время всего эксперимента, позволило определить фракцию клеток, достигших первого пострadiаци-

онного митоза за 70 ч наблюдений: она составила меньше 10% облученной популяции фибробластов даже после низких доз редкоизирующего излучения. С повышением ЛПЭ этот эффект оказался еще более значительным. Таким образом, мы показали, что во всех экспериментах с использованием фибробластов человека только малая часть облученных клеток может быть проанализирована на наличие хромосомных повреждений с использованием традиционных цитогенетиче-

ских подходов, в отличие от перевиваемых клеточных линий. Если в этом случае предположить, что наиболее поврежденные клетки преимущественно подвергаются аресту клеточного цикла, то встает вопрос о репрезентативности зарегистрированных величин хромосомных нарушений в отношении исходной популяции облученных клеток и возможной недооценке радиационных эффектов. Планируются дальнейшие эксперименты для решения этого вопроса.



Зависимость частоты образования клеток с хромосомными aberrациями (а) и общего числа aberrаций хромосом (б) от дозы облучения ионами углерода ^{12}C , протонами (р) и γ -квантами ^{60}Co : \circ — ^{12}C , $E = 473$ МэВ/нуклон; \square — протоны, $E = 1$ ГэВ; \blacktriangledown — γ -кванты

На пучках высокоэнергетичных ионов углерода ^{12}C и протонов с энергиями 473 МэВ/нуклон и 1 ГэВ соответственно, генерируемых нуклотроном, были проведены первые эксперименты [7] по облучению клеток млекопитающих и человека (см. рисунок). Показано, что существенных количественных различий в эффективности используемых излучений по частоте возникновения клеток с повреждениями хромосомного аппарата не наблюдается, хотя по величине линейной передачи энергии ионы углерода и протоны различались более чем на порядок (10,65 и 0,218 кэВ/мкм соответственно). Ионы углерода и протоны не отличались по эффективности и от γ -квантов ^{60}Co .

Продолжены исследования эффективных препаратов для диагностики и мишенной радиотерапии пигментной меланомы с помощью радиоактивных соединений на основе метиленового синего (МС) [8]. Проведены эксперименты с МС, меченным ^{131}I или ^{211}At , *in vitro* и *in vivo*. Подтверждены ранее по-

лученные в ОРПИ результаты, свидетельствующие о том, что накопление ^{131}I -МС *in vitro* клетками пигментной меланомы человека в 4–5 раз выше по сравнению с непигментированными клетками. Максимум накопления достигается через 2 ч после введения соединения.

Продолжены исследования закономерностей мутагенного действия ионизирующей радиации на модельной системе дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Используются различные генетические системы, позволяющие тестировать мутационные события различной природы: тотальный мутагенез в случае инактивации прямыми мутациями гена аргининпермиазы (Can^r); вставку или выпадение одного нуклеотида, которые детектируются при реверсии мутаций сдвига рамки считывания в генах $\text{LYS2} (+4)$ и $\text{HOM3} (+1\text{T})$; замены пар оснований, которые детектируются с помощью тестерной CYC1 -системы. Ранее были изучены закономерности индукции всех типов мутаций под действием γ -облучения. В настоящее

время изучаются закономерности индукции мутаций тяжелыми ионами.

Продолжаются исследования генетического контроля остановки клеточного цикла в ответ на повреждения ДНК [9]. Изучаются взаимодействия между известными генами checkpoint-контроля RAD9, RAD17, RAD24, RAD53 и генами SRM5/CDC28, SRM8, SRM12, влияющими на генетическую стабильность различных генетических систем клетки. Было показано, что гены CDC28 и RAD53 относятся к различным ветвям, контролирующим радиочувствительность. Изучается взаимодействие между генами CDC28, RAD53 и геном RAD52, контролирующим путь репарации двунитевых разрывов ДНК.

Исследованы закономерности точной эксцизии транспозона Tn10 в бактериях *Escherichia coli* при облучении ускоренными ионами с разной ЛПЭ [10–12]. Получены кривые выживаемости, опре-

делена радиочувствительность клеток к облучению ускоренными ионами гелия ^4He с ЛПЭ от 20 до 100 кэВ/мкм и ускоренными ионами углерода ^{12}C с ЛПЭ 200 кэВ/мкм. Определена зависимость относительной биологической эффективности (ОБЭ) использованных излучений от ЛПЭ. Максимум ОБЭ по критерию летального действия наблюдается при облучении ионами ^4He с ЛПЭ 100 кэВ/мкм. По числу реверсий гена *cysC95::Tn10* к дикому типу определена зависимость относительной частоты точной эксцизии транспозона Tn10 от дозы облучения ускоренными ионами с разной ЛПЭ. Максимальные значения ОБЭ по этому критерию наблюдаются в диапазоне ЛПЭ от 20 до 50 кэВ/мкм. Это обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что в основе инициации процесса точной эксцизии транспозона Tn10, так же как и индукции генных мутаций, лежат кластерные однонитевые разрывы ДНК.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Контроль радиационной обстановки на радиационно опасных объектах ОИЯИ осуществлялся с помощью автоматизированных систем радиационного контроля и переносных радиометрических и дозиметрических приборов. Были усовершенствованы автоматизированные системы радиационного контроля ЛВЭ, ЛЯР и ЛЯП в целях улучшения качества и увеличения объема радиационного контроля.

В 2002 г. в ЛЯР был проведен сеанс облучения пучком ускоренных ионов ^{48}Ca мишени из ^{249}Cf . В связи с активностью и химической токсичностью такой мишени до проведения эксперимента был осуществлен комплекс мероприятий, направленных на обеспечение радиационной безопасности и осуществление непрерывного радиационного контроля. По уровню сложности обеспечения радиационной безопасности этот эксперимент уникален для ЛЯР и ОИЯИ. Сеанс облучения длился 2900 ч и прошел без радиационных происшествий.

В ЛЯП на фазотроне проведены два сеанса облучения тритиевой мишени. Радиационную безопасность и контроль радиационной обстановки при работе с тритием обеспечивали совместно сотрудники ОРБ ОИЯИ и ВНИИЭФ.

Изучение радиационной обстановки при работе нуклотрона с интенсивностью пучка $\sim 2 \cdot 10^{10}$ протонов/цикл выявило недостаточность биологических защит в одном из экспериментов. В связи с этим в ЛВЭ планируется провести комплекс мероприятий по проектированию и сооружению дополнительной

биологической защиты в фокусе F3 в измерительном павильоне.

В 2002 г. на индивидуальном дозиметрическом контроле в ОИЯИ состоял 1741 человек, включая 57 прикомандированных специалистов. Средняя годовая доза облучения персонала в целом по ОИЯИ равна 1,4 мЗв. Наибольшее значение средней годовой дозы облучения персонала наблюдается в ЛЯР и составляет 1,9 мЗв.

Регулярный мониторинг окружающей среды по образцам почвы, растений, воды из водоемов в окрестностях Дубны, водопроводной воды и воды на сбросе очистных сооружений подтвердил 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 ядерно-физических установок ОИЯИ не обнаружен.

Принятые организационно-технические меры по обеспечению радиационной безопасности и специальный дозиметрический контроль позволили не превысить планируемые дозы облучения персонала. В целом обеспечение радиационной безопасности в ОИЯИ соответствует требованиям законов, норм и правил в области использования атомной энергии, что подтвердили регулярно инспектирующие институт органы государственного надзора за радиационной безопасностью.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

На кафедре биофизики университета «Дубна» продолжена подготовка специалистов по специальности «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» со специализацией «Радиационная биофизика». В 2002 г. на первый курс зачислено 10 студентов. В следующем году по инициативе академика РАН М. А. Островского на кафедре открывается новая специализация «Биофизика фото-биологических процессов». Специализация предполагает глубокое изучение физико-химических и молекулярно-биологических методов, основ фотофизики и фотохимии, использования лазерной техники, кинетики первичных фотобиологических процессов фемто- и наносекундного временных диапазонов. В специалистах данного профиля заинтересованы как исследовательские центры, так и различные сферы практической деятельности: медицина (офтальмология, дерматология, фотохимиотерапия), фармакология, фототоксикология, биотехнология, микроэлектроника и ряд других областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bamblevski V. P. et al.* JINR Preprint E3-2002-273. Dubna, 2002.
2. *Hashemi-Nezhad S. R. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 482. P. 537; 547.
3. *Boreiko V. F. et al.* // Ibid. V. 490. P. 344.
4. *Bystritsky V. M. et al.* // JINR Preprint D15-2002-200. Dubna, 2002.
5. *Шмакова Н. Л. и др.* // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42, № 3. С. 245.
6. *Шмакова Н. Л. и др.* // Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии: II Международ. симп. и II Сисакянские чтения. Дубна, 2002. Т. 1. С. 188.
7. *Govorun R. D. et al.* // Adv. Space Res. 2002. V. 30, No. 4. P. 885.
8. *Шмакова Н. Л. и др.* // Мед. радиология и радиационная безопасность. 2002. Т. 47, № 3. С. 5.
9. *Колтовая Н. А., Девин А. Б.* // Докл. АН. 2002. Т. 387, № 6. С. 1.
10. *Журавель Д. В.* // Вест. ун-та «Дубна». 2002. С. 50.
11. *Борейко А. В., Журавель Д. В.* // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42, № 6. С. 635.
12. *Борейко А. В., Журавель Д. В.* // Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии: II Международ. симп. и II Сисакянские чтения. Дубна, 2002. Т. 1. С. 125.

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Учебно-научный центр ОИЯИ в 2002 г. продолжил работу по теме первого приоритета «Организация, поддержка и развитие образовательного процесса университетского типа в ОИЯИ».

В 2002 г. подготовлена семилетняя программа развития образовательной деятельности ОИЯИ. В ее основу положена концепция непрерывного образования. Одним из направлений работы по подготовке квалифицированных молодых специалистов является привлечение школьников к обучению на базе специального школьного лабораторного практикума.

В Учебно-научном центре завершают высшее образование студенты старших курсов.

В 2002 г. в УНЦ обучалось 215 студентов из вузов стран-участниц ОИЯИ. Учебные планы разработаны совместно с вузами, направившими своих студентов в УНЦ. В табл. 1 приведено распределение студентов УНЦ по вузам.

Таблица 1

Вуз	Число студентов, 2002 г.
МГУ	17
МИФИ	17
МФТИ	38
Другие вузы стран-участниц ОИЯИ (Армении, Белоруссии, Грузии, России, Словакии, Украины, Чехии)	44
Всего:	116

В УНЦ также учатся 99 студентов Московского института радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА).

Важный аспект развития образовательной программы — увеличение числа специальностей и кафедр на базе существующих связей с вузами РФ и стран-участниц и привлечение к этой деятельности новых партнеров. В 2002 г. на базе УНЦ открыт филиал кафедры общей физики и термоядерного синтеза МЭИ.

В 2002 г. 30 сотрудников ОИЯИ были привлечены к лекторской деятельности.

180 студентов Международного университета «Дубна» прошли практику, подготовили и выполнили бакалаврские, магистерские и дипломные работы в ОИЯИ.

Для отдельных студенческих групп УНЦ разрабатывает программы специальной подготовки.

Студенты из Словакии, обучавшиеся в УНЦ в рамках подготовки специалистов для словацкого Циклотронного комплекса, строящегося с помощью ОИЯИ, в январе 2002 г. успешно защитили дипломные работы, выполненные в ЛЯР:

- Райцан Милослав (Rajcan Miloslav) «Моделирование потери ионов на остаточном газе для определения основных параметров вакуумной системы линий транспортировки пучков циклотрона DC-72», научный руководитель А. В. Тихомиров;
- Мозолик Матуш (Mozolik Matus) «Принципиальные концепции циклотрона для прикладных исследований», научный руководитель Г. Г. Гюльбекян;
- Шкотта Анджей (Skotta Andrej) «Экспериментальное исследование инжектора многозарядных ионов с ЭЦР-источником», научный руководитель С. Л. Богомолов.

Группа польских студентов, находившихся в УНЦ в феврале 2002 г. в рамках программы «Боголюбов–Инфельд», прослушала подготовленные для них курсы лекций по информационным технологиям, включая ознакомительные курсы по базам данных, ОС UNIX, телекоммуникационным системам, системе GRID.

В 2002 г. для студентов и аспирантов УНЦ ОИЯИ, а также для всех желающих дополнительно к плановым лекциям были прочитаны следующие курсы:

- Ю. А. Александров «Физика частиц и нейтронная физика низких энергий»;

- Э. Г. Никонов «Объектно-ориентированное программирование на C++»;
- А. И. Сидоров «Импульсная техника»;
- А. А. Смольников «Физика нейтрино в неускорительных установках»;
- Д. Ю. Бардин «Введение в CalcPHER»;
- Ю. В. Заневский «Двухмерный рентгеновский детектор для медико-биологических исследований»;
- Ю. Э. Пенионжкевич «Экспериментальные методы ядерной физики»;
- Т. Ф. Соловьева «Объектно-ориентированный анализ на примере пакета ROOT»;
- Ю. А. Плис «Магнитно-резонансная томография с использованием гиперполяризованных благородных газов гелия-3 и ксенона-129»;
- Г. А. Карамышева «Медицинский ускоритель»;
- М. З. Рузаева «Организация и планирование производства».

Продолжено чтение лекций в рамках лекционного цикла «Современные проблемы естествознания». В 2002 г. были прочитаны следующие курсы:

- Проф. Ю. В. Гапонов (РНЦ «Курчатовский институт», Москва) «Проблемы физики слабого взаимодействия низких энергий»;
- Проф. Г. Смаджа (Франция) «Геометрия расширения Вселенной. Уравнения Фридмана и измерения с помощью сверхновых звезд»;
- Проф. В. Н. Первушин (ОИЯИ) «Новые астрофизические данные и Единая теория поля»;
- Проф. В. Н. Первушин (ОИЯИ) «Гамильтонова космология ранней Вселенной».

Список учебных пособий, выпускаемых УНЦ для студентов и аспирантов, пополнился следующими изданиями:

Гриценко С. А., Красильников В. В., Кураев Э. А. Уравнения математической физики. Ч. I. Дубна: ОИЯИ, 2002;

Заневский Ю. В. и др. Двухкоординатный рентгеновский детектор мягкого рентгеновского излучения. Дубна: ОИЯИ, 2002.

В 2002 г. продолжила работу аспирантура ОИЯИ по 10 физико-математическим специальностям. В этом году в аспирантуре ОИЯИ обучалось 62 человека. В табл. 2 представлено распределение аспирантов УНЦ по лабораториям ОИЯИ.

За время работы аспирантуры УНЦ ОИЯИ 17 выпускников-аспирантов защитили кандидатские диссертации.

Аспиранты УНЦ ведут активную научно-исследовательскую деятельность. Они представляют свои работы на семинарах, конференциях как в ОИЯИ, так и в других научно-исследовательских институтах РФ и стран-участниц ОИЯИ. С подробной информацией можно ознакомиться на сайте УНЦ.

Таблица 2

Лаборатория	Число аспирантов, 2002 г.
ЛТФ	13
ЛЯП	10
ЛЯР	5
ЛВЭ	7
ЛНФ	7
ЛФЧ	9
ЛИТ	8
ОРРИ	1
УНЦ	2
Всего:	62

В 2002 г. УНЦ ОИЯИ активно развивал свои традиционные связи с зарубежными вузами. В рамках программы Германской службы академических обменов (DAAD) «Стипендии Леонарда Эйлера» 2000–2001 г. поддержан и продлен на 2002–2003 г. совместный проект УНЦ и Института теоретической физики университета г. Гисена (Германия). В рамках этого проекта аспиранты, студенты совместно с сотрудниками УНЦ и ЛТФ выполняют теоретические исследования по физике тяжелых ионов, получая дополнительную стипендию. Результаты исследований были представлены ими в двух докладах на Симпозиуме по ядерным кластерам: от легких экзотических до сверхтяжелых ядер (Рауишхольцхаузен, около Марбурга, август 2002 г.) [1–5].

В рамках образовательной программы в августе 2002 г. группа румынских студентов из университетов Бухареста, Ясс, Крайовы, Клуж-Напока, Ти-мишоара проходила практику в институте, студенты познакомились с базовыми установками ОИЯИ, участвовали в практических исследованиях в лабораториях института. Всего в 2002 г. институт посетило 20 румынских студентов, что стало возможным при поддержке гранта полномочного представителя правительства Румынии в ОИЯИ.

В октябре 2002 г. делегация Учебно-научного центра совместно со студентами и аспирантами Университета им. А. Мицкевича (Познань) и Технического университета (Прага) совершила поездку по научным центрам и университетам Польши и Чехии.

В течение 2002 г. для выполнения специального практикума, консультаций и работы с научными руководителями в рамках образовательной части программы «Боголюбов–Инфельд» из университетов Варшавы, Познани, Катовице, Лодзи, Кракова, Гданьска, Щецина (Польша) УНЦ посетили 10 групп студентов, 2 группы школьников, 11 аспирантов — всего 115 человек.

В июле 2002 г. 23 студента из Чехии при поддержке гранта полномочного представителя правительства Чехии в ОИЯИ находились с ознакомительным визитом в институте. Программой пребывания были предусмотрены посещения Учебно-научного

центра, лабораторий института, знакомство с направлениями исследований.

В 2002 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.

7 человек, вновь принятых на работу в ОИЯИ, получили смежные профессии; 4 сотрудника ОИЯИ обучены вторым профессиям. На курсах по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Госгортехнадзору, обучены и аттестованы 110 сотрудников ОИЯИ и 19 сотрудников дубненских организаций.

Таблица 3

Обучение и аттестация в Российском центре «Хлорбезопасность»	7 руководящих работников и специалистов ОИЯИ
Повышение квалификации в Московском институте повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минатома РФ	2 сотрудника ОИЯИ
Обучение и аттестация в качестве ответственных за содержание и эксплуатацию машин, механизмов и оборудования	41 сотрудник ОИЯИ
Повышение квалификации на семинарах, организованных учебными заведениями Дубны, Москвы и Санкт-Петербурга	30 сотрудников ОИЯИ

Данные об организованном Учебно-научным центром обучении и повышении квалификации сотрудников ОИЯИ представлены в табл. 3.

В 2002 г. в ОИЯИ прошли производственную практику 20 учащихся ГПЛ-67, ГПЛ-95.

Организована работа филиала подготовительных курсов для поступления в МИФИ. На курсах в 2002/2003 учебном году занимаются 18 учащихся школ города. 15 выпускников подготовительных курсов 2001/2002 учебного года стали студентами вузов (МГУ, МИФИ, МАИ, МИРЭА, Международного университета «Дубна»).

В Учебно-научном центре организована специальная лаборатория для демонстрации и выполнения школьных физических экспериментов. Сейчас лаборатория укомплектовывается оборудованием и материалами (из МФТИ получены установки «Механика-1», «Механика-2», «Оптика»). Среди физических демонстраций — опыты, в основе которых лежит проявление сил поверхностного натяжения жидкости («Плавающее решето», взаимодействие стеклянных пластин и др.), демонстрация структуры водяных струй в условиях стробоскопического освещения, демонстрация полного отражения в эксперименте «Черный шар», демонстрация эксперимента «Вращение заряженной жидкости в магнитном поле», опыты с использованием вакуумной установки (демонстрация проявления сил атмосферного давления, кипения холодной воды под колоколом воздушного насоса и др.), демонстрация явления потери плавучести тела («Антиархимедово устройство»).

Подобные физические демонстрации, особенно необычные, способны вызывать чувство удивления и, как следствие, возбуждать интерес к изучению конкретного явления. В демонстрационных эксперимен-

тах подобного класса важно понять сущность явления и среди различных факторов выделить главный. Указанные опыты (опыты с «изюминкой») способствуют развитию физического мышления школьников и студентов, расширяют горизонты их знаний и закладывают основы для научного мировоззрения. В перспективе планируется расширение физического практикума для старших школьников. Планируются учебные показы лабораторных работ для преподавателей физики г. Дубны.

Деятельность УНЦ ОИЯИ получила поддержку в рамках программы «Интеграция», определяющей тесное взаимодействие учебного процесса и современных исследований на базе научных коллективов ОИЯИ. В 2001 г. УНЦ получил грант этой программы для проведения международной летней студенческой школы «Ядерные методы и ускорители в биологии и медицине», а в 2002 г. поддержана заявка УНЦ и ЛЯП ОИЯИ (совместно с МИФИ и МФТИ) на организацию центра коллективного пользования для проведения лабораторного практикума по тематике «Медицинская физика».

Придавая большое значение развитию международных студенческих обменов, Учебно-научный центр участвует в организации и проведении студенческих школ.

19–30 июня 2003 г. в Познани (Польша) состоится международная студенческая школа «Ядерно-физические методы и ускорители в биологии и медицине». Эта школа будет очередной в цикле летних студенческих школ, проводимых ОИЯИ.

7–18 сентября 2003 г. в Алуште (Украина) будет проведена II Международная летняя студенческая школа по физике нейтрино памяти Б. М. Понтекорво.

В 2002 г. изданы труды международной студенческой школы «Ядерно-физические методы и ускорители в биологии и медицине», проходившей в Дубне с 27 июня по 11 июля 2001 г. В сборник вошли лекции преподавателей и доклады студентов, принимавших участие в работе школы.

Успешность опыта ОИЯИ в создании и развитии образовательной программы подтверждается существенным омоложением персонала физиков в научных группах института. Этот опыт был положительно оценен в том числе в постановлении Бюро Отделения ядерной физики Российской академии наук от 25 сентября 2001 г.

Регулярно обновляется сайт Учебно-научного центра (<http://uc.jinr.ru>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zubov A. S., Ivanova S. P. *et al.* Survival probability of superheavy nuclei // *Phys. Rev. C.* 2002. V. 65. P. 024308.
2. Zubov A. S., Ivanova S. P. *et al.* Survival probability of excited superheavy nuclei // *Phys. Atom. Nucl.* 2002 (in press).
3. Zubov A. S., Ivanova S. P. *et al.* Survival probability of excited heavy and superheavy nuclei // *Heavy Ion Phys.* 2002 (in press).
4. Zubov A. S., Ivanova S. P. *et al.* Survival probability of excited heavy nuclei // *Acta Phys. Pol. B.* 2002 (in press).
5. Zubov A. S., Ivanova S. P. *et al.* Competition between different evaporation channels in neutron-deficient nuclei // *Phys. Rev. C.* 2002 (submitted).



Дубна, 24 января. Рабочее совещание «Новые модельные и ядерно-физические методы в биофизике и биохимии». Выступает академик Д. В. Ширков



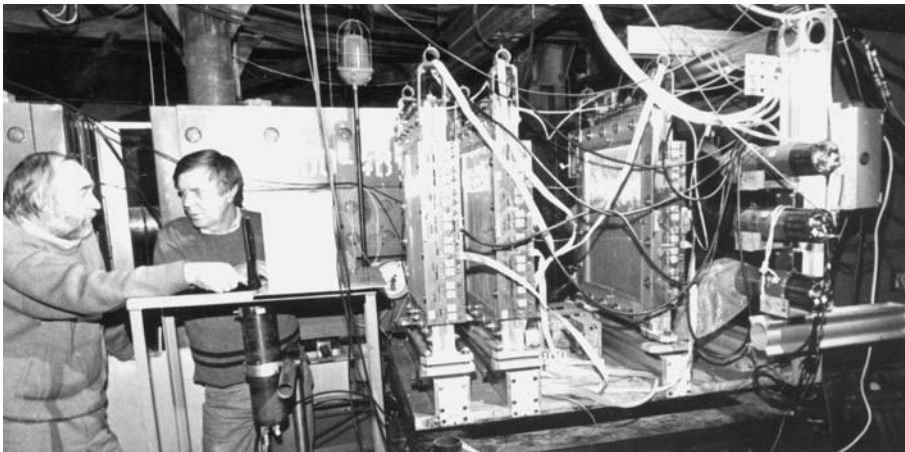
Дубна, 21 июля – 10 августа.
Школа DAAD «Квантовая статистика
многочастичных систем»

Дубна, 11 июля. Участники международного рабочего совещания по квантовой гравитации и суперструнам





Дубна, 26 апреля.
Лаборатория высоких энергий
им. В. И. Векслера
и А. М. Балдина.
Семинар, посвященный
45-летию пуска
синхрофазотрона



Лаборатория высоких энергий
им. В. И. Векслера
и А. М. Балдина.
Установка АЛПОМ.
Измерение поляризации
пучка дейтронов,
ускоренных в нуклотроне



Лаборатория высоких энергий
им. В. И. Векслера
и А. М. Балдина.
Источник поляризованных
дейтронов ПОЛЯРИС



Дубна, 6 августа. Директор Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова Н. А. Русакович рассказывает гостям из ЦЕРН о ходе совместных работ по подготовке экспериментов на LHC



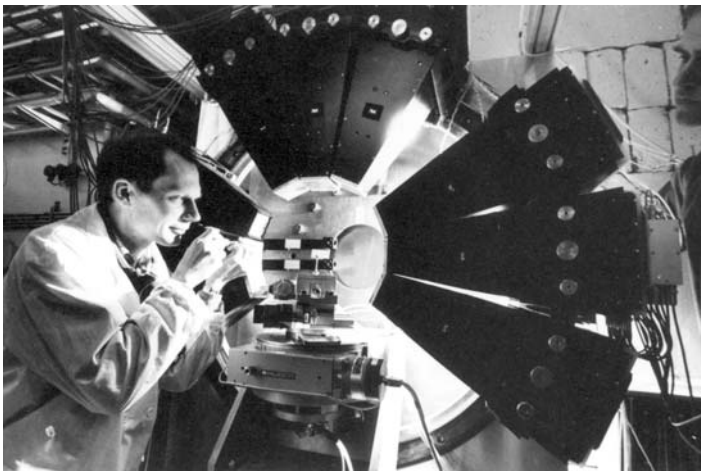
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова. Главный инженер ОИЯИ профессор И. Н. Мешков знакомит председателя ПКК по ядерной физике профессора Н. Роули с ходом работ по проекту LEPTA

Женева (Швейцария), июль. Представители дирекций и руководители проекта от ОИЯИ и ЦЕРН — участники презентации 65-го модуля адронного калориметра установки ATLAS





Дубна, 17–19 июня. Рабочее совещание по исследованиям на реакторе ИБР-2.
Профессор В. Л. Аксенов поздравляет победителей конкурса научных работ молодых ученых, аспирантов и студентов



Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка.
Дифрактометр SKAT для исследований
текстуры и внутренних напряжений в материалах

Дубна, 22 мая. Участники X Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами «ISINN-10»



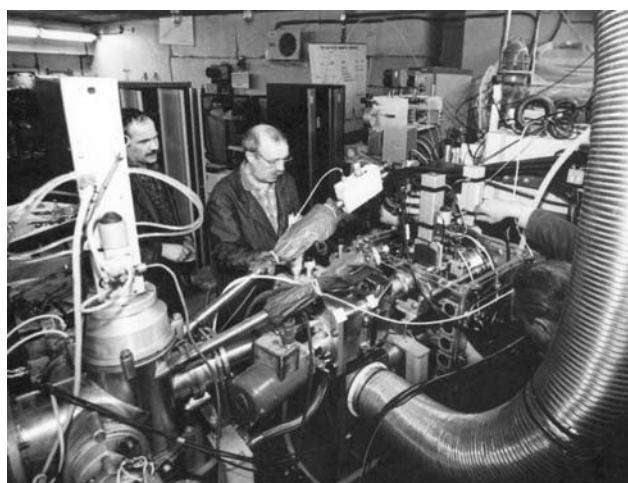


Дубна, 26 мая. Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов



Лаборатория ядерных реакций
им. Г. Н. Флерова.
Группа участников эксперимента
по синтезу элемента 118

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. На циклотроне У-400 с использованием уникальной мишени из калифорния-249, изготовленной совместно со специалистами НИИАР (Димитровград, Россия), проводятся эксперименты по синтезу элемента 118





Лаборатория физики частиц.
Стендовые испытания системы
подавления поперечных колебаний
пучка частиц LHC ЦЕРН



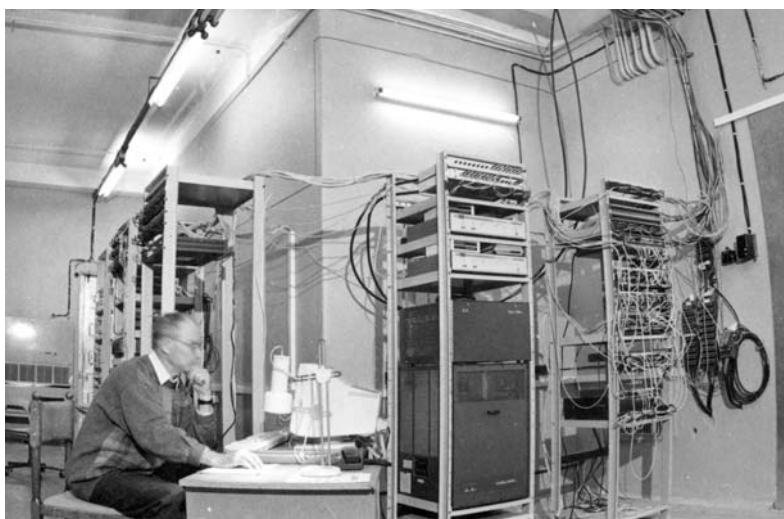
Лаборатория физики частиц.
Стенд для испытаний
пропорциональных камер торцевого
спектрометра установки CMS (ЦЕРН)

Лаборатория физики частиц, 20 декабря. Сеанс компьютерной связи в режиме телеконференции ОИЯИ–BNL (США)





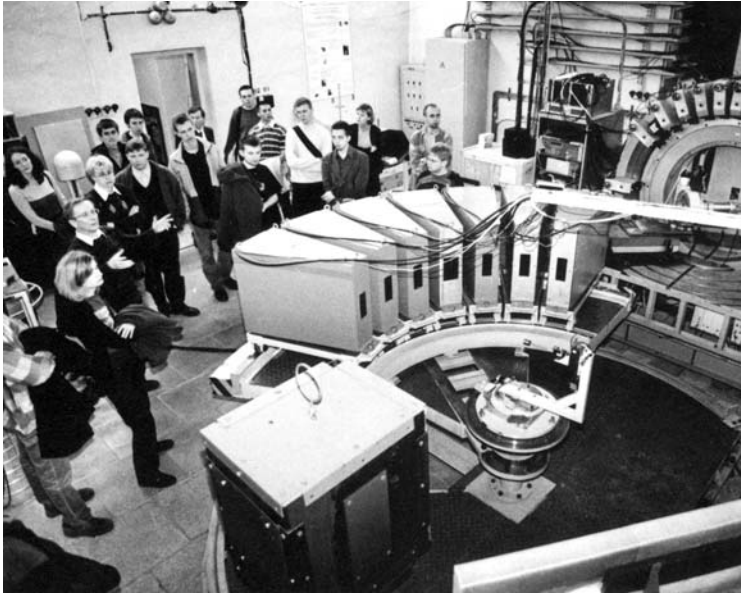
Дубна, 30 сентября. V Международный конгресс по математическому моделированию



Лаборатория
информационных технологий.
Центральный узел компьютерной
связи ОИЯИ

Лаборатория информационных технологий. Комплекс PC-кластеров, состоящий из интерактивного кластера и вычислительной фермы общего назначения, вычислительной фермы для экспериментов на LHC (CMS, ATLAS, ALICE) и кластера для параллельных вычислений на базе технологии MYRINET





Дубна, апрель.
Группа польских студентов на экскурсии
в Лаборатории нейтронной физики
им. И. М. Франка



Учебно-научный центр.
Румынские студенты-практиканты
на встрече с директором УНЦ
С. П. Ивановой (справа)

Учебно-научный центр ОИЯИ. Защита магистерских диссертаций
студентов VI курса Московского физико-технического института



Опытное производство ОИЯИ.
Обсуждение хода работ по изготовлению
аппаратуры для исследования
космических лучей
предельно высокой энергии



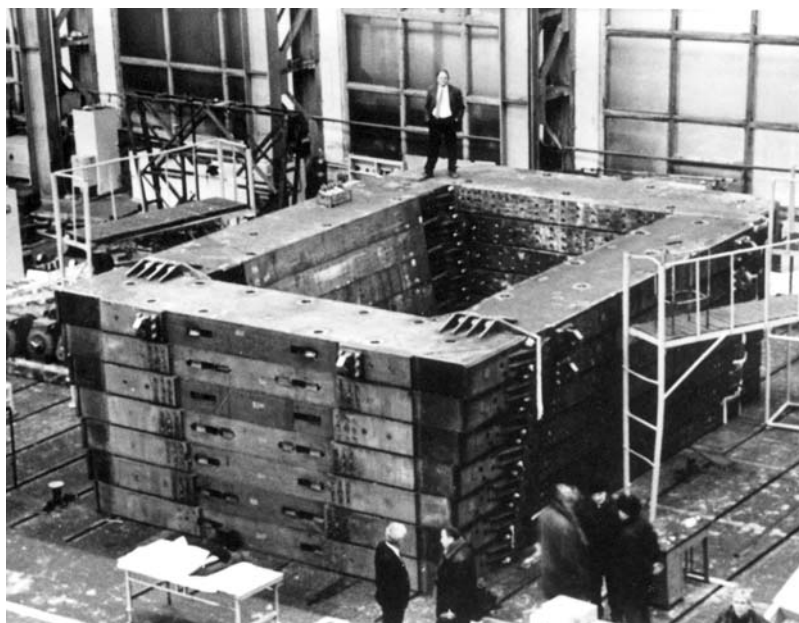
Опытное производство.
Электрофизическое оборудование,
изготовленное для Циклотронного
центра в Братиславе (Словакия)

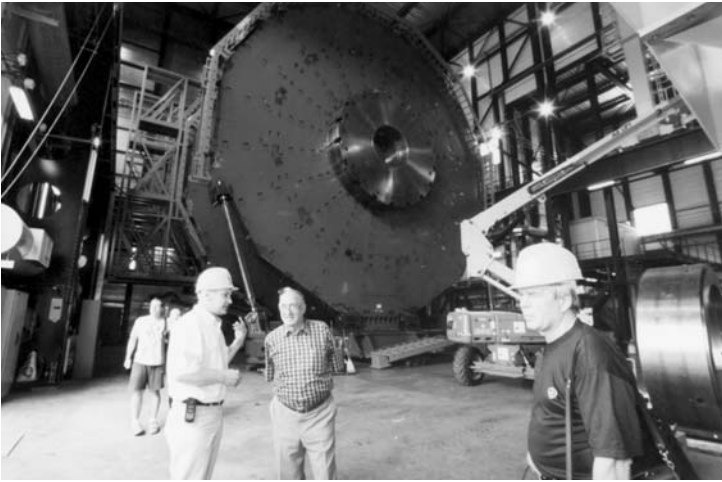


Опытное производство ОИЯИ.
Контрольная сборка узлов нового
подвижного отражателя ОП-3 для ИБР-2

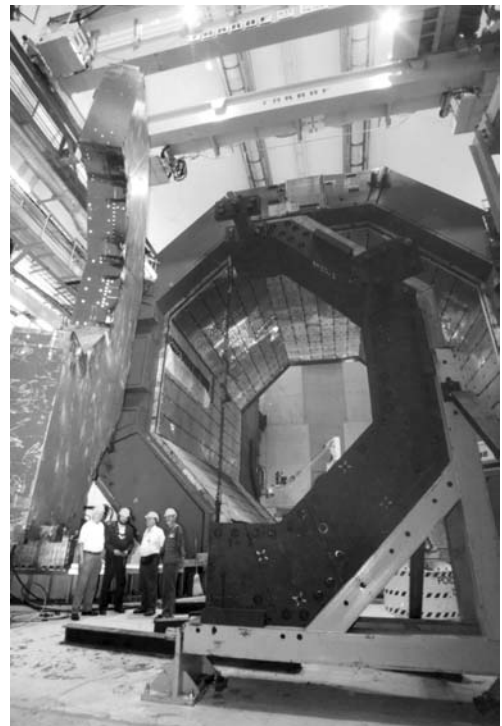


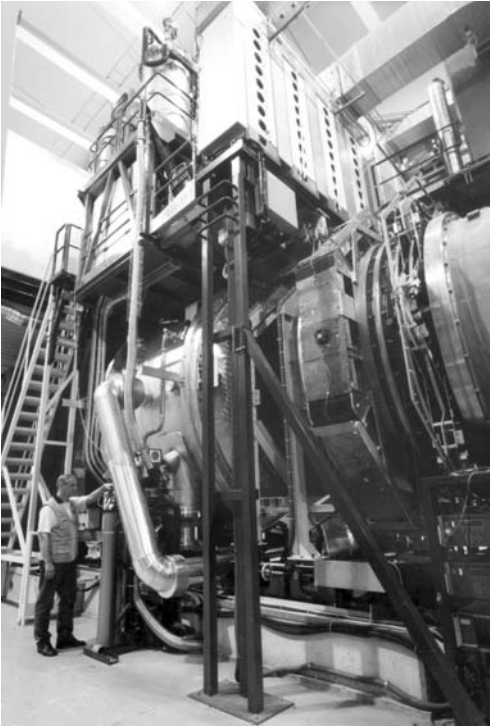
Савелово (Россия), декабрь. Ядро дипольного магнита ALICE,
изготовленное на машиностроительном заводе
для совместного проекта ОИЯИ–ЦЕРН



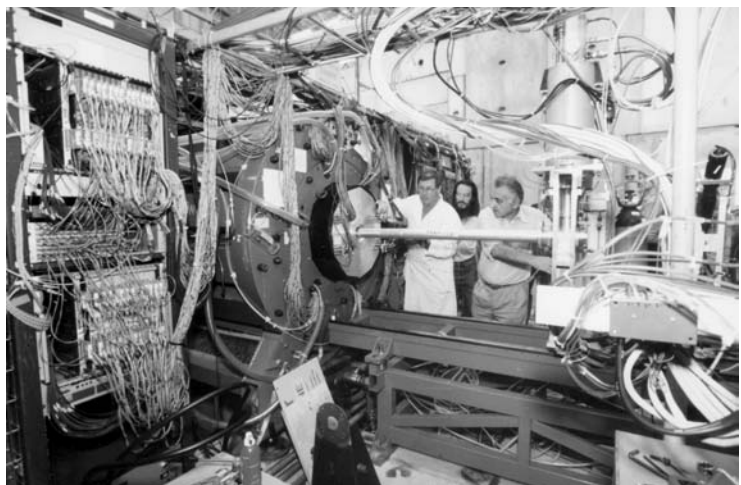
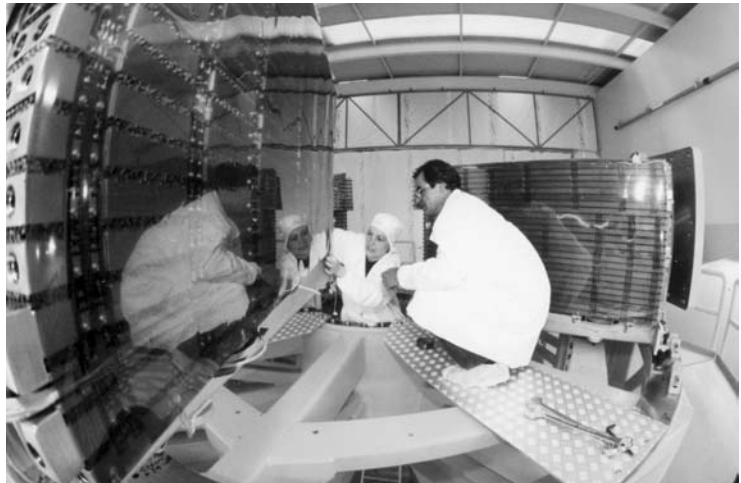


Женева (Швейцария), июль.
Традиционное сотрудничество ЦЕРН–ОИЯИ
успешно продолжается





*«Мы в ЦЕРН высоко ценим ключевую роль Дубны, которую она играет в привлечении своих экспертов и ресурсов, а также в объединении усилий ее стран-участниц по выполнению важнейших задач на LHC»
(Л. Майани)*





Дубна, 3 июня. Посещение ОИЯИ советником президента США по науке и технологиям профессором Дж. Марбургером. На снимке: американская делегация в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова



Дубна, 27 июня. Визит в ОИЯИ делегации китайских ученых во главе с академиком Чжоу Гуанчжао. Теплая встреча с коллегами в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова



Дубна, 27 марта. Визит в ОИЯИ делегации чешских парламентариев. Экскурсия на нуклотрон Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина

ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2002 г. издательский отдел выпустил в свет 298 наименований сообщений и препринтов ОИЯИ. Издано 116 служебных материалов.

Вышли из печати 46 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды международного симпозиума «Проблемы биохимии, радиационной и космической медицины» и II Сисакяновских чтений (в 2 томах), труды международного совещания «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ» (в 2 томах), труды IV научного семинара памяти В. П. Саранцева, сборник трудов VI рабочего совещания «Теория нуклеации и ее применения», сборник трудов II германо-российского совещания пользователей реактора ИБР-2, труды XVI симпозиума «Суперсимметрии и квантовые симметрии», труды Четвертой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (в 2 томах). Увидели свет годовые отчеты ОИЯИ за 2001 г. (на русском и английском языках), годовой отчет Лаборатории нейтронной физики за 2001 г. Материалы круглого стола, состоявшегося в ходе работы 91-й сессии Ученого совета ОИЯИ в январе 2002 г., были включены в сборник «Сотрудничество ОИЯИ с институтами, университетами и предприятиями Белоруссии».

Книга «Юрий Мечиславович Останевич. Ученый. Учитель. Друг (К 65-летию со дня рождения)» посвящена жизни и научной деятельности известного физика-экспериментатора. В сборник включены воспоминания о Ю. М. Останевиче сотрудников Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, в которой ученый работал с 1959 по 1992 г., а также его коллег и друзей из многих научных центров мира.

В антологию «Физики–лирики» (составитель Т. Бек) вошли стихотворения, написанные в разные годы сотрудниками ОИЯИ.

Увидел свет поэтический сборник А. Н. Сисакяна «Ожидание чуда», который автор составил из стихотворений, написанных в 1999–2002 гг.

В 2002 г. вышли в свет семь выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 56 статей. В седьмой, дополнительный выпуск ЭЧАЯ включены труды IX Международной конференции «Методы симметрии в физике». Было

издано шесть номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», в которые вошли 54 статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты. Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

Издано пять учебно-методических пособий УНЦ ОИЯИ. Среди них: В. В. Папоян «Избранные лекции по классической электродинамике»; Н. В. Антоненко, С. П. Иванова, А. С. Зубов, О. В. Фотина «Статистический подход к анализу ядерных реакций с помощью программы GROGIF»; Ю. В. Заневский, Л. П. Смыков, Г. А. Черемухина, С. П. Черненко «Двухкоординатный рентгеновский детектор мягкого рентгеновского излучения»; В. В. Папоян «Классическая механика. Лекции, задачи и решения».

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 около 300 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в таких журналах, как «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «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 интеллектуальной собственности, лицензирования и стандартизации. Увидел свет «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2001 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано около 130 тысяч различных бланков.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2002 г. число читателей НТБ составило 4754 человека. Количество выданной литературы 318 тыс. экземпляров.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 838 изданий. По всем источникам комплектования поступило 7856 книг, периодических изданий, препринтов; 4925 из них на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. На 1 января 2003 г. библиотечный фонд составил 433479 экземпляров, из них 194186 экз. на иностранных языках.

Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 16905 названий. Базы данных статей и препринтов доступны в Интернете по адресу: <http://lib.jinr.ru>. Экспресс-бюллетени получали около 200 сотрудников Института, они рассылались по 50 адресам вне Института.

С января 2003 г. библиотека перешла на подписку по e-mail электронных версий еженедельных информационных бюллетеней. Подписаться можно в разделе «Новые поступления» на сайте НТБ. Регулярно обновлялись выставки новых поступлений

книг, препринтов, периодических изданий; на них представлено 6223 названия. Выпущен «Библиографический указатель работ сотрудников Объединенного института ядерных исследований» за 2001 г. (1480 записей). База данных работ сотрудников ОИЯИ (библиографические описания публикаций с 1987 г.) доступна в Интернете.

За 2002 г. в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, поступило 3841 издание из 29 стран. Из них на долю России приходится 455, Германии — 589, Италии — 201, США — 1012, Франции — 99, Швейцарии — 39, Японии — 749, а также ЦЕРН — 386. Организовано 5 тематических выставок.

В 2002 г. в НТБ ОИЯИ в рамках АИБС LIBER сделано следующее:

1. Создана база данных на 1631 читателя.
2. На 16.12.2002 введено документов в электронный каталог:
 - книги — 5797 экз.;
 - журналы — 3257 экз.;
 - препринты — 2747 экз.;
 - диссертации и авторефераты — 578 экз.

БЮРО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

В 2002 г. работа бюро проводилась по следующим направлениям.

В области лицензирования. Бюро участвовало в оформлении лицензий по забору воды (ОГЭ), по поставке урановых мишеней (ЛНФ) и по аспирантуре (УНЦ).

Оформлялись страховые полисы: ответственность перед третьими лицами при транспортировке радиоактивных веществ (№ 1 от 28.06.2002); гражданская ответственность организации, эксплуатирующей опасные производственные объекты (№ 50 от 11.08.2002).

Подготовлен отчет о работе в области лицензирования на НТС главных инженеров.

Выпущен приказ и Положение о порядке организационной работы по получению лицензий на отдельные виды деятельности, осуществляемой Институтом в соответствии с Уставом. По созданному реестру лицензий осуществлялся контроль действующих лицензий, реестр корректировался и дополнялся.

В области патентно-информационной работы. В 2002 г. поступило 72 официальных патентных бюллетеня РФ, фонд бюро составил 1876 бюллетеней. Их издание обрабатывалось с учетом тематики ОИЯИ. Выпущено 12 номеров бюллетеня «Патенты» для подразделений.

В области работ по защите интеллектуальной собственности. В 2002 г. оформлены и поданы в Патентное ведомство РФ 3 заявки на изобретения для получения патентов:

- «Способ получения асимметричной трековой мембраны» (ЛЯР);
- «Способ получения препарата биомассы спирулины» (ЛНФ);
- «Генератор меченых нейтронов» (ЛФЧ).

Получено 2 положительных решения по ранее поданным заявкам и 2 патента (ЛЯР). На рассмотрении в Патентном ведомстве РФ находится 9 заявок на изобретения.

В области стандартизации. Пересмотрены сборники СТП на соответствие с действующими ГОСТами. К СТП 4601-96 выпущены изменения 2 и 3.

Собраны основные документы, входящие в «Перечень основных правовых актов и нормативных документов, используемых ОИЯИ при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии» согласно приказу № 510 от 20.09.2002.

Пополнялась библиотека стандартов (40 экз. НД приобретено в магазине стандартов). 226 экз. стандартов выдано в подразделения для постоянного пользования.

Внесено 68 изменений в ГОСТы.

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 2002 г. Опытное производство ОИЯИ изготовило продукции по заказам лабораторий и других подразделений ОИЯИ на сумму 14,6 млн руб. Этими заказами было занято более 30% мощности ОП. Как и в последние годы, это было в основном механическое оборудование. Наиболее крупные из заказов: дублиеты электромагнитных квадрупольных линз; узлы подвижного отражателя ИБР-2; камеры высокого давления для экспериментов на ИБР-2; модули адронного и жидкоаргонного калориметра ATLAS; оснастка для MDT-камер.

Значительный объем работ выполнен в рамках международного сотрудничества ОИЯИ. Было завер-

шено изготовление спектрометра для Технического университета Мюнхена (ФРГ) и оборудования для Университета Вейна (США). Начались работы по изготовлению и монтажу обмоток баррель-тороида и энд-кап-тороидов установки ATLAS (ЦЕРН).

Среди сторонних заказчиков по-прежнему основное место занимали НПЦ «Аспект» с оборудованием для контроля за перемещением радиоактивных материалов и ИЧП «Бизнес-центр «Магистр»» с оборудованием для кондитерского производства. Всего среди этой категории заказчиков — около 40 предприятий и организаций 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 2002 г. утвердил бюджет в сумме 37500,0 тыс. долл. США. Фактическое поступление средств за год составило 28188,4 тыс.

долл. США, или 71,2% по отношению к годовым ассигнованиям.

Фактические затраты научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 2002 г. составили 26798,4 тыс. долл. США.

Фактические расходы характеризуются следующими показателями:

Наименование раздела	План годовых ассигнований в тыс. долл. США	Фактические расходы за 2002 г. в тыс. долл. США	% к плану
I. Научные исследования	14434,4	12757,3	88,4
II. Базовые установки	6341,8	5433,9	85,7
III. Инфраструктура лабораторий	4752,1	3860,8	81,2
IV. Инфраструктура Института	5278,9	4746,4	89,9
V. По соглашению с ВМВФ ФРГ за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	783,6		
VI. По соглашению с АН Венгрии за вычетом на инфраструктуру ОИЯИ и в резерв дирекции	127,5		
VII. Гранты полномочных представителей — 8% долевого взноса стран-участниц	2914,2		
VIII. Резерв дирекции — 5% бюджета	1867,5		
IX. Выплата долга	1000,0		
Итого — расходы:	37500,0	26798,4	71,5

КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 2003 г. составила 5602 человека (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают: академики РАН 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. А. Кузнецов, В. А. Москаленко, А. М. Петросьянц, А. Г. Попеко, А. Н. Сисакян; члены-корреспонденты других академий наук А. С. Водопьянов, Б. Н. Захарьев, И. Звара, С. П. Иванова, Р. М. Мир-Касимов, А. И. Титов, В. А. Халкин; 250 докторов наук, 645 кандидатов

наук, в том числе 90 профессоров и 15 доцентов.

В 2002 г. в ОИЯИ принято на работу 727 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 636 человек. В течение года присвоены ученые звания: старшего научного сотрудника — 4, младшего научного сотрудника — 4.

В 2002 г. защитили кандидатские диссертации 25 сотрудников, докторские — 11. Среди защитившихся — сотрудники ОИЯИ (22), граждане Республики Армении (1), Республики Болгарии (1), Грузии (1), Египта (1), Республики Казахстан (1), Республики Молдовы (1), Монголии (1), Российской Федерации (6), Словацкой Республики (1).

НАГРАЖДЕНИЯ

За многолетнюю плодотворную научную и научно-организационную деятельность звание *«Почетный гражданин города Дубны»* присвоено Кадышевскому Владимиру Георгиевичу — директору Объединенного института ядерных исследований.

За выдающиеся заслуги перед ОИЯИ в области развития приоритетных направлений науки и техники, в подготовке научных кадров присвоено звание *«Почетный доктор ОИЯИ»*: профессорам В. Г. Зинову (ОИЯИ), С. М. Коренченко (ОИЯИ), Ш. Бриансон (Франция), В. А. Халкину (ОИЯИ), академику Б. Е. Патону (Украина), про-

фессорам М. Ф. Лихачеву (ОИЯИ), А. А. Смирнову (ОИЯИ), В. Н. Пеневу (ОИЯИ), В. Грайнеру (Германия).

За заслуги перед ОИЯИ, многолетнюю и плодотворную деятельность присвоено звание *«Почетный сотрудник ОИЯИ»* 18 сотрудникам Института.

Почетными дипломами ОИЯИ награжден 31 сотрудник Института.

В 2002 г. 295 сотрудников ОИЯИ награждены ведомственным знаком отличия в труде *«Ветеран атомной энергетики и промышленности»*.

Ответственный за подготовку отчета *Б. М. Старченко*

Отчет подготовили:

<i>В. А. Бедняков</i>	<i>А. Е. Назаренко</i>
<i>А. А. Бельков</i>	<i>Е. Б. Плеханов</i>
<i>В. И. Данилов</i>	<i>А. Г. Попеко</i>
<i>Т. Я. Жабицкая</i>	<i>В. В. Сиколенко</i>
<i>В. И. Журавлев</i>	<i>Т. А. Стриж</i>
<i>С. П. Иванова</i>	<i>Г. Н. Тимошенко</i>
<i>Т. Б. Киселева</i>	<i>Л. А. Тютюнникова</i>
<i>Л. Г. Лукьянова</i>	<i>Т. Н. Харжеева</i>

Художник
Ю. Г. Мешенков

В отчете использованы фотографии
Ю. А. Туманова
П. Е. Колесова

Годовой отчет ОИЯИ
2002 г.

2003-45

Редакторы *Е. В. Калининкова, А. Н. Шабашова*
Технический редактор *Е. Н. Водоватова*
Компьютерная верстка *И. Г. Андреевой, О. А. Буловой, О. В. Устиновой*

Подписано в печать 29.04.2003.
Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 18,83. Уч.-изд. л. 22,08. Тираж 300 экз. Заказ № 53858.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.
E-mail: publish@pds.jinr.ru
www.jinr.ru/publish/