

35 36/96
ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ФИЗИКИ
ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

ЛАБОРАТОРИЯ
ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ОИЯИ

1995

ЛАБОРАТОРИЯ
ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
ИМ. Г.Н.ФЛЕРОВА

ЛАБОРАТОРИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ЛАБОРАТОРИЯ
НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ИМ. И.М.ФРАНКА

ЛАБОРАТОРИЯ
СВЕРХВЫСОКИХ
ЭНЕРГИЙ

ОТДЕЛЕНИЕ
РАДИАЦИОННЫХ
И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

УЧЕБНО-
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

3556/96

Экз. чит. зала

Годовой отчет

Объединенного Института Ядерных Исследований



Объединенный институт
ядерных исследований
Библиотека

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Деятельность руководящих и консультативных органов	9
Премии и гранты	19
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	23
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова	41
Лаборатория высоких энергий	51
Лаборатория сверхвысоких энергий	61
Лаборатория ядерных проблем	67
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова	81
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка	95
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	105
Отделение радиационных и радиобиологических исследований	115
Учебно-научный центр	123
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	137
Научно-техническая библиотека	138
Отдел защиты интеллектуальной собственности	139
Опытное производство	140
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	143
Кадры	144

ГОСУДАРСТВА — ЧЛЕНЫ ОИЯИ:

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

ВВЕДЕНИЕ

В 1995 году в Объединенном институте ядерных исследований была продолжена деятельность по концентрации усилий на тех направлениях научной программы, которые для ОИЯИ особенно перспективны. Это — физика конденсированных сред с использованием нейтронов, ядерная физика и физика элементарных частиц, а также разработка и применение высокотехнологичных процессов в смежных областях, радиобиологические исследования, программа в области высшего образования.

Развитие международного научно-технического сотрудничества основывалось на приоритетных достижениях Института и было тесно увязано с продолжением исследований на собственной экспериментальной базе.

После успешной смены подвижного отражателя на реакторе ИБР-2 возобновились исследования по физике конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов: дифракционные исследования упорядоченных структур, исследования крупномасштабных неоднородностей, нейтронооптические исследования поверхностных и магнитных явлений, исследования атомной динамики в конденсированных телах.

На нуклотроне проведено два рабочих сеанса. Основные усилия были направлены на изучение и улучшение динамики пучка, совершенствование систем диагностики. Вступил в строй новый комплекс управления ускорителем.

На канале поляризованных нейтронов с энергией 1-3 ГэВ синхрофазотрона введена в эксплуатацию передвижная поляризованная мишень. Проведены первые измерения разности полных сечений пр-рассеяния с параллельной и антипараллельной продольными поляризациями начальных частиц.

Эксперименты по синтезу и изучению тяжелых изотопов 104, 106, 108 и 110 элементов, выполненные в Дубне на ускорителе У-400 в коллаборации с учеными Ливерморской национальной лаборатории, привели к открытию новой области стабильности тяжелых ядер вблизи оболочки с $Z = 108$ и $N = 162$.

На циклотроне У-400М запущен созданный в ОИЯИ внешний ECR-источник DECRIS-14, обеспечивающий получение высокозарядных ионов вплоть до аргона с энергией 60 МэВ/нуклон.

Группа Дубны в проекте ATLAS (LHC, ЦЕРН) провела тесты регистрирующей электроники на радиоактивную стойкость на пучках нейтронов в Лаборатории нейтронной физики. Прототипы мюонной станции и адронного калориметра для CMS (LHC, ЦЕРН) были изготовлены в ОИЯИ наряду с другими детекторами, входящими в головную часть установки. Под руководством специалистов Института на российских предприятиях изготовлены вакуумный корпус и другие части криостата для эксперимента NA-48 (SPS, ЦЕРН).

В ОИЯИ отработана технология получения радиохимически чистых препаратов плутония, гафния, иода и алюминия для медицинских и радиоэкологических исследований. Получена новая экспериментальная информация о радиационной повреждаемости сплавов, монокристаллов и полимеров при облучении их тяжелыми ионами.

Ученые Объединенного института приняли участие во многих международных и национальных научных конференциях. В свою очередь, Институт провел около десяти крупных симпозиумов. Среди них — «Физика и детекторы на LHC», «Методы симметрии в физике», Европейская школа по

физике высоких энергий, VII Международная школа по нейтронной физике и др.

В 1995 году более ста студентов МГУ, МИФИ, МФТИ и других высших учебных заведений России подготовили свои дипломные работы в Учебно-научном центре ОИЯИ.

Посещение ОИЯИ премьер-министром России В.С.Черномырдиным и руководителями министерств и ведомств Российской Федерации в октябре 1995 года, подписание Соглашения между правительством и ОИЯИ об условиях деятельности ОИЯИ в Российской Федерации свидетельствуют о первостепенном значении Объединенного институ-

та для российской и мировой науки. Стремление России выполнить обязательства перед Объединенным институтом — еще одно доказательство того, что наука и международное научное сотрудничество остаются предметом заботы в России на самом высоком уровне.

Один из итогов года — одобренная Ученым советом и Комитетом Полномочных Представителей научная программа ОИЯИ на 1996—1998 гг. Сам факт принятия такой программы свидетельствует об определенной стабилизации положения дел в нашем Институте.



В.Г.Кадышевский
Директор Объединенного института
ядерных исследований

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ



РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СОВЕЩАНИЕ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

14—15 марта 1995 г. в Дубне состоялось очередное совещание Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ. Председателем вплоть до очередной сессии был избран профессор С.Дубничка (Словацкая Республика).

Заслушав и обсудив доклад директора Института профессора В.Г.Кадышевского «О деятельности ОИЯИ в 1994 г. и задачах на 1995 г.», КПП одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1994 г. и утвердил решения 76 и 77 сессий Ученого совета ОИЯИ, а также план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1995 г.

Комитет принял к сведению информацию дирекции о ходе разработки ряда документов: Положения о порядке формирования научных коллективов на период выполнения темы, Положения о постоянном штате научных сотрудников, специалистов и рабочих ОИЯИ.

Принимая во внимание рекомендации 77 сессии Ученого совета, КПП поручил дирекции ОИЯИ обеспечить первоочередное выделение средств в 1995 г.:

- для завершения работ по созданию нуклотрона, включая систему медленного вывода, а также продолжения эксплуатации нуклотрона и проведения сеансов в объеме до 2000 часов;

- на программу развития и совершенствования реактора ИБР-2, экспериментальных установок и средств сбора данных для спектрометров, на проведение биологических исследований на ИБР-2;

- для завершения работ по получению интенсивных пучков тяжелых ионов на У-400М с ECR-источником, создания новых каналов пучков, про-

ведения экспериментов по синтезу тяжелых ядер и работ на пучках стабильных и радиоактивных ионов с использованием установок ФОБОС и КОМБАС;

- для реализации графика работ по проекту ИРЕН, предусматривающего их завершение в 1997 г.;

- для дальнейшего участия ОИЯИ в разработке проектов детекторных систем к установкам ATLAS и CMS на LHC (ЦЕРН), в создании отдельных ускорительных систем для УНК (ИФВЭ, Протвино), а также в текущих экспериментах в ЦЕРН и ИФВЭ и в новом проекте ДИРАК;

- для завершения испытаний передвижной поляризованной мишени и проведения первого эксперимента на пучке;

- для развития информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ на основе сети ETHERNET, центральных и локальных информационных серверов и коммуникационных линий;

- для реализации программ обмена в области теоретической физики, с особым вниманием при этом техническому оснащению ЛТФ.

По докладу административного директора Института А.И.Лебедева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 1994 г.; о проекте бюджета на 1995 г.; о контрольных цифрах на 1996 г.» КПП принял к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 1994 год и утвердил бюджет ОИЯИ на 1995 год с общей суммой расходов 30 млн долларов США. Дирекции разрешено в 1995 году вносить коррективы в распределение бюджета по статьям расходов, включая заработную плату, в соответствии с изменениями уровня оплаты труда, цен и тарифов в стране местонахождения ОИЯИ.

Были утверждены долевые взносы на 1995 год. Установлена контрольная цифра бюджета ОИЯИ на 1996 год в размере 35 млн долларов США.

КПП поручил дирекции подготовить предложения по изменению механизма использования средств на социальное страхование международного коллектива сотрудников, рассмотрев в том числе вариант создания в Институте, в соответствии с Положением о персонале, фонда социального страхования. Одобрена работа дирекции Института по подготовке к созданию пенсионного фонда или участию в негосударственном пенсионном фонде.

В связи с изменением законодательства в стране местонахождения ОИЯИ и в целях повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности Института дирекции предоставляются полномочия решать вопросы об учреждении юридических лиц или участии в составе других юридических лиц по согласованию с председателем КПП,

если это не связано с передачей прав собственности Института на его имущество.

Обсудив сообщение административного директора ОИЯИ А.И.Лебедева и письменную информацию Я.Коллина (Чешская Республика) «О работе Финансового комитета 21—22 февраля 1995 г.», КПП утвердил протокол заседания Финансового комитета.

КПП постановил одобрить предложенный в сообщении главного ученого секретаря Института В.М.Жабицкого «О подготовке к празднованию 40-летия ОИЯИ» план и оказать поддержку дирекции ОИЯИ по проведению юбилейных мероприятий, в том числе в странах-участниках.

КПП выразил благодарность за сделанные на заседании интересные и содержательные доклады профессору В.Л.Аксенову («Источники нейтронов: итоги и перспективы») и академику Д.В.Ширкову («Ренормгруппа и функциональная автомодельность»).

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

17—19 января 1995 г. в Дубне под председательством директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышьева проходила 77 сессия Ученого совета Института. Членам Ученого совета были представлены рекомендации дирекции Института по научной программе 1995 года и информация о проекте бюджета на 1995 год.

С докладами о выполнении приоритетных работ на базовых установках — нуклотроне и циклотронах У-400, У-400М — выступили директор ЛВЭ академик А.М.Балдин и директор ЛЯР профессор Ю.Ц.Оганесян, о работах по проекту ИРЕН — директор ЛНФ профессор В.Л.Аксенов. Рекомендации программно-консультативных комитетов ОИЯИ представили их председатели профессор П.Спиллантини и А.Будзановский и доктор Ж.Пепи.

Профессор Л.Монтане выступил с докладом «ОИЯИ — ЦЕРН: статус и перспективы сотрудничества». Вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян сделал доклад на тему «Образовательная программа ОИЯИ: новые шаги по ее реализации». Профессор И.Звара сообщил о рекомендациях ИЮПАК по названиям и символам трансформированных элементов (атомные номера 101+109). Директор ЛВТА профессор Р.Позе проинформировал о рабочем совещании по организации кооперативного компьютерного узла связи.

Рассмотрев представленные дирекцией ОИЯИ материалы об экспериментальных и теоретических исследованиях Института по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред, Ученый

совет отметил, что рекомендации 75 сессии Ученого совета по работам в ряде приоритетных областей исследований выполнены, выполнение остальных — в стадии завершения.

В соответствии с рекомендациями 76 сессии и предложениями дирекции ОИЯИ на 77 сессии Ученый совет рекомендовал обеспечить в 1995 году приоритетный статус следующих работ:

- по завершению создания нуклотрона, включая систему медленного вывода и повышению ее эффективности; по продолжению эксплуатации нуклотрона и проведению сеансов в объеме до 2000 часов;

- по программе развития и совершенствования реактора ИБР-2, экспериментальных установок и средств сбора данных для спектрометров реактора; по проведению биологических исследований на ИБР-2 в объеме, отвечающем нуждам пользователей;

- по завершению процесса получения интенсивных пучков тяжелых ионов на ускорителе У-400М с ECR-источником, созданию новых каналов пучков; по проведению экспериментов по синтезу тяжелых ядер и исследований на пучках стабильных и радиоактивных ионов с использованием установок ФОБОС и КОМБАС;

- по реализации в соответствии с графиком проекта ИРЕН, с завершением проекта в 1997 году;

- с дальнейшим участием ОИЯИ в разработке проектов детекторных систем для установок ATLAS и CMS на LHC, в создании отдельных ускорительных систем для УНК (ИФВЭ, Протвино), а

также в текущих экспериментах в ЦЕРН и ИФВЭ (Протвино) и в новом проекте ДИРАК;

— по завершению испытаний передвижной поляризованной мишени и проведению первого эксперимента на пучке;

— по развитию информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ на основе сети ETHERNET, центральных и локальных информационных серверов и коммуникационных линий;

— по реализации программ обмена в области теоретической физики, с особым вниманием при этом техническому оснащению ЛТФ.

Ученый совет утвердил Проблемно-тематический план НИР и МНТС на 1995 год, поддержал рекомендации ПКК по физике частиц относительно новых проектов NA-45 (SPS, ЦЕРН), STAR (RHIC, США), HERMES (HERA, Германия), а также предложения: ПКК по физике частиц — образовать международный научный совет пользователей подвижной поляризованной мишени, ПКК по физике конденсированных сред — учредить политику пользователей спектрометров ИБР-2, ПКК по ядерной физике — рекомендовать соответствующим исследовательским группам сосредоточить усилия на подготовке экспериментов на нуклотроне.

В связи с рекомендацией 76 сессии о целесообразности увеличения численного состава ПКК Ученый совет утвердил предложение дирекции ОИЯИ по включению в составы комитетов: по физике частиц — М.Делла Негра (ЦЕРН); по ядерной физике — М.Ивашку (ИАФ, Бухарест, Румыния); по физике конденсированных сред — С.Рыпеану (ИАФ, Бухарест, Румыния).

Сессия одобрила предложение дирекции ОИЯИ по организации (по согласованию с Полномочными Представителями государств — членами Института) помощи научным центрам стран-участниц в работах по проекту ЛНС и экспериментах на этом ускорителе.

Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за 1994 год.

9—11 июня 1995 г. в Дубне под председательством директора ОИЯИ В.Г.Кадышевского проходила 78 сессия Ученого совета Института.

На сессии были рассмотрены предложения лабораторий ОИЯИ по научной программе на 1996—1998 гг. и по приоритетным областям деятельности на 1996 год.

С рекомендациями программно-консультативных комитетов на заседании выступили их председатели. Рекомендации дирекции Института по предложениям ПКК, в том числе по планам работ на 1996 год, представил вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян.

Членам Ученого совета была предоставлена информация о мероприятиях по празднованию 40-летия ОИЯИ.

На сессии были сделаны научные доклады:

— «Минимальная суперсимметричная стандартная модель и новая физика на LEP и LHC» (докладчик — Д.И.Казаков);

— «Исследование поляризационных явлений при переходном режиме в релятивистской ядерной физике» (докладчик — М.П.Рекало);

— «Состояние и ближайшие перспективы циклотрона У-400М с источником ECR» (докладчик — Г.Г.Гульбекян).

Ученый совет принял к сведению представленные лабораториями ОИЯИ предложения о теоретических и экспериментальных исследованиях по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред на 1996—1998 гг. и просил дирекцию ОИЯИ подготовить «Научную программу ОИЯИ» для рассмотрения на 79 сессии.

В этой программе Ученый совет рекомендовал предусмотреть приоритетный статус для тех работ, в которых ОИЯИ занимает признанное в мире лидирующее положение, чтобы обеспечить:

— проведение теоретических исследований по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред;

— совершенствование и эксплуатацию нуклотрона;

— завершение проекта ИРЕН в 1997 году в качестве шага на пути к более крупному проекту, который мог бы стать основой научного будущего ОИЯИ;

— совершенствование и эксплуатацию реактора ИБР-2;

— совершенствование и эксплуатацию ускорительного комплекса тяжелых ионов;

— участие в экспериментах по физике частиц, в том числе на ускорителях других научных центров;

— участие в проекте ЛНС (ЦЕРН);

Дирекция ОИЯИ представила список приоритетных направлений деятельности на 1996 год, основанный на рекомендациях ПКК:

— теоретические исследования по физике частиц, ядерной физике и физике конденсированных сред, в том числе непосредственно связанные с экспериментальными работами в этих областях;

— создание системы вывода и каналов выведенных пучков на нуклотроне; совершенствование системы инъекции нуклотрона; продолжение эксплуатации нуклотрона;

— реализация графика работ по проекту ИРЕН;

— совершенствование реактора ИБР-2; завершение работ по холодному замедлителю; развитие экспериментальной базы и средств сбора данных для спектрометров на ИБР-2; дальнейшее использо-

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

— завершение работ по получению интенсивных пучков тяжелых ионов на ускорителе У-400 с источником ECR-4M; синтез тяжелых ядер вблизи области $Z = 114$ и исследования на пучках стабильных и радиоактивных ионов ускорителя У-400M с использованием установок ФОБОС и КОМБАС;

— дальнейшее участие ОИЯИ в текущих экспериментах по физике частиц, в том числе на ускорителях ЦЕРН, ИФВЭ (Протвино) и DESY, в создании отдельных ускорительных систем для УНК (ИФВЭ, Протвино) и ЛНС (ЦЕРН), а также в разработке проектов детекторных систем для установок ATLAS и CMS;

— развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ и коммуникационных средств.

Было решено, что предложение проектов с приоритетом и с указанием условий, при которых эти проекты могут быть реализованы, будет представлено Ученому совету для рассмотрения на 79 сессии.

В связи с рекомендацией 76 сессии о целесообразности увеличения численного состава ПКК Ученый совет утвердил предложение дирекции ОИЯИ по включению в состав:

— комитета по ядерной физике А.Собичевского (ИЯФ, Варшава, Польша);

— комитета по физике конденсированных сред Дж.Б.Форсайта (РАЛ, Великобритания) вместо А.Тейлора (РАЛ, Великобритания).

Ученый совет утвердил председателями ПКК сроком на год:

Ж.Дойча

— ПКК по ядерной физике,

Ж.Пепи

— ПКК по физике конденсированных сред,

П.Спилиантини — ПКК по физике частиц.

Ученый совет согласился с предложением дирекции ОИЯИ продлить сроки полномочий заместителей директора ЛВТА В.В.Коренькова и И.В.Пузынина до окончания срока полномочий директора ЛВТА Р.Позе.

В преддверии 40-летия ОИЯИ Ученый совет вновь обратился к правительству Российской Федерации с просьбой принять действенные меры для стабилизации финансирования научных исследований в ОИЯИ.

ЗАСЕДАНИЕ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА

Заседание Финансового комитета ОИЯИ состоялось в Дубне 21—22 февраля 1995 г. под председательством Я.Коллина (Чешская Республика).

На заседании был заслушан доклад вице-директора ОИЯИ профессора А.Н.Сисакяна «О некоторых итогах деятельности ОИЯИ в 1994 году». Финансовый комитет одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по выполнению научной программы в 1994 году.

Финансовый комитет одобрил работу Контрольной комиссии 21—22 июня 1994 г. и рекомендовал Комитету Полномочных Представителей утвердить отчет об исполнении бюджета ОИЯИ за 1993 год. Комитет просил Полномочного Представителя России провести ревизию финансово-хозяйственной деятельности ОИЯИ за 1994 год. Для анализа итогов ревизии рекомендовано образовать Контрольную комиссию из представителей Республики Армении, Республики Грузии и Российской Федерации.

Финансовый комитет принял к сведению отчет дирекции о выполнении решений Финансового комитета от 15—16 февраля 1994 г. и рекомендаций Контрольной комиссии от 21—22 июня 1994 г.

Доклад «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 1994 г., о проекте бюджета на 1995 г., о контрольных цифрах на 1996 г.» представил административный директор ОИЯИ А.И.Лебедев. Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей принять к сведению информацию об исполнении бюджета за 1994 г., утвердить бюджет на 1995 г. с общей суммой расходов 30 млн долларов США и поручить дирекции Института внести коррективы в проект бюджета с учетом рекомендаций 77 сессии Ученого совета и заседания Финансового комитета.

Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить представленную шкалу долевых взносов государств — членов ОИЯИ на 1995 год и установить контрольную цифру по бюджету ОИЯИ на 1996 год в размере 35 млн долларов США. Комитет рассмотрел вопрос о превышении некоторыми государствами — членами Института допустимого размера задолженности по взносам и дал свои рекомендации КПП.

Финансовый комитет рекомендовал Комитету Полномочных Представителей согласиться с предложением дирекции ОИЯИ изменить механизм использования средств на социальное страхование интернационального коллектива сотрудников, создав в Институте, в соответствии с Положением о

персонале (ст. V. 1.02), фонд социального страхования.

Соглашаясь с необходимостью материального стимулирования российских сотрудников ОИЯИ и увеличения их пенсионного обеспечения, Финансовый комитет рекомендовал КПП поддержать дирекцию Института в работе по подготовке к соз-

данию негосударственного пенсионного фонда или участию в таком фонде с предоставлением Полномочным Представителям государств — членов Института документов о финансовых обязательствах, налагаемых на ОИЯИ, для их последующего утверждения.

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ ОИЯИ

Третья сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред, 10—11 апреля 1995 г. Председатель — доктор Ж.Пепи.

ПКК выразил свою озабоченность тем, что уровень финансирования по направлению «Физика конденсированных сред» в последние несколько лет близок к 10%, а не равен доле бюджета в 16%, утвержденной Комитетом Полномочных Представителей.

ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ обеспечить в 1995 году объем финансирования деятельности реактора ИБР-2 в размере 1330 тыс. долларов США и выделить 845 тыс. долларов США для выполнения программы пользователей, а также отметил быстроту реализации политики пользователей и образование комитетов по отбору экспериментов на ИБР-2. Комитет начал регулярное рассмотрение положения дел на установках ИБР-2 с группы из трех спектрометров неупругого рассеяния (НЕРА-ПР, КДСОГ и ДИН).

ПКК подчеркнул, что именно в Объединенном институте была впервые реализована идея одновременного использования дифракции и неупругого рассеяния, в то время как в мире этот способ только начинает активно распространяться; он также подтвердил свою поддержку первого этапа модернизации спектрометра СПН-2, а в связи с низкими темпами завершения процесса создания спектрометра «Рефлекс» рекомендовал, чтобы группа, ответственная за этот процесс, сконцентрировала усилия на скорейшем окончании работы над проектом и приступила к реализации программы пользователей.

ПКК настоятельно рекомендовал Ученому совету утвердить проект «Развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ» как тему первого приоритета.

ПКК отметил большой объем исследований высокого уровня, выполненных по теме «Исследование процессов взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами. Радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР» и рекомендовал Ученому совету включить новую тему «Радиационные эффекты и модификация

материалов, радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР» в ПТП ОИЯИ как тему первого приоритета.

Одобрив проект организации компьютерной сети ОИЯИ, ПКК подчеркнул ее значение в развитии инфраструктуры Института и поддержал его реализацию в рамках «Программы единой технической политики».

Третья сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике, 24—25 апреля 1995 г. Председатель — профессор А.Будзановский.

Программно-консультативный комитет по ядерной физике рассмотрел предложения лабораторий ОИЯИ по исследованиям в области ядерной физики на 1996—1998 гг.: программу исследований по физике тяжелых ионов, нейтронной ядерной физике, физике низких и промежуточных энергий. ПКК заслушал доклады по теоретической физике и отчеты по завершаемым темам, а также принял к сведению предложения по проектам компьютерной сети и вычислительных систем, представленные Лабораторией вычислительной техники и автоматизации.

В области физики тяжелых ионов ПКК рекомендовал выделить в плане на 1996—1998 гг. работы, связанные с совершенствованием ускорительного комплекса, в отдельную тему. Комитет считает, что синтез новых элементов является одним из ключевых исследований Лаборатории ядерных реакций и поддерживает предложение по синтезу сверхтяжелых элементов вблизи области $Z = 114$, отдавая ему самый высокий приоритет. Комитет отметил плодотворное международное сотрудничество ЛЯР, особенно касающееся работ с изомером гафния и (в коллаборации с ГАНИЛ) по получению экзотических ядер.

ПКК рассмотрел проекты в области физики низких и промежуточных энергий и рекомендовал продолжить с высшим приоритетом следующие проекты: двойной β -распад (TGV и NEMO), корреляции электрон — нейтрон, конверсию мюония — антимюония и β -распад пиона (PSI), работы коллаборации ZDF на установке COSY и корреляции при захвате мюонов. ПКК рекомендовал завершить

накопление данных в экспериментах OBELIX (LEAR) и DISTO (SATURNE) и их обработку.

ПКК рекомендовал проведение экспериментов по получению подпорогового рождения пионов на У-400М, а также по проверке аномалии, обнаруженной в реакции $pp \rightarrow p\bar{p}\pi\pi$, при наличии средств на эти эксперименты.

В области нейтронной ядерной физики ПКК отметил прогресс в реализации проекта ИРЕН и рекомендовал дирекциям ЛНФ и ОИЯИ обеспечить выполнение плана-графика этого проекта. Комитет поддержал программу исследований по нейтронной ядерной физике на 1996—1998 гг. и выразил мнение, что изучение свойств нейтрона (УГРА, КОВШ, ИСПИН), нарушения фундаментальных симметрий (ПОЛЯНА), высоковозбужденных ядерных состояний (КАСКАД, ПАРКС, «Ромашка»), деления ядер нейтронами (ДЕЛРЕНЕ и ДРЕНИЗ) должно быть продолжено с более высоким приоритетом.

Комитет заслушал доклады, посвященные изучению структуры ядра и теории ядерных реакций при низких и промежуточных энергиях, отметил оригинальность программ в области структуры ядра в связи с возобновившимися экспериментальными работами с помощью нового поколения мультidetекторных γ -спектрометров. ПКК отметил также важность расчетов выхода дилептонов в ядерных реакциях и результатов, полученных при изучении свойств необычных систем трех тел.

Члены ПКК избрали профессора Ж.Дойча председателем ПКК по ядерной физике сроком на 1 год.

Третья сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц, 27—28 апреля 1995 г. Председатель — профессор П.Спиллантинн.

ПКК заслушал информацию председателя о выполнении решений предыдущей сессии Комитета. С докладом о международном сотрудничестве ОИЯИ по физике высоких энергий и решениях 77 сессии Ученого совета Института выступил вице-директор ОИЯИ профессор А.Н.Сисакян.

ПКК принял к сведению программу Института по физике частиц на 1995—1996 гг., а также программу исследований на нуклотроне на 1996—1998 гг. Комитет с большим интересом выслушал сообщение профессора Н.Джиокариса о выдающемся событии в современной физике частиц — открытии топ-кварка, имеющем фундаментальное значение для исследований по теории частиц.

Члены Комитета заслушали отчеты представителей ЛВЭ, ЛСВЭ, ЛТФ, ЛЯП и ЛВТА о выполнении работ по темам и проектам, которые принято завершить в 1995 году, обсудили организационные вопросы участия в экспериментах на ЛНС. Кроме того, была заслушана информация о разработке новых проектов на ускорителях: нук-

лотроне, У-70 (ИФВЭ), HERA (DESY) и SPS (ЦЕРН).

Комитет рекомендовал дирекции ОИЯИ продолжать финансирование эксплуатации синхротрона из внебюджетных источников, вплоть до получения выведенных из нуклотрона пучков частиц.

ПКК высоко оценил предложения об участии в подготовке к экспериментам на ЛНС и рекомендовал:

- дать высший приоритет участию в этих работах;

- представить коллаборациям CMS и ATLAS детальные предложения по участию в этих экспериментах;

- дирекции Института предложить заинтересованным группам из государств — членов ОИЯИ координационную помощь в их участии в проекте ЛНС.

Комитет одобрил новые проекты:

- «Исследование спиновых корреляций в рассеянии поляризованных дейтронов на поляризованных протонах»,

- «Исследование очарованных частиц и многокварковых состояний с помощью установки ЭКСЧАРМ на У-70»,

- «Точное измерение прямого CP-нарушения в распадах нейтральных каонов»,

- «Спектрометр вперед летящих протонов детектора Н1 на ускорителе HERA (DESY)».

Комитет также одобрил проведение в течение одного года работ по проекту «Исследования по физике источников многозарядных ионов для адронных коллайдеров ЦЕРН» и отметил вклад ОИЯИ в проект ALICE.

Четвертая сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред, 13—14 ноября 1995 г. Председатель — доктор Ж.Пепи.

ПКК выразил удовлетворение заключением «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Объединенным институтом ядерных исследований о местопребывании и условиях деятельности ОИЯИ в РФ».

В связи с завершением работ по теме «Исследование высокотемпературной сверхпроводимости» в 1995 году ПКК рекомендовал использовать ее бюджет в рамках темы первого приоритета «Физика конденсированных сред».

Комитет одобрил образование нового Отделения радиационных и радиобиологических исследований ОИЯИ.

ПКК предложил дирекции ОИЯИ подготовить к следующему заседанию ПКК доклад о бюджете Института, содержащий информацию о всех источниках поступлений средств и их распределении

между лабораториями ОИЯИ, участвующими в исследованиях конденсированных сред.

В специальных рекомендациях для нейтронных исследований ПКК:

- поддержал научную программу исследований конденсированных сред в научно-экспериментальном отделе физики конденсированных сред ЛНФ на период 1996—1998 гг.;

- подчеркнул свое удовлетворение быстрым развитием политики пользователей на спектрометрах ИБР-2;

- предложил осуществить как можно быстрее дальнейшее развитие фурье-дифрактометра высокого разрешения, включая два новых детектора, с совершенствованием систем окружения образца;

- рекомендовал, чтобы двумерный позиционно-чувствительный детектор для дифрактометра ДН-2 был готов к эксплуатации к концу 1996 года;

- отметил, что дифрактометр ДН-12 продемонстрировал рекордные достижения в исследованиях с высокими давлениями на малых образцах, и рекомендовал расширить экспериментальную программу на ДН-12 и реализовать проект СУПЕРМЕН как можно быстрее;

- рекомендовал закрыть установку СНИМ после проведения экспериментов, принятых на последнем отборочном туре;

ПКК положительно оценил итоги 5-летней деятельности кафедры конденсированных сред при Учебно-научном центре ОИЯИ и поддержал ее дальнейшее развитие.

В специальных рекомендациях для радиационных и радиобиологических исследований ПКК поддержал научную программу Отделения радиационных и радиобиологических исследований; рекомендовал, чтобы в рамках этой программы первый приоритет был отдан теме «Радиационные и радиобиологические исследования на установках ОИЯИ».

Комитет предложил Ученому совету ОИЯИ принять профессора Г.Клозе в полноправные члены ПКК по исследованию конденсированных сред.

Четвертая сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике, 20—22 ноября 1995 г. Председатель — профессор Ж.Дойч.

ПКК по ядерной физике заслушал на своей сессии отчет о выполнении рекомендаций 3 сессии ПКК и информацию о решениях 78 сессии Ученого совета ОИЯИ. Комитету были представлены отчет о работе совещания по научным коллаборациям Восток—Запад, информация о разработке научной программы ОИЯИ на 1996—1998 гг. по ядерной физике, а также научные доклады по наиболее интересным работам, выполненным в 1994—1995 гг. и отчеты по темам завершаемых в 1995 году исследований.

ПКК приветствовал подписание Соглашения между правительством Российской Федерации и ОИЯИ об условиях деятельности ОИЯИ в Российской Федерации и высоко оценил итоги Европейского координационного совещания по ядерной физике (Болгария, 22—26 октября 1995 г.).

ПКК принял к сведению отчеты по темам завершаемых работ и рекомендовал включить в Проблемно-тематический план ОИЯИ новую тему первого приоритета по развитию циклотронного комплекса ЛЯР.

ПКК рассмотрел представленные лабораториями ОИЯИ программы научных исследований на 1996—1998 гг. и дал следующие рекомендации:

По физике тяжелых ионов — включить в научную программу исследований с первым приоритетом следующие направления:

- получение и изучение свойств тяжелых и сверхтяжелых элементов;

- экзотические ядра и физика на радиоактивных пучках;

- ядерные реакции и, в частности, деление при низких энергиях;

- неравновесные процессы.

По физике низких и промежуточных энергий — осуществлять программу исследований в рамках двух тем первого приоритета:

- «Исследование слабых и электромагнитных взаимодействий при низких энергиях»;

- «Исследование симметрий и динамики взаимодействий лептонов, адронов и ядер при промежуточных энергиях»,

и двух тем второго приоритета:

- «Динамика взаимодействия лептонов, адронов и ядер»,

- «Разработка электронных систем автоматизации ядерно-физических и промежуточных исследований на основе модульных структур и ЭВМ».

По нейтронной ядерной физике — продолжить с наиболее высоким приоритетом исследования свойств нейтрона и нарушения симметрии, изучение высоковозбужденных состояний ядер и деления ядер при захвате нейтронов. ПКК одобрил предложение по исследованию поляризуемости нейтрона (установка УГРА), по измерению энергетической зависимости угловой анизотропии осколков деления выстроенных ядер ^{235}U при захвате резонансных нейтронов.

По теории ядра — поддержать программу исследований по структуре экзотических ядер, свойствам супергипердеформированных ядер, физике деления ядер, столкновениям с тяжелыми ионами, субъядерным степеням свободы и по теории малочастичных систем.

ПКК заслушал представленный ЛВТА проект развития сетевой информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, отметив важность его для повышения эффективности научной деятельности

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Н.А. Гулиев (Азербайджанская Республика)
Г.А. Варгалецян (Республика Армения)
Н.М. Шумейко (Республика Белоруссия)
Я. Янев (Республика Болгария)
Нгуен Ван Хыу (Социалистическая Республика Вьетнам)
Н.С. Амаглобели (Республика Грузия)
В.Н. Околович (Республика Казахстан)
Пах Ен Нам (Корейская Народно-Демократическая Республика)
Д. Колорньо (Республика Куба)

В.А. Москаленко (Республика Молдова)
Б. Чадраа (Монголия)
А. Хрынкевич (Республика Польша)
Б.Г. Салтыков (Российская Федерация)
А. Глодеану (Румыния)
С.Дубиничка (Словацкая Республика)
Б.С. Юлдашев (Республика Узбекистан)
С.М. Рябенко (Украина)
Р. Мах (Чешская Республика)

Финансовый комитет

По одному представителю от каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

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

Н.С. Амаглобели	— Республика Грузия	Ф. Легар	— Франция	М. Петрашку	— Румыния
У. Амазди	— Италия	А.А. Логунов	— Российская Федерация	Г. Пираджино	— Италия
В. Андрейчев	— Республика Болгария	В.А. Матвеев	— Российская Федерация	Д. Саитаа	— Монголия
Ц. Баатар	— Монголия	М. Матеев	— Республика Болгария	А.Н. Сисакян	— Российская Федерация
С.Т. Беляев	— Российская Федерация	Р. Мир-Касимов	— Азербайджанская Республика	Р. Сосновски	— Республика Польша
Х. Бланко	— Республика Куба	Л. Монтане	— Швеция	В.И. Стражев	— Республика Белоруссия
В.Г. Веселаго	— Российская Федерация	В.А. Москаленко	— Республика Молдова	А.Н. Тавхелидзе	— Республика Грузия
И. Вильгельм	— Чешская Республика	Т.М. Муминов	— Республика Узбекистан	Дж. Трилинг	— США
И.Н. Вишневский	— Украина	Нго Куок Бяу	— Социалистическая Республика Вьетнам	А. Хрынкевич	— Республика Польша
К. Дестраз	— Франция	В.Н. Околович	— Республика Казахстан	Ш. Шаро	— Словацкая Республика
Ф. Дилах	— ФРГ	В.В. Папоян	— Республика Армения	Х. Шоппер	— ФРГ
Г.М. Зиновьев	— Украина	Пах Хен Гю	— Корейская Народно-Демократическая Республика	Н.М. Шумейко	— Республика Белоруссия
Н. Кроо	— Венгерская Республика			Б.С. Юлдашев	— Республика Узбекистан
<u>Й. Ланик</u>	— Словацкая Республика			Е. Яник	— Республика Польша

Программно-консультативный комитет по физике частиц

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

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

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

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

Председатель — Ж. Пети (Франция)
Ученый секретарь — Е.И. Корнилов

ДИРЕКЦИЯ

Директор В.Г.Кадышевский

Визе-директор А.Н.Сисакян

Визе-директор Ц.Вылов

Административный директор А.И.Лебедев

Главный ученый секретарь В.М.Жабицкий

Лаборатория
теоретической физики
им. Н.Н.Боголюбова

Директор
Д.В.Ширков

Исследования:

- свойства симметрии элементарных частиц;
- структуры теории поля;
- взаимодействия элементарных частиц;
- теории атомного ядра;
- теории конденсированных состояний.

Лаборатория
высоких энергий

Директор
А.М.Балдин

Исследования:

- структуры нуклонов;
- сильных взаимодействий частиц;
- резонансных явлений во взаимодействиях частиц;
- электромагнитных взаимодействий;
- в области релятивистской ядерной физики;
- методов ускорения частиц;
- взаимодействий многозарядных ионов в широкой области энергий.

Лаборатория
ядерных проблем

Директор
Н.А.Рукавич

Исследования:

- сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц, структуры частиц;
- поиск новых частиц;
- структуры ядра;
- ядерно-спектроскопические;
- мезоатомных и мезомолекулярных процессов;
- методов ускорения частиц;
- радиобиологические.

Лаборатория
ядерных реакций
им. Г.Н.Флерова

Директор
Ю.Ц.Оганесян

Исследования:

- свойства тяжелых элементов, слияния ядер, деления сложных ядер, кластерной радиоактивности, реакций на изотопной мишени гафния;
- реакций на пучках радиоактивных ядер, структуры нейтронизбыточных легких ядер, точных масс ядер, процессов;
- взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами;
- методов ускорения частиц.

Лаборатория
нейтронной физики
им. И.М.Франка

Директор
В.Л.Аксенов

Исследования:

- ядер методами нейтронной спектроскопии;
- фундаментальных свойств нейтронов;
- атомной структуры и динамики твердых тел и жидкостей;
- высокотемпературной сверхпроводимости;
- реакций на легких ядрах;
- материалов методов рассеяния нейтронов, нейтронно-активационного анализа и нейтронной радиографии;
- динамических характеристик импульсного реактора ИБР-2.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Директор
Р.Позе

Исследования:

- развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ;
- развитие средств сопряжения с международными компьютерными информационными системами;
- исследования нелинейных проблем вычислительной и математической физики для разработки методов, алгоритмов и программ;
- автоматизация физических установок;
- обработка फिल्मовой информации.

Лаборатория
сверхвысоких энергий

Директор
И.А.Савин

Исследования:

- проведение экспериментальных исследований на внешних ускорителях в области физики элементарных частиц, направленных на изучение законов взаимодействий;
- разработка приборов и методов исследований элементарных частиц;
- разработка методов и систем ускорения частиц до сверхвысоких энергий.

Общественностные
службы

- Общественностные научные и информационные отделы;
- административно-хозяйственные подразделения;
- производственные подразделения.

Отделение радиационных и радиобиологических исследований

Начальник
Е.А.Красавин

Исследования:

- исследование полей излучений;
- исследование генетического действия ионизирующих излучений;
- радиационный контроль.

Учебно-научный центр при ОИЯИ

Директор
С.П.Иванова

ОИЯИ и интеграции ОИЯИ в международную исследовательскую сеть.

Четвертая сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц, 23—24 ноября 1995 г. Председатель — профессор П. Спиллантини.

ПКК заслушал информацию председателя о выполнении решений предыдущей сессии Комитета. С докладом о международном сотрудничестве ОИЯИ по физике высоких энергий и решениях 78 сессии Ученого совета Института выступил вице-директор ОИЯИ профессор А.Н. Сисакян.

ПКК рассмотрел некоторые вопросы сотрудничества ОИЯИ в области физики частиц, проекты ряда новых экспериментов и программу работ, планируемых в Институте на 1996—1998 гг.

Комитет одобрил участие ОИЯИ в проектах ATLAS, CMS, в разработке и изготовлении отдельных узлов для LHC; проект MAPUSY, а также участие ОИЯИ в проектах BOREXINO, HERA-B, HADES. Комитет рекомендовал продолжить исследования по проекту НЕПТУН в течение 3 лет.

ПКК поставил первый приоритет следующим работам, планируемым по физике частиц в Институте на 1996—1998 гг.:

- эксплуатация и развитие ускорительного комплекса синхрофазотрон — нуклотрон;

- поиск ненуклонных степеней свободы и спиновых эффектов в малонуклонных системах

(особенно в части экспериментов, связанных с использованием поляризованной мишени и поляризованных пучков);

- изучение множественных процессов в условиях 4 π -геометрии и создании спектрометра СФЕРА;

- исследование очарованных и странных кварков в адронных реакциях — проект OCHAR (NA-48 SPS CERN, EXCHARM-II, У-70 ИФВЭ, H1 HERA DESY);

- изучение глубоконеупругих взаимодействий (эксперимент КМН У-70 ИФВЭ, NA-47 SPS CERN, HERMES HERA DESY);

- участие ОИЯИ в проектах: ATLAS, CMS, STAR;

- проведение физических исследований на установке DELPHI;

- измерение времени жизни $\pi^+\pi^-$ -атомов с целью проверки предсказания КХД при низких энергиях (после одобрения проекта ДИРАК);

- участие в экспериментах NA-49 и WA-96 (NOMAD);

- исследования и разработка элементов ускорительного комплекса LHC;

- разработка, создание и исследование систем УНК. Разработка проектов e^+e^- -коллайдеров;

- проект CONET-96/98 (после его утверждения).

ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Премия им. Н.Н.Боголюбова присуждена:

за выдающийся вклад в квантовую теорию поля Анатолию Алексеевичу Логунову (ИФВЭ, Протвино, Россия) и Янгу Чженьнину (Институт теоретической физики Государственного университета Нью-Йорка, Стони-Брук, США) за выдающийся вклад в теорию элементарных частиц.

Премия имени Бруно Понтекорво присуждена:

за цикл экспериментальных работ по физике слабых

взаимодействий известному итальянскому физiku Уго Амальди, ЦЕРН (Женева, Швейцария).

Премия имени И.М.Франка присуждена:

за пионерские исследования в области получения ультрахолодных нейтронов и изучение их свойств Альберту Штайерлу (Университет Род-Айленда, США), Полю Ожерону (Институт Лауэ-Ланжевена, Гренобль, Франция) и Александру Владимировичу Стрелкову (ОИЯИ, Дубна).

РЕШЕНИЕ ЖЮРИ ПО ПРЕМИЯМ ОИЯИ ЗА 1995 ГОД

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ РАБОТАМ:

Первая премия

«Развитие квазичастично-фононной модели и структура деформированных ядер».

Авторы: В.Г.Соловьев, А.В.Сушков, Н.Ю.Ширикова.

Вторая премия

«Физические свойства упругого континуума с топологическими дефектами».

Автор: В.А.Осипов.

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РАБОТАМ:

Первая премия

«Наблюдение атомов, образованных π^+ - и π^- -мезонами, и экспериментальная оценка их времени жизни».

Авторы: Л.Г.Афанасьев, В.В.Карпухин, В.И.Комаров, В.В.Круглов, А.В.Куликов, А.В.Купцов, Л.Л.Неменов, М.В.Никитин, С.В.Трусов, В.В.Язьков.

Две вторые премии

«Распределение масс и энергий осколков деления нагретых ядер в реакциях с тяжелыми ионами: статические и динамические аспекты».

Авторы: М.Г.Иткис, Ю.А.Музыка, Ю.Ц.Оганесян, В.Н.Околович, А.Я.Русанов, В.С.Саламатин, Г.Г.Чубарян, В.В.Пашкевич, Э.М.Козулин, Г.Н.Смиренкин.

«Исследование свойств легких экзотических ядер».

Авторы: А.В.Белозеров, Х.Г.Болен, И.Давид, З.Длоуги, Р.Калпакчиева, С.М.Лукьянов, Н.К.Скобелев, Ю.Э.Пенионжкевич, А.С.Фомичев, О.Б.Тарасов.

ПО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ
И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ:

Первая премия

«Создание и исследование источников ионов на основе электронно-циклотронного резонанса (DECRI-14)».

Авторы: В.В.Бехтерев, А.А.Ефремов, И.В.Колесов, В.Б.Кутнер, А.Н.Лебедев, В.Н.Логинов, Ю.Пиварч, М.А.Чохели, Х.Чжао, Н.Ю.Языцкий.

Две вторые премии

«Передвижная поляризованная мишень».

Авторы: Н.С.Борисов, А.Б.Лазарев, А.Б.Негатов, Ю.А.Плис, Ю.А.Усов, С.Н.Шилов, Л.Б.Голованов, Н.М.Пискунов, Ж.Дюран, Ф.Легар.

«Создание поляризованного квазимонохроматического пучка нейтронов релятивистских энергий».

Авторы: А.Д.Кириллов, А.Д.Коваленко, Л.Н.Комолов, Е.А.Матюшевский, А.А.Нсмофилов, П.А.Рукояткин, А.Л.Светов, А.Ю.Стариков, Л.Н.Струнов, В.И.Шаров.

ГРАНТЫ

45 научных проектов сотрудников Объединенного института ядерных исследований в 1995 году получили гранты фонда Сороса, 88 проектов финансировано Российским фондом фундамен-

ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИКЛАДНЫМ
РАБОТАМ:

Две первые премии

«Создание трековых мембран нового типа и их применение в биотехнологии, медицине и экологии».

Авторы: Ю.Ц.Оганесян, С.Н.Дмитриев, А.Ю.Дидык, В.А.Щеголев, П.Ю.Апель, Д.Рут, Д.Клементс, Б.В.Мchedlishvili, А.И.Мельников, В.А.Антипов.

«Нейтронный активационный анализ на ИБР-2 в решении задач охраны окружающей среды».

Авторы: В.М.Назаров, М.В.Фронтасьева, В.Ф.Переседов, С.С.Павлов, С.Ф.Гундорина, В.П.Чинаева, Т.М.Островная.

Поощрительная премия

«Исследование атомной и магнитной структуры системы $YBa_2(Cu_{1-x}^{57}Fe_x)_3O_{6+y}$ на изотопных образцах».

Авторы: А.М.Балагуров, И.С.Любутин.

тальных исследований, ряд проектов получили финансирование фонда INTAS.

Министерством науки и технической политики РФ финансировано 13 проектов ОИЯИ.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 1995 года по международному научно-техническому сотрудничеству Объединенного института ядерных исследований отражают следующие данные:

- проведены совместные исследования с научными центрами стран-участниц, а также международными и национальными организациями других стран по 37 темам первого приоритета и по 29 темам второго приоритета;

- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2133 специалиста;

- для совместных работ и консультаций в ОИЯИ было принято 734 специалиста;

- 870 специалистов приезжали в ОИЯИ для участия в совещаниях, конференциях, школах;

- организовано и проведено 14 международных научных конференций, 25 рабочих и 13 организационных совещаний;

- в лабораториях Института работали 28 стипендиатов.

Международное сотрудничество ОИЯИ характеризуется также соответствующими соглашениями и договорами, проведением совместных экспериментов на базовых установках физических центров, получением научных результатов, подготовкой общих публикаций, поставкой оборудования и технологий для заинтересованных сторон и многим другим.

20 января 1995 г. Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Армения в РФ Ю.И.Мкртычян посетил Объединенный институт ядерных исследований. Посол ознакомился с основными направлениями проводимых здесь физических исследований, развитием широкого международного научного сотрудничества.

14 апреля советник по науке и технологии Посольства Франции в России г-н Ж.Василев посетил

Объединенный институт. Вице-директор Института профессор Ц.Вылов и главный ученый секретарь В.М.Жабицкий рассказали гостю о деятельности международного научного центра, о традициях сотрудничества с ведущими физическими центрами, в том числе институтами Франции. Господин Ж.Василев осмотрел ускорители ЛЯР, побывал в реакторном зале ЛНФ, в Опытном производстве посетил участки, где выполняются заказы по проекту NEMO, ознакомился с реализацией этого проекта в ЛЯП. Гость побывал также в ЛТФ, НТБ, осмотрел нуклотрон и поляризованную мишень.

13 мая гостем Дубны был начальник Департамента науки и образования правительства России член-корреспондент РАН М.П.Кирпичников. Состоялись встречи и обсуждения перспектив развития науки и образования в ОИЯИ и в Международном университете «Дубна». Во встречах приняли участие члены дирекции ОИЯИ и дирекций лабораторий, руководство университета и представители мэрии Дубны. М.П.Кирпичников посетил Лабораторию ядерных реакций, где ознакомился с фундаментальными и прикладными работами ученых.

Объединенный институт посетил Чрезвычайный и Полномочный посол Чешской Республики в России г-н Р.Слански. Он присутствовал на заседании 78 сессии Ученого совета. На встрече с дирекцией Института обсуждались вопросы научного сотрудничества ОИЯИ и научных центров Чешской Республики, а также организации подготовки в Дубне чешских студентов и аспирантов. Р.Слански встретился с чешскими специалистами, работающими в Дубне, посетил Лабораторию ядерных реакций, осмотрел городские районы.

14 июня ОИЯИ посетили Чрезвычайный и Полномочный посол Словацкой Республики в России г-н Р.Палдан и советник посольства по науке г-н И.Сандтнер. Состоялась встреча в дирекции Института, на которой вице-директор ОИЯИ профессор

А.Н.Сисакян ознакомил гостей с историей создания международного научного центра, с основными направлениями научных исследований, планом мероприятий к 40-летию Института. Посол побывал в Лаборатории ядерных реакций, где осмотрел комплекс У-400М, встретился со словацкими сотрудниками, работающими в ОИЯИ.

19 июля ОИЯИ посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Польша в России г-н С.Чосек. Он присутствовал на открытии Международного симпозиума «Физика и детекторы на ЛНС», посетил Лабораторию нейтронной физики. Состоялась беседа с руководством ОИЯИ, ЦЕРН и российскими официальными лицами, участвовавшими в работе симпозиума. Посла сопровождал советник посольства по науке г-н Е.Синявский.

11 сентября ОИЯИ посетил советник посольства Арабской Республики Египет в России по вопросам культуры профессор А.А.М.А.Фарахат. В дирекции состоялось обсуждение возможностей расширения сотрудничества ученых ОИЯИ и Египта. В ЛВЭ гость встретился с директором лаборатории академиком А.М.Балдиным, осмотрел ускорительный комплекс.

10 августа в Дубне побывали руководители Международной корпорации «Ватман» (Англия) — директор по развитию Р.Картер и директор по маркетингу М.Барнден. Они посетили центр прикладной физики Лаборатории ядерных реакций и ознакомились с ускорительной базой ЛЯР. В ходе визита обсуждались возможности сотрудничества в производстве трековых мембран с заданными свойствами.

28—29 сентября в Дубне проходило рабочее совещание «Сотрудничество ОИЯИ и немецких научных центров», на котором обсуждался ход выполнения совместной научной программы в рамках Соглашения ОИЯИ — ВМБФ. Были доложены основные научные результаты, полученные за последние три года в работах по теоретической физике, физике тяжелых ионов, физике конденсированных сред, а также в совместных работах по физике высоких энергий, проводимых в DESY (Гамбург).

В заключительном документе совещания отмечаются успешное осуществление совместных исследовательских работ и хорошие перспективы дальнейшего сотрудничества. Данное сотрудничество — взаимовыгодное, оно играет важную роль в укреплении связей между Германией и странами-участницами ОИЯИ. Эксперты рекомендовали продлить Соглашение между ОИЯИ и ВМБФ.

23 октября состоялся визит Председателя правительства РФ В.С.Черномырдина в Объединен-

ный институт ядерных исследований, прибывшего в сопровождении Полномочного Представителя РФ в ОИЯИ министра науки и технической политики Б.Г.Салтыкова, министра по атомной энергии В.Н.Михайлова, президента РАН Ю.С.Осипова, председателя Госкомитета оборонных отраслей промышленности В.К.Глухих, председателя Госкомитета по управлению государственным имуществом С.Г.Беляева, первого заместителя министра финансов А.П.Вавилова, заместителя министра иностранных дел С.Б.Крылова, заместителя министра экономики С.М.Игнатьева, заместителя главы администрации Московской области И.М.Черепанова, начальника Департамента науки и образования правительства России М.П. Кирпичникова, других официальных лиц.

Во время визита гости посетили Лабораторию ядерных реакций им. Г.Н.Флерова, где ознакомились с главными направлениями исследований интернационального научного коллектива и физическими установками в экспериментальном зале.

Гости осмотрели выставку «Наука — технологии — инвестиции», специально подготовленную к этому визиту. Состоялась встреча с научным активом Института, руководителями города и крупных предприятий Дубны, на которой обсуждались актуальные проблемы развития науки, образования, вопросы сотрудничества научно-исследовательских институтов с промышленными предприятиями, обладающими высокими технологиями.

В подготовленных к визиту документах и материалах, а также в выступлениях членов дирекции Института было отмечено, что ОИЯИ внес огромный вклад в мировую науку и в настоящее время следует своим традициям подлинно международного центра.

19—21 декабря в Будапеште состоялось заседание совместного Координационного комитета Венгерской Академии наук и Объединенного института ядерных исследований. Главный результат этого визита — подписание нового Соглашения на период с 1996 по 1998 гг., в сферу действия которого включен ряд новых направлений. Так, в 1996 году будут осуществляться по три проекта в области нейтронных исследований конденсированных сред и теоретической физики, по одному проекту — в области исследований конденсированных сред с помощью тяжелых ионов и в разработке позиционно-чувствительных детекторов. Стороны сочли целесообразным продолжить стажировки студентов УНЦ в Исследовательском институте физики твердого тела ВАН.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций, организованных ОИЯИ в 1995 году, наиболее крупными были десять из них.

15 конференция по ядерной физике Европейского физического общества «Ядерная динамика при низких энергиях (LEND-95)» проходила в

Санкт-Петербурге 18—22 апреля 1995 г. Организаторами конференции выступили Европейское физическое общество, Российская Академия наук, ОИЯИ (Дубна), Радиевый институт им. В.Г.Хлопина (Санкт-Петербург) и Институт Хана и Майтнер (Берлин). В конференции приняли участие около 150 ученых из 19 стран (включая США, Японию и Мексику) и из ОИЯИ.

Научная программа «LEND-95» была довольно разнообразной и включала обсуждение экспериментальных и теоретических результатов в таких областях, как: динамика ядерных реакций, слияние — деление, нейтронная физика, деформированные оболочки, ядерная спектроскопия, экзотические ядра. Было представлено 70 докладов, в том числе 12 пленарных.

III Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-3) состоялся в Дубне 26—28 апреля. Его тематика охватывала значительную область ядерной физики, связанную с реакциями, вызванными нейтронами, свойствами самого нейтрона, фундаментальными симметриями и взаимодействиями. В семинаре приняли участие физики из многих стран-участниц ОИЯИ, а также из Германии, США, Японии.

III Международное совещание «Ядерная физика в охране окружающей среды» проводилось в Дубне 24—27 мая. Организаторы совещания — Лаборатория нейтронной физики при участии Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, Международный университет «Дубна», Российская Академия наук в сотрудничестве с МАГАТЭ. Тематика докладов включала методы ядерной физики для контроля безопасности на атомных станциях, проблемы охраны здоровья человека, борьбы с загрязнениями окружающей среды и многие другие вопросы.

С 19 по 24 июня Объединенный институт проводил Международный симпозиум «Мюонный катализ-95». Дубненский симпозиум — очередной в ряду регулярно проводимых международных совещаний, посвященных исследованию явления мюонного катализа реакций ядерного синтеза в смеси изотопов водорода. Общепризнан вклад дубненских экспериментаторов и теоретиков в развитие этого направления. В симпозиуме приняли участие около 100 ученых из ОИЯИ, его стран-участниц, а также из США, Канады, Швейцарии, Японии. В числе участников были лидеры программ по мюонному катализу крупных российских и зарубежных лабораторий.

10—16 июня в ЛТФ проходила седьмая Международная конференция «Методы симметрии в физике». В ее работе приняли участие более 150 ученых из 34 стран и ОИЯИ. На пленарных заседаниях и параллельных секциях заслушано около 130 докладов по темам следующих направлений: динамические симметрии и суперинтегрируемые системы, квантовые алгебры и группы, специальные функции и представления групп, суперсимметрия

— от квантовой механики до элементарных частиц, геометрические методы в квантовой механике и квантовой теории поля, симметрия и нелинейные явления, квантовая оптика и когерентные состояния, методы симметрии в ядре, симметрии в конденсированных средах и статистической механике, математические методы.

Конференция была организована при финансовой поддержке РФФИ и с привлечением средств программы «Гейзенберг — Ландау».

19—21 июля в Дубне состоялся крупный Международной симпозиум «Физика и детекторы на ЛНС». В нем участвовало свыше 200 ученых из более чем 20 стран. Председатель оргкомитета вице-директор ОИЯИ А.Н.Сисакян в своем выступлении на открытии симпозиума отметил большой интеллектуальный и материальный вклад ОИЯИ в крупнейший международный проект ЛНС, внесенный в течение ряда лет участием в разработке отдельных узлов ускорителя, а также в создании экспериментальных установок ATLAS, CMS, ALICE. ОИЯИ выполняет роль координатора участников проекта из числа государств — членов Института.

На открытии симпозиума также выступили первый заместитель главы администрации Московской области А.А.Поляков, первый заместитель министра по атомной энергии России Л.Д.Рябев, заместитель министра науки и технической политики России Г.В.Козлов.

Генеральный директор ЦЕРН К.Лювеллин Смит выступил на симпозиуме с научным докладом, принял участие в пресс-конференции, в семинаре ЛТФ и переговорах в дирекции ОИЯИ.

Летом (27 августа — 9 сентября) Дубна впервые принимала участников Европейской школы по физике высоких энергий, организуемой совместно ЦЕРН и ОИЯИ по соглашению между дирекциями этих научных центров ежегодно, начиная с 1993 года. Эта школа является продолжением традиционных совместных школ ЦЕРН — ОИЯИ по физике, проводимых с 1970 г.

Школа ориентирована на молодых физиков, участвующих в совместных экспериментальных исследованиях. Продолжительность ее работы — две недели; первая по традиции посвящается основным курсам по теории поля, стандартной модели и технике эксперимента, вторая — курсам лекций по более конкретизированным темам: КХД, «За пределами стандартной модели», В-физика и т.д. Представители дирекций ЦЕРН и ОИЯИ подробно знакомят слушателей с научными программами обоих институтов. В этом году в работе школы приняли участие около 100 молодых физиков почти из всех стран-участниц ЦЕРН и ОИЯИ. Гость школы, заместитель министра по науке и технике РФ З.Якобшвили прочитал лекцию о положении и перспективах развития науки в России.

С 3 по 22 сентября в Дубне проходила VII Международная школа по нейтронной физике, в которой приняли участие около 120 ученых. Первое отделение школы было посвящено физике ядра, второе — физике конденсированных сред.

11 сентября открылась «Неделя ДЕЛФИ в ОИЯИ». В создании установки ДЕЛФИ для опытов на крупнейшем в Европе электрон-позитронном коллайдере LEP участвовали специалисты почти 50 научных центров из более чем 20 стран. С 1983 года в этом проекте участвуют многие сотрудники ОИЯИ: теоретики и экспериментаторы, инженеры и рабочие почти всех лабораторий и опытного производства Института. Начиная с 1990 года установка реально работает для физики, идет набор статистики. Сотрудники ОИЯИ занимают в этой работе ключевые позиции: участвуют в подготовке аппаратуры, сборе и анализе данных и т.д.

В 1995 году ежегодное рабочее совещание ДЕЛФИ было организовано в Дубне. На совещание

приехало более 100 зарубежных физиков. Состоялось обсуждение широкого круга вопросов — от научно-политических до сугубо технических, были проведены как пленарные заседания, так и работа по секциям.

Вторая Международная конференция по физике низкоразмерных структур состоялась в Дубне 18—21 сентября. Основные ее организаторы — ОИЯИ и Институт физики твердого тела РАН (Черноголовка). В работе конференции приняли участие более 130 физиков из 11 стран. Научная программа включала все направления физики низкоразмерных структур: поверхности, оверлен, интерфейсы, гетероструктуры, кластеры, наноструктуры.

УЧАСТИЕ ОИЯИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 1995 году ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 259 международных конференциях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на Совещании по ядерной физике промежуточных и высоких энергий (Швеция, Остерзунд), Международной конференции «Проволочные камеры-95» (Австрия, Вена), Международной конференции-школе «Низкоразмерные модели в статистической физике и квантовой теории поля» (Австрия, Шладминг), 3 Французско-российском семинаре по сильнокоррелированным электронным системам (Франция, Гренобль), Совещании коллаборации АТЛАС (Швейцария, Женева), Международной конференции «Искусственный интеллект в физике высоких энергий и ядерной физике» (Италия, Пиза), Международном семинаре «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов» (Польша, Познань), Рабочем совещании по проекту NEMO (Украина, Киев), Международном семинаре по нелинейной и квантовой оптике (Польша, Познань), Международном совещании по зарядным и нуклонным радиусам экзотических ядер (Польша, Познань), Международной конференции по проблемам нескольких тел (Испания, Пенискола), 6 Международном семинаре «Квантовая теория гравитации» (Россия, Москва), Международной конференции «Слабые и электромагнитные взаимодействия в ядрах» (Япония, Осака), 18 Международном семинаре по физике высоких энергий и теории поля (Россия, Протвино), Международном совещании по спектроскопии и структуре ядра (Россия, Санкт-Петербург), Международной школе ИКФА (Словения, Любляна), Международном совещании по ЕЕС-проекту (Чехия, Брно), Европейской конференции по порошковой дифракции (Великобритания, Честер), Международной конференции «Адрон-95» (Великобритания, Честер), Международной конференции по физике высоких энергий (Бельгия, Брюссель),

Международном рабочем совещании коллаборации СТАР (США, Брукхейвен), Международной конференции по ядерной физике — INPC'95 (КНР, Пекин), Международной конференции «Проблемы фундаментальной физики» (Россия, Москва), Международной школе «Коллективное движение и ядерная динамика» (Румыния, Предеал), Международной конференции «Дифракция-95» (Украина, Новый Свет), 3 Международной конференции по физике нуклон-антинуклонных взаимодействий (Россия, Москва), 6 Семинаре по спиновым явлениям в физике высоких и промежуточных энергий — СПИН-95 (Россия, Протвино), Международной школе ЦЕРН по ускорителям (Венгрия, Будапешт), Международном совещании по проекту NEMO-3 (Чехия, Прага), конференции «Мембраны-95» (Россия, пансионат «Клязьма»), Международной конференции по физике с поляризованными пучками и мишенями (Чехия, Прага), 13 Совещании по физике деления (Россия, Обнинск), Международной конференции по циклотронам и их применению (ЮАР, Кейптаун), Координационном совещании по ядерной физике (Болгария, Сандански), Международной конференции «Передовые исследования в физике конденсированных сред» (Италия, Турин), Конференции по фундаментальным взаимодействиям элементарных частиц (Россия, Москва), Рабочем совещании по использованию микротронов для фундаментальных и прикладных исследований (Болгария, Пловдив), Международной конференции «Нелинейная динамика, хаотические и сложные системы» (Польша, Закопане), Международном семинаре «Квантовые группы и квантовые пространства» (Польша, Варшава), Рабочем совещании по проекту АТЛАС (Швейцария, Женева), Рабочем совещании по проектам CMS и RDMS (Швейцария, Женева), Рабочем совещании по ускорительной установке TESLA (Югославия, Белград).

**Данные о развитии международного сотрудничества
и связей Объединенного института ядерных исследований в 1965—1995 гг.**

	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1. Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без учета приездов на совещания)	203	446	1026	1216	1469	1058	580	227	231	208	299
2. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	171	287	474	558	600	778	669	401	321	484	682
3. Количество научных, методических и организационных совещаний ОИЯИ	19	28	42	40	49	44	37	44	45	46	52
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	69	166	131	109	119	437	526	836	933	1247	1451
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц в ОИЯИ	27	176	226	93	144	563	479	654	896	895	630
6. Количество стипендиатов		8	11	7	3	16	14	9	16	18	28

**Перечень совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1995 году**

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
I. Научные совещания, конференции, школы			
Международный симпозиум по пучковым технологиям	Дубна	28 февраля — 4 марта	100
Международная конференция Европейского физического общества «Ядерная динамика при низких энергиях»	Россия, Санкт-Петербург	18—22 апреля	350
III Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-3)	Дубна	25—28 апреля	120
III Международное совещание «Ядерная физика в охране окружающей среды»	Дубна	23—28 мая	160
Международный симпозиум «Мюонный катализ-95»	Дубна	19—24 июня	150
Международный симпозиум «Дейтрон-95»	Дубна	4—7 июля	100
Международная конференция «Методы симметрии в физике»	Дубна	10—16 июля	200

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Международный симпозиум «Физика и детекторы на LHC»	Дубна	19—21 июля	200
Международная школа студентов по теоретической ядерной физике	Дубна	26 августа — 8 сентября	100
Европейская школа по физике высоких энергий	Дубна	27 августа — 9 сентября	120
VII Международная школа по нейтронной физике	Дубна	4—21 сентября	250
Международное совещание «DELPHI Week»	Дубна	11—15 сентября	150
Международная конференция «Физика низкоразмерных структур»	Дубна	19—22 сентября	200
Международное совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	Дубна	26—30 сентября	100

II. Рабочие совещания

Рабочее совещание по экспериментам на нейтринном детекторе ИФВЭ—ОИЯИ	Дубна	12—14 января	30
Рабочее совещание группы жидкоаргонового калориметра коллаборации АТЛАС	Дубна	12—14 марта	40
Рабочее совещание по математическим методам текстурного анализа	Дубна	21—24 марта	40
Рабочее совещание по фотоэмульсиям	Дубна	24—26 апреля	40
II Рабочее совещание по созданию кооперативного узла компьютерной связи	Дубна	26—27 апреля	40
Рабочее совещание по установке СВД	Дубна	15—16 мая	35
Рабочее совещание «Взаимодействие пересекающихся пучков»	Дубна	17—20 мая	60
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	13—15 июня	50
Рабочее совещание по физике промежуточных и высоких энергий	Дубна	26—28 июня	50
Рабочее совещание «Квантовая космология»	Дубна	5—7 июля	50
Школа-семинар «Секреты квантовой интуиции»	Дубна	18—20 июля	60
Рабочее совещание по адронному калориметру	Дубна	22—24 июля	40
Международный семинар «Критические явления и самоорганизация»	Дубна	25—28 июля	50
Российско-японское совещание по синхротронным и нейтронным исследованиям	Дубна	21—25 августа	50
Курсы МАГАТЭ по системе ИНИС	Дубна	11 сентября — 14 октября	25
Рабочее совещание-семинар «Нуклотрон для физики и технологий»	Варна, Болгария	16—20 сентября	50

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Рабочее совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	Дубна	26—30 сентября	100
Рабочее совещание по адронному калориметру	София, Болгария	14—19 октября	50
Семинар по проблемам заряженных частиц (памяти В.П.Саранцева)	Дубна	10 октября	70
Рабочее совещание «Вакуумные системы и оборудование ускорителей заряженных частиц и электрофизических установок»	Дубна	17—19 октября	40
Рабочее совещание по экспериментам на установке ЭКСЧАРМ	Дубна	31 октября — 2 ноября	50
Сессия Научного совета РАН по проблеме «Радиационная физика твердого тела»	Дубна	28—29 ноября	30
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	5—7 декабря	50
V Международное совещание «Автоионизационные явления в атомах»	Дубна	12—15 декабря	70
Рабочее совещание по установкам ГИБС и СФЕРА	Дубна	18—20 декабря	60

III. Организационные совещания

77 сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	17—19 января	120
Заседание Финансового комитета	Дубна	21—23 февраля	80
Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	14—16 марта	120
Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред	Дубна	10—11 апреля	120
Программно-консультативный комитет по ядерной физике	Дубна	24—25 апреля	120
Программно-консультативный комитет по физике частиц	Дубна	27—28 апреля	120
78 сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	9—11 июня	120
Заседание контрольной комиссии Финансового комитета	Дубна	20—22 июня	20
Международный совет по теоретической физике	Дубна	7—10 сентября	50
Совещание по сотрудничеству с ФРГ	Дубна	28—29 сентября	30
Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред	Дубна	13—14 ноября	120
Программно-консультативный комитет по ядерной физике	Дубна	20—22 ноября	120
Программно-консультативный комитет по физике частиц	Дубна	23—25 ноября	120

Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
Рабочее совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	Дубна	26—30 сентября	100
Рабочее совещание по адронному калориметру	София, Болгария	14—19 октября	50
Семинар по проблемам заряженных частиц (памяти В.П.Саранцева)	Дубна	10 октября	70
Рабочее совещание «Вакуумные системы и оборудование ускорителей заряженных частиц и электрофизических установок»	Дубна	17—19 октября	40
Рабочее совещание по экспериментам на установке ЭКСЧАРМ	Дубна	31 октября — 2 ноября	50
Сессия Научного совета РАН по проблеме «Радиационная физика твердого тела»	Дубна	28—29 ноября	30
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	5—7 декабря	50
V Международное совещание «Автоионизационные явления в атомах»	Дубна	12—15 декабря	70
Рабочее совещание по установкам ГИБС и СФЕРА	Дубна	18—20 декабря	60

III. Организационные совещания

77 сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	17—19 января	120
Заседание Финансового комитета	Дубна	21—23 февраля	80
Комитет Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ	Дубна	14—16 марта	120
Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред	Дубна	10—11 апреля	120
Программно-консультативный комитет по ядерной физике	Дубна	24—25 апреля	120
Программно-консультативный комитет по физике частиц	Дубна	27—28 апреля	120
78 сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	9—11 июня	120
Заседание контрольной комиссии Финансового комитета	Дубна	20—22 июня	20
Международный совет по теоретической физике	Дубна	7—10 сентября	50
Совещание по сотрудничеству с ФРГ	Дубна	28—29 сентября	30
Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред	Дубна	13—14 ноября	120
Программно-консультативный комитет по ядерной физике	Дубна	20—22 ноября	120
Программно-консультативный комитет по физике частиц	Дубна	23—25 ноября	120

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



Дубна, 14 марта. На заседании Комитета Полномочных Представителей правительств государств — членов ОИЯИ



Дубна, 17–19 января 1995 г.
77-я сессия
Ученого совета ОИЯИ.
За столом наблюдателей:
Н.Нешкович, М.Копечны,
С.Коички (Союзная
Республика Югославия),
Б.Четин (Республика Турция)

Члены Ученого совета:
К.Детраз (Франция),
Х.Шоппер, Ф.Дидак
(Германия),
А.Хрынкевич (Польша)

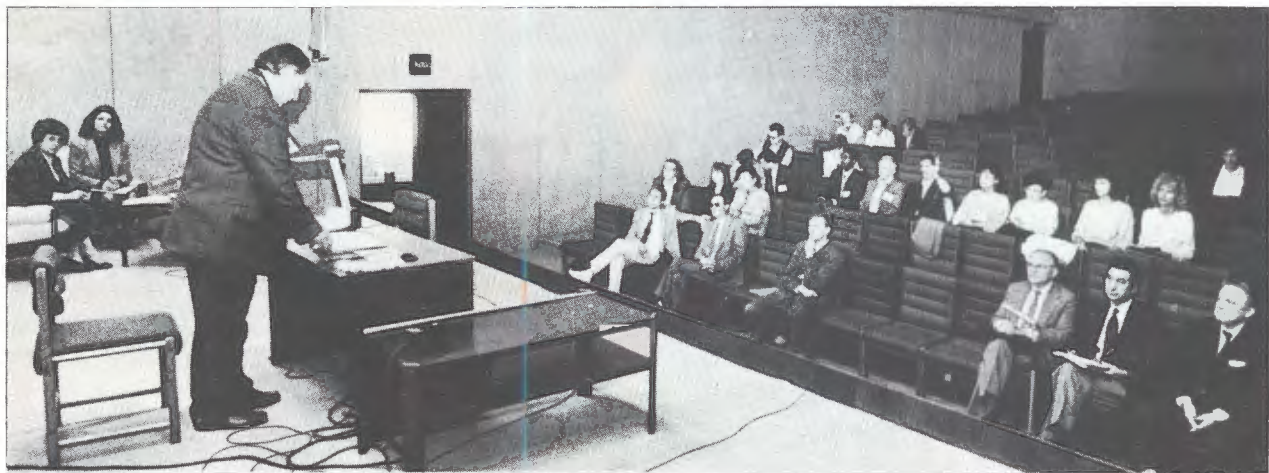




Дубна, 14 ноября. Заседание IV сессии Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред



Дубна, 28–29 сентября. На рабочем совещании «Сотрудничество ОИЯИ и немецких научных центров» обсуждался ход выполнения совместной научной программы в рамках Соглашения ОИЯИ — ВМБФ (Германия)



Дубна, 11 сентября — 6 октября. На базе Учебно-научного центра ОИЯИ проводились курсы МАГАТЭ по ИНИС — ведущей международной информационной системе в области мирного использования ядерной энергии



Профессор Уго Амальди — первый лауреат международной премии им. Б.М.Понтекорво, учрежденной ОИЯИ

Академик А.А.Логунов
(в центре) — первый лауреат
международной премии
им. Н.Н.Боголюбова



Дубна, 19 июля.
Гость ОИЯИ Чрезвычайный
и Полномочный Посол
Республики Польши в России
господин С.Чосек
в Лаборатории нейтронной
физики им. И.М.Франка





Дубна, 20 января.
Чрезвычайный
и Полномочный Посол
Республики Армении в РФ
Ю.И.Мкртумян посетил
Объединенный институт
ядерных исследований



Дубна, 14 июня.
Визит в ОИЯИ словацкой
делегации во главе
с Чрезвычайным
и Полномочным Послом
Словацкой Республики
в России господином
Р.Палданом



Дубна, 9 июня.
Встреча дирекции ОИЯИ
с Чрезвычайным
и Полномочным Послом
Чешской Республики
в России господином
Р.Сланским



Сандански (Болгария), октябрь. Координационное совещание по европейскому сотрудничеству «Восток — Запад» в области ядерной физики, организованное ОИЯИ и Институтом ядерных исследований и ядерной энергетики (София)

Дубна, 11–15 сентября. Участники международного совещания «Неделя DELPHI в ОИЯИ»





Дубна, 23 октября.
Встреча
премьер-министра
Российской Федерации
В.С.Черномырдина
с дирекцией и научной
общественностью ОИЯИ,
с представителями
промышленных
предприятий
и мэрии Дубны





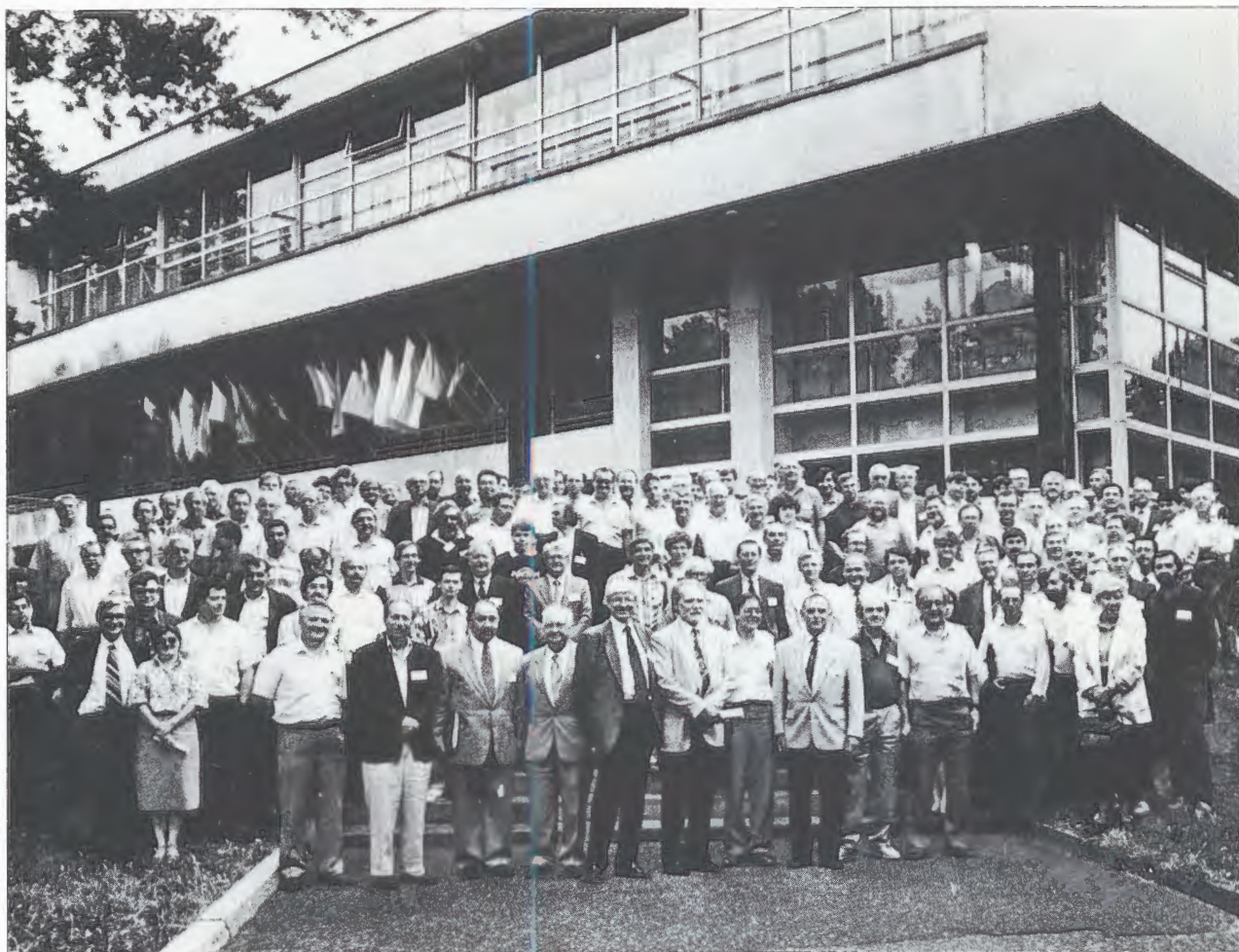
Участники VII Международной школы по нейтронной физике, состоявшейся в Дубне 3–22 сентября



27 августа – 9 сентября впервые в Дубне проходила Европейская школа по физике высоких энергий, организованная совместно ЦЕРН и ОИЯИ



Дубна, 20 июня. Международный симпозиум «Мюонный катализ-95»



Дубна, 19–21 июля. Первый международный симпозиум «Физика и детекторы на LHC»



Дубна, 23 мая.
Группа участников
III Международного
совещания «Ядерная
физика в охране
окружающей среды»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ им. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

В 1995 году в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова проводились исследования в области квантовой теории поля и симметрий фундаментальных взаимодействий, теории элементарных частиц, математической физики, теории атомного ядра и ядерных реакций, релятивистской ядерной физики, теории кон-

денсированных сред; продолжала развиваться компьютерная инфраструктура лаборатории. В Проблемно-тематический план ОИЯИ эти исследования входили в направление «теоретическая физика» в виде трех тем. Теоретики участвовали также в подготовке и реализации ряда экспериментальных программ ОИЯИ.

ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

В центре внимания оставались следующие направления исследований: суперсимметричные модели, квантовые симметрии и квантовые группы, ренормгрупповой подход, непertурбативные методы в теории поля и в квантовой механике, струнный подход в теории элементарных частиц, квантовая гравитация и космология, спинные явления в квантовой хромодинамике.

В супергравитации обнаружены новые интересные геометрические структуры [1], представляющие собой суперобобщение гиперкелеровых структур. Впервые построен новый широкий класс суперполевых действий вне массовой оболочки, отвечающий сигма-моделям с некоммутирующими левыми и правыми комплексными структурами [2]. Построено интегрируемое минимальное $N=2$ расширение нелинейного уравнения Шредингера [3].

Нерелятивистская схема двух $U(1)$ дионов построена гамильтоновой редукцией осциллятора на S^2 . Найдены ее волновые функции и спектр. Построенная система допускает полуцелые значения спина и имеет вырожденное основное состояние. Предложенная конструкция естественно обобщается на широкий класс кэллеровых многообразий [4].

Задачей исследований по теории квантовых групп является прежде всего разработка согласованного математического аппарата этой теории. В алгебрах векторных полей на квантовых группах $GL_q(N)$ и $SL_q(N)$, которые могут рассматриваться как квантовые аналоги классических матричных алгебр, доказаны q -аналоги теоремы Гамильтона — Кэли и построены q -аналоги соотношений Ньютона для симметричных функций [5]. В работе [6] изложен R -матричный подход к теории квантовых групп с точки зрения их возможной интерпретации как групп симметрий в различных физических моделях. Разработан графический метод нахождения R -матриц как решений уравнений Янга — Бакстера. На основе этого метода найдена R -матрица и намечен путь квантования $OSP(N|M)$ -супергрупп. Показано, что, налагая коммутационные соотношения определенного вида на подмножество генераторов неоднородной биалгебры, порожденной R -матрицей, отвечающей квантовой группе $sl_q(2)$, можно получить q -деформированную универсальную обертывающую алгебру для некоторой простой алгебры Ли [7]. Изучены квантово-полевые модели со скрытой деформированной алгеброй симметрии. Для $SU(2)$ -инвариантной модели Тирринга получено представ-

ление операторов Фаддеева — Замолотчикова в терминах свободных полей [8].

Предложена последовательная процедура квантования сферически-симметричных черных дыр, в которой калибровка фиксируется или в классических уравнениях Гамильтона, или в квантовых уравнениях Уиллера — Де Вита. Показана эквивалентность различных методов квантования [9]. На примере двумерной RST-модели изучены квантовые поправки к геометрии и термодинамике черной дыры. Вычислены термодинамические величины (энергия, температура, энтропия), которые оказываются одинаковыми как для классической, так и для квантовой дыры [10].

Проведена редукция эйнштейновской гравитации, основанная на решении уравнений связи. В рамках данной схемы рассмотрен ряд простых космологических моделей. На основе абелизации связей первого рода предложен метод безкалибровочной редукции фазового пространства гамильтоновой системы, позволяющий вводить локально, без привлечения дополнительных калибровочных условий, физические переменные [11].

В серии работ [12] сформулирован метод континуального интегрирования для суперинтегрируемых потенциалов (или систем со случайным вырождением) в двумерном и трехмерном евклидовом пространстве, двумерной и трехмерной сфере, а также на двумерном гиперboloиде. Описаны все случаи, где решение с помощью метода континуального интегрирования возможно в терминах спектральных разложений по волновым функциям.

При исследовании струнных моделей в физике частиц разработан метод расчета межкваркового потенциала, генерируемого релятивистскими струнами с точечными массами (кварками) на концах. Для этого была предложена новая ренормализационная процедура в рамках струнной модели, позволяющая однозначно проводить перенормировку натяжения струны и массы кварков. Показано, что учет массы кварков существенно модифицирует поведение струнного потенциала на расстояниях, меньших радиуса конфайнмента [13].

Получено новое точное решение в модели релятивистской струны с точечными массами на концах. Принципиально новым моментом является рассмотрение различных масс кварков. На этой основе явно найдено семейство траекторий Редже, хорошо согласующихся с экспериментальными данными [14].

Произведен комбинированный статистический анализ пространства параметров минимальной суперсимметричной стандартной модели (MSSM) с учетом различных теоретических и экспериментальных ограничений. Детально изучены оба возможных сценария, соответствующие малому и большому значениям $\tan \beta$ (отношение вакуумных средних нейтральных компонент хиггсовских

полей). Для частиц с массами, лежащими в области энергий, достижимых на ускорителе LEP-2 (205 ГэВ), вычислены сечения их образования в процессе e^+e^- -аннигиляции. При малом значении $\tan \beta$ предпочтительным является процесс рождения легкого хиггсовского бозона с массой ниже 115 ГэВ, а при большом значении $\tan \beta$ — процесс рождения заряженных и нейтральных суперпартнеров [15].

Достигнут прогресс в развитии массивного ренормгруппового формализма в КХД. Он включает в себя простую модификацию безмассового формализма в применении к теоретическому описанию данных по глубоконеупругому рассеянию на уровне двух петель и формулировку двухпетлевых массивных ренормгрупповых уравнений для $\overline{MS}$ -схемы [16].

Ряд новых результатов получен в рамках квантовой хромодинамики (КХД), в том числе для спиновых явлений. Продолжались исследования кварк-глюонной структуры спина нуклона, фотона и струй адронов, рожденных поляризованными кварками, а также явлений поперечной поляризации и лево-правой асимметрии вторичных частиц, рожденных поперечно-поляризованным пучком (одиночных асимметрий).

Совместно с дубненской группой коллаборации DELPHI продолжалось изучение загадочного явления корреляции спиральностей струй в процессе $Z^0 \rightarrow q\bar{q} \rightarrow 2 \text{ jet}$. Полученные результаты подтвердили знак корреляции ($C_{LL} = +0,85 \pm 0,17\%$), противоречащий CP-сопряженности двух струй. Рассмотрена гипотеза о влиянии на эту корреляцию ненулевого вакуумного хромоматнитного поля, нарушающего CP-инвариантность [17].

На основе правил сумм КХД рассчитана величина синглетной аксиальной константы протона [18], которая связана с первым моментом синглетной части спиновой структурной функции нуклона (на партонном языке — полный вклад спина всех кварков и антикварков $\Delta\Sigma$). Полученное значение ($\Delta\Sigma = 0,29$) прекрасно согласуется с последними данными по глубоконеупругому рассеянию на поляризованном нуклоне.

Важные результаты, дающие непосредственный выход на эксперимент, получены при исследовании непертурбативных эффектов в квантовой хромодинамике. Предложен новый механизм нарушения правила Окубо — Цвейга — Иизуки в процессах нуклон-антинуклонной аннигиляции, основанный на взаимодействии между кварками, индуцированном вакуумными флуктуациями глюонных полей (инстантонами). Показано, что учет вклада инстантонов позволяет объяснить наблюдаемое в эксперименте LEAR аномальное нарушение этого правила в реакциях $N\bar{N} \rightarrow \Phi\Phi$, $N\bar{N} \rightarrow \Phi\gamma$ [19].

На основе непертурбативного разложения и дисперсионного соотношения для D -функции пред-

ложен новый метод построения эффективной константы связи КХД во времениподобной области. Метод применен для описания инклюзивного распада t -лептона [20].

Новые результаты получены при изучении реджевского предела в КХД ($s \gg t$) [21]. Показано, что обмен двумя реджизованными глюонами воспроизводит интерсепт и волновую функцию поперона.

Группа Дубна — Цойтен продолжала разработку и усовершенствование программного обеспечения для расчета электрослабых и КХД-поправок в процессах e^+e^- -аннигиляции и глубоконеупругого ep -рассеяния, которое используется как для анализа уже полученных экспериментальных данных (LEP-1), так и при планировании экспериментов на LEP-2 и HERA [22].

Проведено систематическое исследование ведущих и следующих за ведущими радиационных поправок к процессу e^+e^- -баба-рассеяния на малые углы. Разработанный подход позволил достичь точности лучшей, чем 0,1%, что необходимо для анализа экспериментальных данных на ускорителе LEP-1. Начата аналогичная программа для баба-рассеяния на большие углы [23].

Продолжались исследования по физике нейтрино, включая процессы упругого рассеяния нейтрино на ядрах, поиск осцилляций нейтрино, проблему солнечных и атмосферных нейтрино [24].

В рамках модели индуцированных нелокальных кварковых токов [25] в едином подходе описаны массы легких мезонов, тяжелые кварконии и мезоны, состоящие из легких и тяжелых кварков, рассчитан также спектр возбужденных состояний легких мезонов.

Кварковая модель с сепарабельным взаимодействием применялась к описанию полулептонных распадов тяжелых барионов. Полученные результаты для формфакторов, ширин распадов, параметров

асимметрии и лептонных спектров [26] представляют интерес в связи с экспериментами групп CLEO (Корнелл, США), ALEPH и OPAL (ЦЕРН). Предсказания для формфакторов и ширины распада $\Lambda_c \rightarrow \Lambda^0 l \bar{\nu}_l$ уже получили экспериментальное подтверждение коллаборацией CLEO (1995 год).

В методе эффективных киральных лагранжианов исследовано поведение поляризуемостей пионов и каонов при конечной температуре. Показано, что в районе критической температуры поляризуемости мезонов резко увеличиваются за счет роста дипольного момента, в то время как при нулевой температуре дипольный момент не определяет поляризуемость мезонов [27].

Введено понятие обобщенных коэффициентов электроядерной поляризуемости нуклонов, отражающих влияние виртуального возбуждения нуклонов в реакциях излучения или поглощения низкоэнергетических фотонов нуклонными системами. На основе расчета сечений реакции $NN \rightarrow NN\gamma$ показано, что измерение коэффициентов спиновой корреляции поляризованных нуклонов наиболее чувствительно к новым структурным характеристикам нуклонов. Показано, что присутствие поляризованных странных кварков в поляризованном нуклоне согласуется с аномально большим нарушением правила отбора Окубо — Цвейга — Иизуки, проявляющимся в реакции образования ϕ -мезонов при аннигиляции медленных антинуклонов на протонах [28].

Развит формализм для N -канальной S -матрицы с учетом ее аналитической структуры на всех листах римановой поверхности, что позволило исключить фиктивные состояния в области энергий 1 ГэВ в скалярно-изоскалярном секторе и установить наличие значительной примеси четырехкварковой компоненты в $f_0(980)$ [29].

ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА

В исследованиях по данной теме можно выделить несколько крупных направлений. В 1995 году интересные результаты были получены при изучении супердеформированных и сильно возбужденных ядер, ядро-ядерных взаимодействий промежуточных энергий, малочастичных систем, в том числе гиперядер, а также нуклон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий высоких энергий.

Недавно в ядрах ^{149}Gd и ^{194}Hg были экспериментально обнаружены вращательные супердеформированные полосы с квазипериодической структурой уровней с $\Delta I = 4\hbar$. Первое объяснение возникновения таких полос основывалось на пред-

положении о заметной величине гексадекапольной деформации указанных ядер, что, впрочем, не подтверждается другими данными. В работе [30] предложено иное объяснение данных эксперимента, согласно которому движение вещества в быстровращающемся ядре может быть представлено в виде комбинации глобального вращения и однородного внутреннего вихревого движения, причем угловая скорость вращения и внутренняя завихренность направлены вдоль одной оси. Модель воспроизводит сильные $E2$ -переходы внутри полос, а квазиклассические оценки параметров модели качественно

согласуются со значениями, полученными из эксперимента.

Расчеты, выполненные для деформированных ядер в рамках квазичастично-фононной модели, указывают на существование между их возбужденными состояниями быстрых $E1$ - и $M1$ -переходов с энергией порядка 2,5 МэВ [31]. Их большая вероятность однозначно связана с определенной структурой волновых функций начального и конечного состояний, а именно: их большие компоненты должны отличаться на октупольный или квадрупольный фононы. Повышенная интенсивность переходов с энергией $\sim 2,5$ МэВ была недавно обнаружена и экспериментально в реакции $^{163}\text{Dy}(^2\text{He}, \alpha)$, а также в спектре γ -квантов первого поколения двухквантовых каскадов теплового захвата нейтронов. Указанные факты можно интерпретировать как свидетельство существования при энергиях возбуждения ≤ 8 МэВ состояний с относительно большими многофононными компонентами, что означает, в свою очередь, наличие определенной регулярности в ядерном движении.

В последние годы методы, разработанные и широко используемые в теории структуры ядра, все чаще с успехом применяются в исследованиях других систем, также состоящих из конечного числа фермионов. К их числу относятся и металлические кластеры. В работе [32] сформулирован метод оболочечных поправок для расчета равновесной формы и свободной энергии нагретых жидких щелочных кластеров. Равновесная форма кластеров с числом атомов от 100 до 700 находилась с помощью минимизации свободной энергии канонического ансамбля по пяти деформационным параметрам. Оказалось, что в середине открытых оболочек формы, сильно отклоняющиеся от сферической, в том числе и формы зеркально-асимметричные, не исчезают даже при $T = 700$ К. Для изучения коллективных возбуждений поверхностного типа в атомных кластерах обобщена известная в ядерной физике модель вибрирующего потенциала [33]. В рамках модели рассчитаны $E1$ -, $E2$ - и $E3$ -возбуждения в сферических кластерах Na_8 , Na_{20} , Na_{40} и деформированных кластерах Na_{10} , Na_{18} , Na_{26} . Результаты расчетов качественно согласуются с экспериментальными данными для $E1$ -резонанса и предсказывают существование ярко выраженных $E2$ - и $E3$ -резонансов и в сферических, и в деформированных кластерах.

Существующие модели ядро-ядерных столкновений плохо описывают сечения (σ) образования ядер, оставшихся после испарения легких частиц из возникшей в реакции компаунд-системы. Анализ процесса образования в ядро-ядерном столкновении двойной ядерной системы и ее последующей эволюции [34] выявил причину этого: из-за появления барьера слияния возникает конкуренция про-

цессов полного слияния и квазиделения, в результате чего вероятность образования компаунд-системы сильно падает. Разработана модель, которая позволяет рассчитать конкуренцию указанных процессов для массивной симметричной двойной ядерной системы. Модель применена для энергий столкновения выше кулоновского барьера, а в качестве примера рассмотрены системы $^{100}\text{Mo} + ^{100}\text{Mo}$ и $^{110}\text{Pd} + ^{110}\text{Pd}$. Рассчитанные значения σ согласуются с экспериментальными.

В работах [35] было обращено внимание на возможности, которые открывает изучение угловых характеристик e^+e^- -пар, рождающихся при бомбардировке ядерных мишеней частицами промежуточных и релятивистских энергий. Возникающая как следствие общих ограничений на спины и угловые моменты пар анизотропия дилептонов оказалась весьма чувствительной к вкладу различных процессов их образования и может быть использована для того, чтобы различить эти процессы. Она может также служить дополнительным признаком возможного восстановления киральной симметрии и фазового перехода адронной материи в кварк-глюонную плазму. Угловые характеристики e^+e^- -пар, рождающихся в нуклон-нуклонных столкновениях при промежуточных энергиях, были исследованы в рамках модели однобозонного обмена, параметры которой были подогнаны по данным об упругом NN -рассеянии. Анизотропии пар от тормозного излучения и Δ -резонанса сравнивались с анизотропией продуктов далайцевских распадов псевдоскалярных и векторных мезонов. Помимо этого были выполнены полные расчеты угловых характеристик лептонных пар, образовавшихся в pp -, pn - и pd -столкновениях промежуточных энергий. Возможности, которые открывает анализ анизотропии дилептонного распада, были продемонстрированы на примере наблюдавшегося на ускорителе «Bevalac» странного поведения отношения выхода лептонов в pd - и pp -реакциях в зависимости от энергии столкновения.

В рамках модели Намбу — Йона-Лазинио предложен самосогласованный способ вычисления температурных поправок, который предсказывает новый характер зависимости массы мезонов от температуры. Например, для пиона эта зависимость немонотонна, а фазовый переход с восстановлением киральной симметрии должен происходить при меньших температурах и плотностях, чем считалось ранее [36].

Оценка вероятности ядерного перехода $p + p + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{18}\text{Ne}$ показала, что во вращающейся молекуле воды H_2O с угловым моментом 1^- велика вероятность ядерной реакции слияния, поскольку порог этой реакции практически совпадает с энергией

одного из уровней ядра ^{18}Ne с квантовыми числами 1^- и процесс носит резонансный характер [37].

Построены точные представления для фаддеевских компонент трехтельной T -матрицы, аналитически продолженной на нефизические листы энергетической римановой поверхности. T -матрица на нефизических листах явно выражена через компоненты, заданные на физическом листе. Указанное представление для T -матрицы использовано затем для построения аналогичных представлений аналитического продолжения трехтельной матрицы рассеяния и резольвенты. Представления раскрывают структуру трехтельной T -матрицы, матрицы рассеяния и резольвенты на нефизических листах энергетической поверхности. Предложен метод нахождения резонансов в системе трех тел на основе дифференциальных уравнений Фаддеева [38].

ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

В 1995 году продолжались исследования по теории высокотемпературной сверхпроводимости, теории самоорганизованной критичности, проблеме полярона, обратной задаче рассеяния, интегрируемым системам, а также по ряду моделей теории твердого тела.

Был предложен перспективный механизм высокотемпературной сверхпроводимости [40], в основе которого лежит спин-поляронная модель, полученная из $t-J$ модели на двух антиферромагнитных подрешетках. Для изучения температурной и примесной зависимостей квазичастичного дырочного спектра и сверхпроводящего спаривания дырок на разных подрешетках применялось самосогласованное борновское приближение для матричных функций Грина спиновых поляронов и магнонов. Численное решение самосогласованной системы уравнений методом быстрого фурье-преобразования выявило сильную перенормировку квазичастичного дырочного спектра, вызванную спиновыми флуктуациями, а также синглетное сверхпроводящее спаривание с d -волновой симметрией и максимальной $T_c \simeq 0,01t$ при концентрации дырок около 0,25. Сделан вывод, что сверхпроводящее спаривание спиновых поляронов в модели с сильными электронными корреляциями обеспечивает подходящий механизм возникновения высокотемпературной сверхпроводимости.

В рамках $t-J$ модели изучалось также распространение изолированных дырок в антиферромагнитном состоянии типа спиновой жидкости [41]. Для волновой функции дырки выбирался «струнный» базис минимальной размерности. Вычислялись дисперсионные кривые при разных значениях

Предложено использовать реакции обмена странностью и двойного зарядового обмена (K^-, π^+) для образования гиперядер с избытком нейтронов. Есть два пути получения состояния Λp^{-2} : или $K^- + p \rightarrow \Lambda + \pi^0$; $\pi^0 + p \rightarrow n + \pi^+$, или $K^- + p \rightarrow \pi^+ + \Sigma^-$; $\Sigma^- + p \rightarrow n + \Lambda$. При этом возможно образование гиперядер с большим нейтронным избытком, например очень тяжелого изотопа гиперводорода $^7_\Lambda\text{H}$. Выявлена тесная связь спектра гиперядерных γ -квантов от распада $^7_\Lambda\text{H}$ со структурой нейтронного гало ядра ^6He . Возможность экспериментального изучения двухступенчатых реакций появится, когда начнет действовать ф-фабрика DAΦNE во Фраскати. Предложение включено в экспериментальную программу FINUDA [39].

длины магнитной корреляции ξ . Величина ξ задавалась выбором конечной температуры в рамках модифицированной спин-волновой теории. Было показано, что при низких температурах минимум дырочной зоны расположен при $k = (\pi/2, \pi/2)$, а уменьшение ξ приводит к почти свободному распространению дырки с минимумом зоны при $k = (\pi, \pi)$.

Наряду с реалистическими трехмерными моделями были также исследованы некоторые одномерные модели с целью выяснения механизма возникновения сильных корреляций.

Была проанализирована нестабильность основного состояния системы электронов с хаббардовским и прыжковым типами взаимодействий в приближении среднего поля. Была получена фазовая диаграмма при $T = 0$ и разных значениях заполнения зоны, а также проведено сравнение с точными результатами в модели Хаббарда. В лестничном приближении вычислена энергия основного состояния одномерной модели Хаббарда. Сравнение с точными результатами для отталкивающего взаимодействия позволяет сделать вывод о хорошем соответствии сделанного приближения при малой плотности или слабой связи. Лестничное приближение можно улучшить, налагая условия самосогласованности. При помощи простых предположений результаты становятся близкими к точным при всех плотностях и константах взаимодействия как в случае притяжения, так и отталкивания [42].

Проблема локализации электрона в упругих средах с дисклинациями исследовалась в рамках калибровочной теории. Наряду с дисклинационным монополем рассмотрены дисклинации с пря-

молинейными границами, как топологически стабильные, так и нестабильные. Было показано, что для топологически стабильной клиновой дисклинации в области ядра возникают сильно локализованные электронные состояния. Для топологически нестабильной отрицательной клиновой дисклинации и дисклинационного монополя обнаружено, что процесс локализации существенно зависит от глубины потенциала деформации. Численно найдены уровни локализованных электронов, а также точный вид нормированной волновой функции основного состояния [43].

Как и в предыдущие годы, большое внимание уделялось проблеме полярона. Биполароны большого радиуса исследованы на плоскости (2D) и в пространстве (3D). Энергия биполарона разложена по обратным степеням константы электрон-фонового взаимодействия. Также представлены аналитические выражения для главного вклада в эффективную массу биполарона и среднеквадратичное расстояние между электронами [44].

Имеющее важное значение для ряда физических приложений нелинейное уравнение Шредингера было решено на тонком кольце [45]. Точная вещественная волновая функция и соответствующие собственные значения энергии были получены для основного и возбужденных состояний. Было обнаружено наличие критических значений параметров кольца, при которых основное состояние меняет свою структуру и возникают дополнительные высшие возбужденные состояния. Также изучена комплексная волновая функция, соответствующая состояниям с конечным угловым моментом.

Продолжалось применение развитой в последнее время теории магнитно-дипольного и тороидного отклика ядерных спиновых систем на действие переменного однородного и скрещенного магнитных полей. Детально рассмотрена динамика спиновой системы как в различных приближениях, так и путем компьютерных вычислений при учете неоднородности распределения ориентации спинов в пространстве [46]. Обсуждались условия возбуждения магнитного резонанса скрещенным полем и наблюдения тороидной поляризации ядерной системы. Показано, что введенная новая функция отклика расширяет область применения метода ЯМР, что особенно важно в биологических структурно-молекулярных исследованиях.

В области математической физики исследование новых математических объектов сопровождалось

дальнейшим развитием традиционных методов.

Представление $SU(2)$ -когерентного состояния в виде интеграла по путям использовалось для вывода явного выражения статистической суммы системы невзаимодействующих спинов в присутствии произвольного зависящего от времени внешнего поля [47]. Путем выполнения стандартного усреднения по внешнему полю, статсумма ферромагнитной модели Гейзенберга была представлена в виде, допускающем упрощение вывода полученных ранее результатов и обобщение их на случай произвольного спинового квантового числа.

Критическому анализу подвергнут ряд математических методов, применяемых в задачах квантовой оптики. Среди них метод введения самоспряженного оператора фазы, динамические группы, геометрическое квантование, использование квантовых алгебр и групп, частные случаи асимптотических разложений, описывающих процессы излучения в квантовых системах. Были объяснены основные черты этих методов и дано сравнение их с другими подходами. Проведенный анализ позволил лучше понять преимущества указанных методов для исследования приложений в квантовой оптике [48].

Проанализирована структура лавин в абелевой модели песка на квадратной решетке. Было показано, что лавина может рассматриваться как последовательность волн уменьшающихся размеров. Являясь более простыми объектами, волны допускают представление в виде деревьев, покрывающих узлы квадратной решетки. Разность размеров последовательных волн удовлетворяет степенному закону с индексом α , непосредственно связанным с главным критическим индексом модели τ . С помощью известных значений индексов для покрывающих деревьев, на основе скейлинговых рассуждений были получены значения $\alpha = 3/4$ и $\tau = 5/4$ [49].

С помощью соответствия Уорда между самодуальными полями Янга — Миллса и голоморфными векторными пучками был развит метод редукции пары Лакса для уравнений самодуальности модели Янга — Миллса при $d=4$ относительно действия непрерывных групп симметрии [50]. Данный метод позволяет получить систематическим способом представление Лакса для редуцированных уравнений самодуальности, что иллюстрируется на ряде примеров.

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В 1995 году происходило последовательное увеличение числа и мощности персональных компьютеров, установленных на рабочих местах со-

трудников лаборатории. В их числе четыре современных ПК с процессорами Pentium 120 МГц, по производительности не уступающие рабочим стан-

циям Sun Microsystems. К локальной сети лаборатории было подключено еще более 20 персональных компьютеров.

Установлена рабочая станция SPARC 5. В соответствии с возросшими потребностями пользователей на SPARC-сервере и Netware-сервере был увеличен объем дисковой памяти. Установлен подаренный Университетом им. Гумбольдта 8-процессорный супер-мини-компьютер Alliant FX/2800. Высокая производительность процессоров, значительный объем оперативной и дисковой памяти, FORTRAN-компилятор и обширные математические библиотеки, ориентированные на максимальное использование параллельной архитектуры, значительно дополнили вычислительные ресурсы лаборатории. Общее количество вычислительных серверов достигло 4 (3 — архитектуры SPARC, 1 — Intel i860, Alliant FX/2800). Общее число пользователей, за-

регистрированных на вычислительных машинах лаборатории, — 300 человек.

Установлен новый лазерный принтер LaserJet 4Si, что значительно увеличило скорость и качество печати. Способность принтера к печати файлов в формате Postscript существенно облегчила сотрудникам получение качественных твердых копий научных работ, распространяемых по Internet.

Проводилась работа по модернизации программного обеспечения. В частности, на сервере Netware обновлена версия пакета Reduce, установлены современные версии пакетов TeX/LaTeX. Сотрудники лаборатории осваивали новые операционные системы Windows 95, OS/2, Linux. Все более широкие круги пользователей приобщались к обмену информацией по Internet через браузеры Netscape и Mosaic.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

28 — 29 сентября в Дубне проходило рабочее совещание по сотрудничеству между ОИЯИ и исследовательскими центрами Германии. На совещании было отмечено: «Программа «Гейзенберг — Ландау» (ПГЛ) стала очень важным инструментом для поддержки и развития сотрудничества между ОИЯИ и научными группами Германии в области теоретической физики ...». В 1995 году 31 проект совместных исследований по квантовой теории поля и элементарных частиц, теории ядра и теории конденсированных сред получил финансовую поддержку ПГЛ. В рамках ПГЛ в Дубне было проведено три международных рабочих совещания: «Динамика со связями и квантовая гравитация», «Критические явления и самоорганизация», «Суперсимметрия и квантовые симметрии», а также международная конференция «Методы симметрии в физике».

С 24 августа по 7 сентября проходила международная летняя школа для студентов «Развитие теории ядра и физики элементарных частиц». Школа была организована Лабораторией теоретической физики и Учебно-научным центром ОИЯИ в рамках ПГЛ и поддержана фондом Фольксвагена. В работе школы участвовало более 80 студентов и аспирантов из различных университетов Германии и России, а также Австрии, Армении, Бельгии, Болгарии, Литвы, Узбекистана. Проведение подобных школ стало традиционным, однако в 1995 году в основу лекционной программы была положена

новая идея — ознакомить начинающих ученых с теми «горячими» проблемами современной теоретической физики, в которых пересекаются методы ядерной физики, теории элементарных частиц и квантовой теории поля. Лекторами на школе были ведущие ученые из Австрии, Германии, Италии, России, США, Украины, Франции, Южной Африки, а также из ОИЯИ.

Сотрудники лаборатории участвовали в организации и проведении Европейской школы по физике высоких энергий, организуемой совместно ЦЕРН и ОИЯИ, которая впервые проходила летом 1995 года в Дубне.

С 26 по 28 июня в ЛТФ прошло рабочее совещание по физике промежуточных и высоких энергий, организованное совместно учеными Дубны и Тайваня по инициативе и при поддержке директора ОИЯИ профессора В.Г.Кадышевского. В работе совещания участвовали 15 физиков из научных центров и университетов Тайваня. Совещание показало, что имеется реальная основа для широкого сотрудничества физиков Объединенного института и Тайваня. В итоговом документе, подписанном сопредседателями оргкомитета профессором В.В.Буровым и профессором Шин Нан Янгом, рекомендовано в ближайшее время подготовить соглашение о сотрудничестве.

В 1995 году подписан протокол между INFN (Италия) и ОИЯИ о сотрудничестве в области теории поля и теории элементарных частиц. Прото-

кол предусматривает оплату пребывания теоретиков Дубны в отделениях INFN в течение шести месяцев ежегодно и действует три года.

Теоретики продолжали участвовать в экспериментальных программах ОИЯИ, среди которых следует особо выделить эксперимент ДЕЛФИ в ЦЕРН. Итоги работы и планы этой большой международной коллаборации, в том числе и теоретиков, были подведены на проходившей в сентябре 1995 года в Дубне «Неделе ДЕЛФИ в ОИЯИ»¹.

Несмотря на экономические трудности общий объем международных обменов возрастает. Это приводит к расширению тематики совместных исследований и увеличению числа совместных публикаций. В 1995 году сотрудниками ЛТФ было опубликовано около 100 совместных журнальных статей и докладов в трудах различных конференций. Дополнительным источником финансирования международного сотрудничества лаборатории служат научные фонды (Российский фонд фундаментальных исследований, ISF, INTAS и ряд других фондов), часть расходов во многих случаях берет на себя принимающая сторона — это, несомненно, отражает высокий научный уровень коллектива лаборатории.

Традиционно ЛТФ сотрудничает со многими институтами и университетами стран-участниц ОИЯИ, среди которых широко представлены научные центры России и стран СНГ. В 1995 году в лаборатории по контракту работало около 90 человек, в том числе 65 — из стран СНГ. Значительная часть контрактников (около 40) — молодые теоретики (моложе 33 лет) из стран-участниц и различных регионов России.

7—10 сентября 1995 г. в ЛТФ проходили заседания Международного совета по теоретической физике (МСТФ). Программа второй по счету сессии была естественным продолжением предыдущей, состоявшейся год назад: МСТФ проанализировал результаты и перспективы научных исследований, ведущихся в лаборатории в рамках тем «Теория атомного ядра» и «Теория кон-

денсированных сред». Тем самым МСТФ завершил первый этап своей работы, целью которого было получение целостного представления о Лаборатории теоретической физики.

Вел заседания председатель МСТФ член-корреспондент РАН, профессор В.А.Рубаков. В открытых заседаниях принял участие в качестве наблюдателя от Национального научного совета профессор Национального университета Тайваня Шин Нан Янг. Кроме того, в работе сессии в качестве эксперта в области статистической физики и теории конденсированных сред участвовал профессор Л.Пьетронеро (Рим). На двух открытых заседаниях были заслушаны подробные доклады руководителей групп, работающих в рамках указанных тем, и доклад заместителя директора ЛТФ профессора В.В.Бурова. Затем члены МСТФ провели неформальные дискуссии в группах. Было также проведено специальное заседание, на котором по просьбе членов МСТФ с краткими сообщениями о своих работах выступили некоторые сотрудники, работающие по теме «Теория конденсированного состояния вещества».

Итогом работы сессии явился доклад для дирекции ЛТФ. В нем, в частности, отмечена широта тематики ведущихся в ЛТФ исследований и наличие работ мирового класса по всем главным направлениям. Наряду с общей положительной оценкой исследований, ведущихся по темам «Теория атомного ядра» и «Теория конденсированных сред», высказаны критические замечания в адрес некоторых теоретических работ. В докладе высказаны также предложения, касающиеся и других аспектов жизнедеятельности лаборатории.

Поскольку многие из отмеченных в докладе проблем не могут быть решены без поддержки дирекции ОИЯИ, МСТФ направил специальное письмо директору ОИЯИ члену-корреспонденту РАН, профессору В.Г.Кадышевскому.

Следующую сессию совета намечено провести весной 1997 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Devchand Ch., Ogievetsky V. — *Nucl. Phys. B*, 1995, vol.444, p.381.

2. Ivanov E. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol. 356, p. 239.

¹См. также «Electroweak Working Group Report» в «Reports of the Working Group on Precision Calculations for the Z Resonance», Editors: D.Bardin, W.Hollik and G.Passarino — Yellow Report CERN 95—03, March 1995.

3. Krivonos S., Sorin A. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.357, p.94.
4. Ter-Antonyan V.M., Nersesian A. — *Mod. Phys. Lett. A*, 1995, vol.10, p.26.
5. Faddeev L.D., Pyatov P.N. — Submitted to «Algebra and Analysis».
6. Исаев А.П. — *ЭЧАЯ*, 1995, m.26, c.1204.
7. Vladimirov A.A. — *Czech. J. Phys.*, 1996, vol.46, No.2/3.
8. Pakuliak S., Khoroshkin S., Lebedev D. — Preprint ITEP 95-15, Moscow, 1995.
9. De Alfaro V., Cavalia M., Filippov A.T. — Preprint Turin University, 1995.
10. Solodukhin S.N. — JINR Preprint E2-95-280, Dubna, 1995.
11. Gogilidze S.A., Khvedelidze A.M., Pervushin V.N. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.363, p.76.
12. Grosche C., Pogosyan G.S., Sissakian A.N. — *Fortschritte der Physik*, 1995, vol.43(6), p.453; *ibid.*, p.523; DESY Report 95-181, September, 1995; submitted to «Particles and Nuclei», 1996, vol.27(3).
13. Kleinert H., Lambiase G., Nesterenko V.V. — Preprint FU, Berlin, 1995; submitted to «Phys. Rev. Lett.».
14. Barbashov B.M. — Proceedings of the International Conference «Quark Confinement and the Hadron Spectrum», Ed. G.M.Prosperi. Singapore, World Scientific, 1995, p.378.
15. de Boer W., Ehret R., Kazakov D. — *Z. Phys. C*, 1995, vol.47, p.647.
16. Shirkov D.V., Dokshitzer Yu. — *Z. Phys. C*, 1995, vol.67, p.449.
17. Efremov A., Kharzeev D. — CERN-TH-95-139 (May 1995), *Phys.Lett.* (in press).
18. Belitsky A.V., Teryaev O.V. — *Phys. Lett. B*, 1996 (in press).
19. Dorokhov A.E., Kochelev N.I., Zubov Yu.A. — *Z. Phys. C*, 1995, vol.65, p.667.
20. Jones H.F., Solovtsov I.L., Solovtsova O.P. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.357, p.441.
21. Korchemsky G.P., Sterman G. — *Nucl. Phys. B*, 1995, vol.443, p.255.
22. Bardin D., Leike A., Riemann T. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.353, p.513.
23. Arbuzov A.B., Kuraev E.A., Merenkov N.P., Trendatue L. — *JETP*, 1995, vol. 108, p.1164.
24. Bilenkii S.M., Giunti C. — *Z. Phys. C*, 1995, vol.68, p.495.
25. Efimov G.V., Nedelko S.N. — *Phys. Rev. D*, 1995, vol.51, p.176.
26. Иванов М.А., Ладыгина Н.Б., Любовицкий В.Е. — *ЭЧАЯ*, 1995, m.26, c.146.
27. Ebert D., Feldman T., Volkov M.K. — Preprint HUB-EP-95-29, Berlin, 1995; submitted to «Phys. Lett. B».
28. Ershov S.N., Gerasimov S.B., Khrykin A.S. — JINR Preprint E4-95-365, Dubna, 1995; Gerasimov S.B. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.357, p.666.
29. Krupa D., Meshcheryakov V.A., Surovtsev Yu.S. — Preprint I/95/359, Trieste, 1995 (to be published in «Nuovo Cimento A»).
30. Mikhailov I.N., Quentin P. — *Phys. Rev. Lett.*, 1995, vol.74, p.3336.
31. Soloviev V.G. — *Phys. Rev.*, 1995, vol.C51, p.R2885.
32. Frauendorf S., Pashkevich V.V. — JINR Preprint E17-95-324, Dubna, 1995.
33. Nesterenko V.O., Kleinig W., Gudkov V.V. — *Z. Phys.*, 1995, vol.D34, p.271.
34. Antonenko N.V., Cherepanov E.A., Nasirov A.K., Permjakov V.P., Volkov V.V. — *Phys. Rev.*, 1995, vol.C51, p.2635.
35. Bratkovskaya E.L., Teryaev O.V., Toneev V.D. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.348, p.283; Bratkovskaya E.L., Schäfer M., Cassing W., Mosel U., Teryaev O.V., Toneev V.D. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.348, p.325; Bratkovskaya E.L., Cassing W., Mosel U., Teryaev O.V., Titov A.I., Toneev V.D. — *Phys. Lett. B*, 1995, vol.362, p.17.
36. Гуламов Т.И., Тумов А.И. — *ЯФ*, 1995, m.58, c.337.
37. Belyaev V.B., Motovilov A.K., Sandhas W. — JINR Rapid Communications, 1995, No.6[74], p.9.
38. Motovilov A.K. — JINR Preprint E5-95-45, Dubna, 1995; Preprint Ruhr-Universität-Bochum SFB 237, No.267, Bochum, 1995.
39. Majling L. — *Nucl. Phys. A*, 1995, vol.585, p.211.
40. Plakida N.M. — «High-Temperature Superconductivity», Springer, Berlin-Heidelberg, 1995.
41. Hayn R., Richard J.-L., Yushankhai V.Yu. — *Solid State Comm.*, 1995, vol.93, p.127.
42. Buzatu F.D. — *Int. J. Mod. Phys. B*, 1995, vol.9, p.1503.
43. Osipov V.A., Krasavin S.E. — *J. Phys. C*, 1995, vol.7, p.L95.
44. Mondyrev M.A., Devreese J.T., Peeters F.M. — *Phys. Rev. B*, 1995, vol.51, p.15008.

45. Smondyrev M.A., Vansant P., Peeters F.M., Devreese J.T. — *Phys. Rev. B*, 1995, vol.52, p.11231.
46. Дубовик В.М., Лунегов И.В., Марценюк М.А. — *ЭЧАЯ*, 1995, т.26, № 1, с.72.
47. Kochetov E.A. — *Phys. Rev. B*, 1995, vol.52, p.4402;
Kochetov E.A., Yarunin V.S. — *Physica Scripta*, 1995, vol.51, p.46.
48. Yukalov V.I. — *Physica A*, 1995, vol.213, p. 500.
49. Priezzhev V.B., Ktitarev D.V., Ivashkevich E.V. — *Preprint DIAS-STP-95-34*, 1995 (accepted «*Phys. Rev. Lett.*»);
Papoyan V.I.V., Shcherbakov R.R. — *J. Phys. A: Math. General*, 1995, vol.28, p.6099.
50. Ivanova T.A., Popov A.D. — *Phys. Lett. A*, 1995, vol.205, p.158.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Основу научной программы ЛВЭ в настоящее время составляют исследования взаимодействий релятивистских ядер в энергетическом диапазоне от нескольких сот МэВ до нескольких ТэВ на нуклон для изучения кварковых и глюонных степеней свободы в ядрах, поиска асимптотических закономерностей в поведении ядерной материи при высоких энергиях столкновения, а также изучение спиновой структуры легких ядер.

Основным принципом, определяющим планирование ресурсов в лаборатории в условиях предельно урезанного бюджета, является обеспечение собственных возможностей для проведения экспериментов. Успешный опыт работы в 1992—1995 гг. показал оправданность объединения проектов развития ускорителя и экспериментальных установок в три темы первого приоритета в соответствии с основными научными интересами и запрашиваемыми типами ускоряемых частиц (ядра, поляризованные дейтроны). При этом налаживается сотрудничество физических групп и достигается оперативное маневрирование имеющимися ресурсами. Поэтому предполагается продление этих тем на ближайшую перспективу.

РАБОТА НА НУКЛОТРОНЕ

В 1995 году проведено два сеанса работы с пучком общей продолжительностью всего 450 часов вместо планировавшихся 2000 часов (для сравнения: 1100 часов работы в 1994 году) из-за бюджетных ограничений. Основные усилия были сосредоточены на исследовании и совершенствовании динамики пучка и системы диагностики. Введен в действие новый пульт управления системами ускорителя.

С вводом в действие нуклотрона получены качественно новые возможности для изучения картины ядра на субнуклонном уровне [1]. Наиболее актуальной задачей для лаборатории является проведение сеансов работы нуклотрона для экспериментов на внутренней мишени [2], получение выведенного пучка и подготовка первоочередных экспериментов на его пучках [3].

Синхрофазотрон по-прежнему привлекает физиков со всего мира, заинтересованных в работе на его пучках [4]. Среди достижений последних лет — рекордные данные по спиновой структуре дейтрона на малых расстояниях, исследование когерентных эффектов в процессах перезарядки, новые данные по кумулятивным и подпороговым процессам и их спиновой зависимости, важный результат разности полных сечений взаимодействия поляризованных нуклонов.

Развитие международного научно-технического сотрудничества и проведение совместных экспериментов в других ускорительных центрах по релятивистской ядерной физике основывается на приоритетных достижениях ОИЯИ и остается тесно увязанным с продвижением исследований на собственной ускорительной базе.

Пучок дейтронов с энергией до 2 ГэВ/нуклон был предоставлен для экспериментов на внутренней мишени. Группы СФЕРА и ДЕЛЬТА продолжали набор статистики для изучения энергетической зависимости выхода кумулятивных адронов (рис. 1). Продолжалось изучение возможности использования двухплечевого электромагнитного калориметра в режиме совпадений в условиях внутренней мишени нуклотрона (рис. 2).

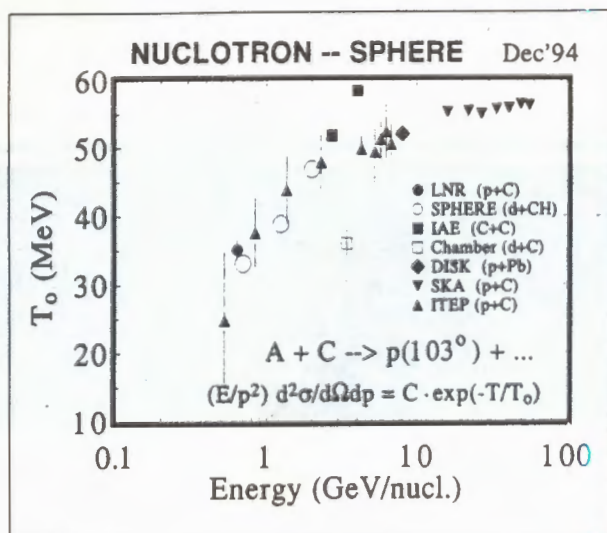


Рис.1. Результаты эксперимента на внутренней мишени нуклотрона по выходу спектров кумулятивных протонов на асимптотический режим (данные сотрудничества СФЕРА)

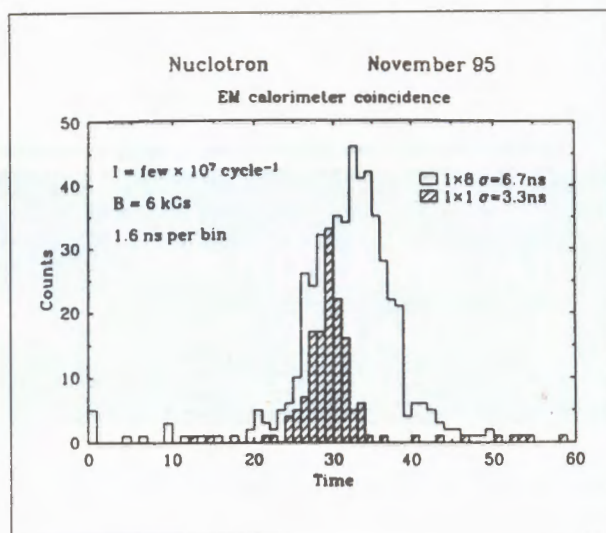


Рис.2. Спектр временных совпадений срабатывания двухплечевого многоканального калориметра на свинцовом стекле при минимальном пороге (данные сотрудничества СФЕРА)

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВЫВЕДЕННЫХ ПУЧКАХ

Одной из замечательных особенностей ускорительного комплекса синхрофазотрон — нуклотрон является наличие интенсивного пучка дейтронов с высокой степенью поляризации и импульсом от 3 до 9 ГэВ/с. В реакции развала поляризованных дейтронов возможно получение вторичных пучков квазимоноэнергетических поляризованных протонов и нейтронов. Это дает возможность провести серию уникальных экспериментов на поляризованной мишени [5—8].

Использование поляризованных дейтронов для генерации поляризованных нейтронов значительно эффективнее при любой энергии по сравнению с генерацией протонами, т.к. в последнем случае получаемые интенсивности на несколько порядков ниже. Более того, поляризация дейтронов остается постоянной до 11 ГэВ, тогда как ускорение поляризованных протонов требует сложной системы коррекции.

Первый эксперимент на поляризованной мишени. В течение короткого времени, с 24 февраля по 1 марта 1995 г., коллаборация лабораторий России, Украины и Франции выполнила первые измерения разности полных сечений взаимодействий $\Delta\sigma_L(np)$ при значениях кинетической энергии нейтронов 1,2, 2,5, 3,6 ГэВ. Эта наблюдаемая величина измерялась при пропускании продольно-поляризованных нейтронов через продольно-поляризованную протонную мишень с параллельными и антипараллельными направлениями

поляризации. Был использован пучок нейтронов, которые образовывались в реакции развала поляризованных дейтронов, ускоренных на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ. Поляризованная мишень, длиной 20 см и диаметром 3 см, была предоставлена DAPNIA (Сакле, Франция) и Аргоннской национальной лабораторией (США) и собрана в Дубне в модификации, хорошо приспособленной для транспортировки (передвижная поляризованная мишень — ППМ).

Пучковый канал для измерений $\Delta\sigma_L(np)$ был оборудован бериллиевой мишенью для развала дейтронов, коллиматором и магнитом для поворота спина, чтобы ориентировать спин нейтрона вдоль направления пучка (рис.3). Лаборатория DAPNIA (Сакле) сделала важный вклад в виде детекторов и электроники. Физики из Гатчины создали новый пучковый поляриметр в дополнение к существующему поляриметру дейтронного пучка, который обеспечивает непрерывный контроль относительной величины поляризации дейтронов. Установка и связанные с ней электроника и система сбора данных прошли испытания в начале февраля. Пучок интенсивностью $2,1 \cdot 10^9$ дейтронов в цикл давал 10^6 поляризованных нейтронов при $T_{kin} = 3,6$ ГэВ и в 15 раз меньше при 1,2 ГэВ. Поляризация нейтронного пучка составляла 52%.

Предварительные результаты по $\Delta\sigma_L(np)$ показывают, что эта величина с ростом энергии

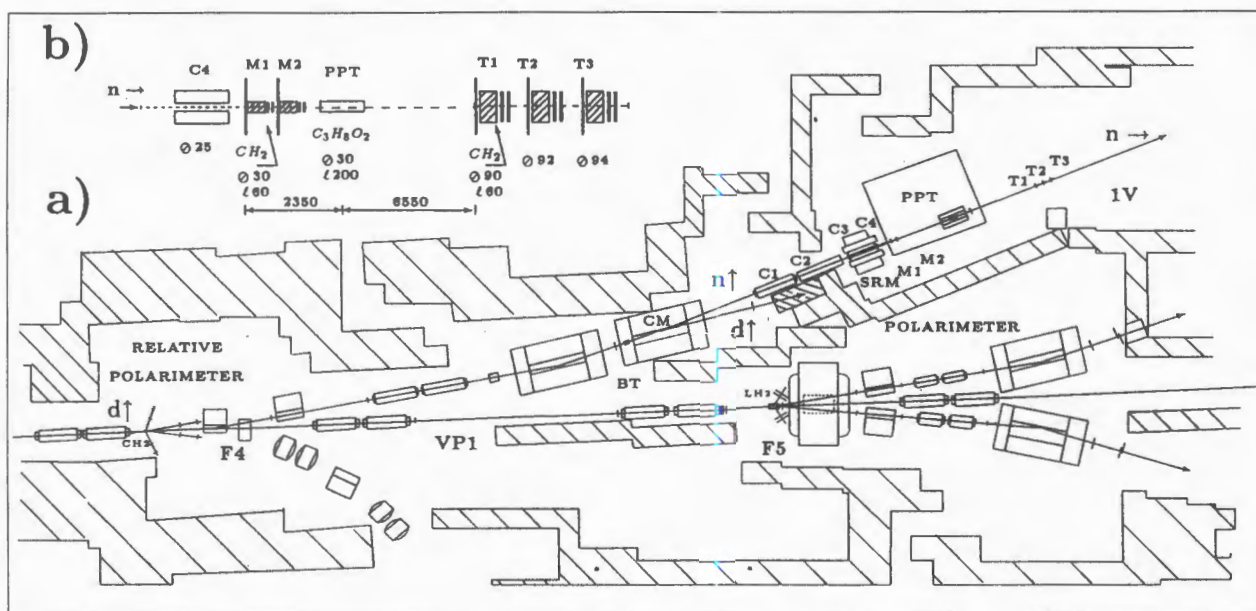


Рис.3. Комплекс экспериментального оборудования для измерений $\Delta\sigma_{LT}(n, p)$. а) Схема размещения оборудования в корпусе 205: VP1 — канал пучка поляризованных дейтронов; 1V — канал пучка поляризованных нейтронов; BT — бериллиевая мишень для генерации нейтронов; CM — очищающий магнит; C1—C4 — набор коллиматоров нейтронного пучка; SRM — дипольный магнит для поворота спина; PPT — поляризованная протонная мишень. б) Схема детекторов: M1, M2 — детекторы мониторинга нейтронов; T1—T3 — детекторы трансмиссионных измерений нейтронов

стремится к нулю (рис. 4) в соответствии с предсказанием модели на основе непертурбативной КХД для спиновых эффектов, где кварковые взаимодействия вызываются вакуумными глюонными полями, инстантонами, давая основной вклад в наблюдаемую величину $\Delta\sigma_L(np)$. Быстрый спад $\Delta\sigma_L(np)$, наблюдавшийся впервые, предполагает, что это предсказание справедливо для изоспиновых состояний $I=0$ и $I=1$. Представляется крайне интересным измерить разность полных сечений $\Delta\sigma_L(np)$ при поперечной ориентации пучка и мишени. В соответствии с указаниями упомянутой выше модели эта величина должна иметь поведение, отличное от $\Delta\sigma_L(np)$ при высоких энергиях.

После возврата поляризующего сверхпроводящего соленоида в Майнц для ППМ требуется новый соленоид. Работы по его изготовлению активно ведутся в криогенном отделе ЛВЭ.

СФЕРА. В рамках проекта СФЕРА 2—8 марта проведен эксперимент по изучению тензорной анализирующей способности реакции рождения кумулятивных пионов при вариации направления выстроенности спина дейтронов (по оси реакции и в перпендикулярном направлении) [9—12]. В качестве спектрометра используется канал транспортировки пучка длиной 70 метров, включающий пять отклоняющих магнитов, а также магнитный спектрометр СФЕРА, расположенные в основном экспе-

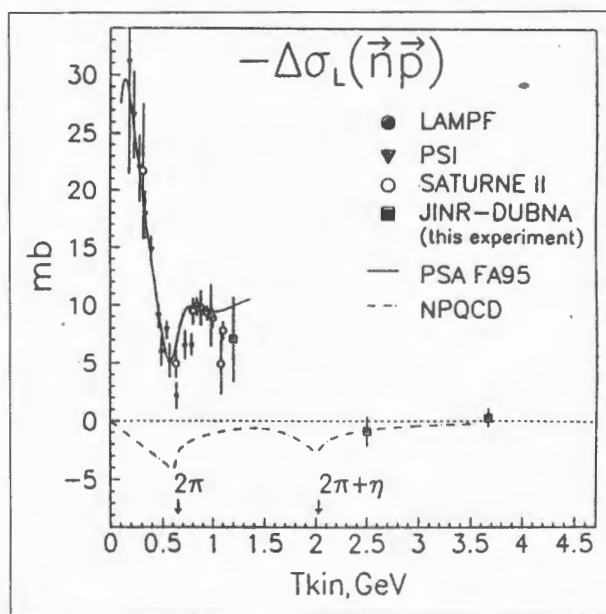


Рис.4. Предварительные данные по $\Delta\sigma_L(n, p)$, полученные на пучке поляризованных нейтронов. Приведены также известные результаты LAMPF, PSI и Сакле

риентальном зале ускорительного комплекса ЛВЭ. Предварительные результаты указывают на отсутствие изменения тензорной анализирующей способности T_{20} для реакции $d + C \rightarrow \pi^- + X$ в

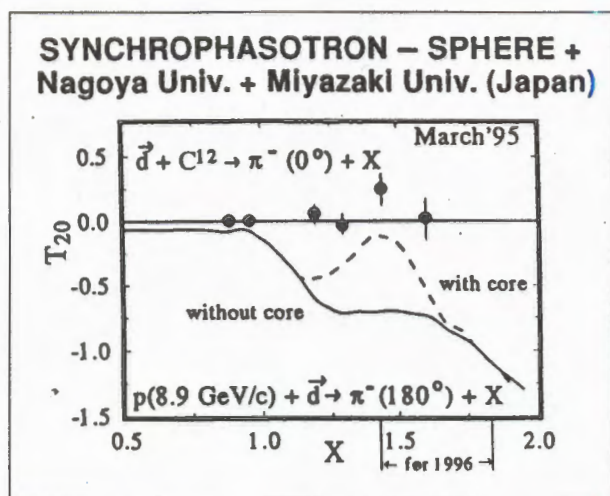


Рис.5. Экспериментальные данные сотрудничества СФЕРА по тензорной анализирующей способности реакции фрагментации релятивистских дейтронов в кумулятивные пионы

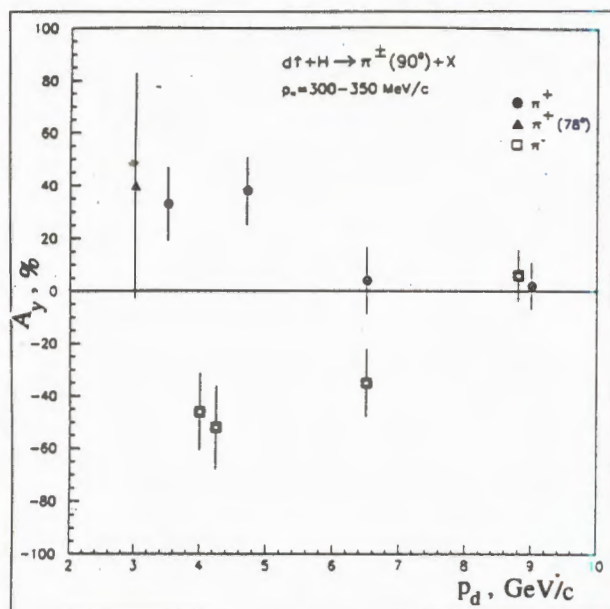


Рис.7. Зависимость асимметрии положительно и отрицательно заряженных пионов от импульса первичных дейтронов (спектрометр ДИСК)

зависимости от величины кумулятивного числа X (рис. 5), что противоречит предсказаниям расчетов, выполненных в рамках нуклонной модели. Результаты эксперимента позволят установить связь между наличием мультикварковых состояний в ядрах и спиновой структурой высокоимпульсной части волновой функции дейтрона.

Кроме того, проведены исследования выхода кумулятивных K^- -мезонов при фрагментации непо-

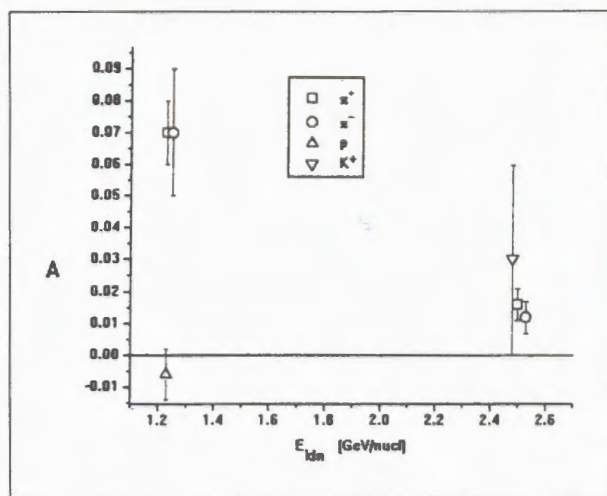


Рис.6. Зависимость асимметрии рождения пионов, протонов и каонов с импульсом 0,8 ГэВ/с от кинетической энергии налетающих дейтронов (спектрометр КАСПИЙ)

ляризованных дейтронов для подготовки эксперимента по измерению T_{20} реакции $d + C \rightarrow K^- + X$ и получены новые данные по фрагментации дейтронов в кумулятивные пионы до кумулятивного числа $X = 1,95$.

В работе на пучке приняла участие группа из восьми физиков из университетов Нагоя и Миядзаки. Японские физики участвовали не только в разработке программы исследований, но и предоставили ценное экспериментальное оборудование (детекторы, электронику), а также предусмотрели финансовое участие в расходах, связанных с работой синхрофазотрона.

Спектрометр КАСПИЙ. Получены новые экспериментальные данные по асимметрии рождения адронов в реакции $d\uparrow + {}^{12}\text{C} \rightarrow (\pi, K, p) + X$ на пучках векторно-поляризованных дейтронов с энергиями 1,23 и 2,5 ГэВ/нуклон. Вторичные частицы регистрировались под углом 24° с импульсами 0,8 и 1 ГэВ/с [13]. Наблюдается уменьшение асимметрии с увеличением энергии дейтронов, а также с увеличением импульса вторичных частиц (рис. 6).

В настоящее время не существует законченной теории поляризационных явлений в адрон-ядерных взаимодействиях. Изучение спиновых явлений в области переходного режима только начинается. Поэтому проведенные измерения поляризационных эффектов необходимы для проверки и создания различных теоретических подходов.

Спектрометр ДИСК. Измерена векторная анализирующая способность, включая кумулятивную область, в реакции взаимодействия поляризованных релятивистских дейтронов с ядрами водорода и углерода [14,15]. Измерена величина

и знак асимметрии рождения π^+ -мезонов (рис.7). Моделирование показало, что образование пионов при распадах резонансов играет важную роль в кинематических областях, где односпиновые пионные асимметрии имеют значительную величину.

Стримерная камера ГИБС. На стримерной камере спектрометра ГИБС исследовалась зарядово-обменная реакция $A(t, {}^3\text{He})$ при импульсе пучка трития 9 ГэВ/с [16—18]. Внутри камеры устанавливались магниевая и углеродная мишени, поэтому все частицы, рождающиеся во взаимодействии, регистрировались и измерялись практически в 4π -геометрии. Кинематические характеристики анализировались только в том случае, когда наблюдался единственный отрицательный пион. Как ожидалось, эти пионы должны были генерироваться в распадах Δ^- -изобары, возбуждаемой на квазисвободном нейтроне в ядре-мишени. Такой сценарий ожидался при вполне естественном предположении, что зарядово-обменная реакция происходит на квазисвободных нуклонах периферии ядра и что в процессе доминирует однопионный обмен.

Спектр пионов, измеренный в эксперименте, сравнивался с расчетными при различных предположениях. Было обнаружено, что только 60—70% пионов происходит от возбуждений изобары на квазисвободном нуклоне мишени. Анализ кинематических особенностей пионов вне спектров, обусловленных возбуждением изобары, показал, что эти пионы уносят основную часть импульса отдачи в

процессе перезарядки (70%), а импульс частицы отдачи (мишени) менее 150—180 МэВ/с. Такие характеристики должны получаться в случае возбуждения изобары в налетающем ядре и при когерентном механизме образования пионов.

Для улучшения кинематического анализа спектрометр дополнен системой измерения времени пролета пучковых ядер трития. Анализ первых данных показал, что достигается точность измерения импульса около 20 МэВ/с при импульсе 6 ГэВ/с.

Анализ информации с пузырьковых камер

Водородная камера. Продолжались обработка и анализ результатов по взаимодействиям легких ядер с протонами [19—22]. Получены инвариантные сечения нуклонов в ${}^4\text{He}$ -столкновениях. В d р-, ${}^3\text{He}$ р- и ${}^4\text{He}$ р-взаимодействиях анализировались пространственные корреляции, связанные с взаимодействием в конечном состоянии. Показана принципиальная возможность получения в рамках импульсного приближения вероятности D -волны в дейтроне при использовании пучка векторно-поляризованных дейтронов. На основе экспериментального изучения кислород-протонных взаимодействий показано, что одним из основных источников обильного выхода α -частиц являются фрагменты ${}^8\text{Be}$ (рис. 8).

На статистике 150000 трех- и пятилучевых событий продолжалось изучение узких адронных

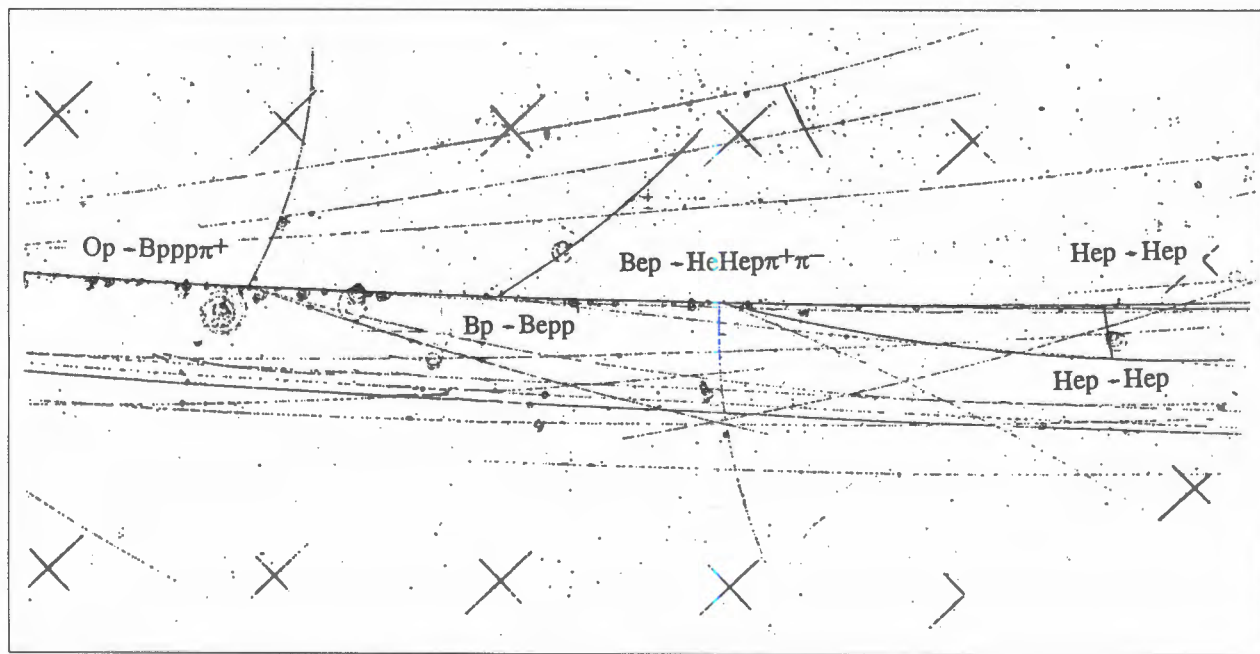


Рис.8. Пример пятикратного каскадного взаимодействия в водородной пузырьковой камере: $O + p \rightarrow B + \dots \rightarrow He + \dots \rightarrow He + \dots \rightarrow He + \dots$

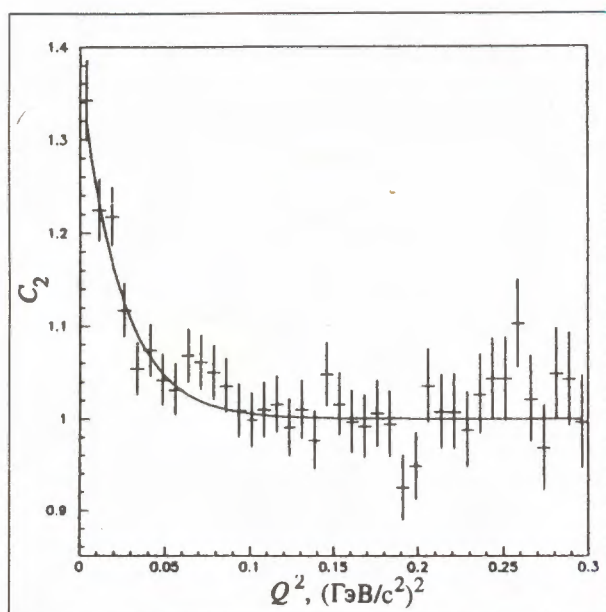


Рис.9. C_2 — отношение числа пар идентичных пионов к числу пар, полученных методом перемешивания (водородная пузырьковая камера)

СОТРУДНИЧЕСТВО НА ДРУГИХ УСКОРИТЕЛЯХ

В течение 1992—1995 гг. сотрудниками лаборатории были налажены совместные работы в экспериментах NA45, NA49, WA98 на ядерных пучках SPS в ЦЕРН. Новые перспективы исследований по релятивистской ядерной физике открываются в области энергий порядка нескольких ТэВ на нуклон. Эксперименты ALICE и CMS на LHC дадут в этом отношении информацию как по детальной картине множественного рождения, так и по жестким КХД-процессам, включая рождение промежуточных векторных бозонов, при ультрарелятивистских энергиях столкновения.

NA45. Завершено создание системы детекторов триггера первого уровня для эксперимента CERES/NA45 в ЦЕРН, и начат набор статистики в пучках ядер свинца (рис. 10). Завершена обработка экспериментальных данных с установки CERES/NA45 по рождению электрон-позитронных пар во взаимодействии ядер серы с ядрами золота. Обнаружено, что в отличие от случая протон-ядерных взаимодействий, где форма спектра инвариантных масс и выход электрон-позитронных пар хорошо описываются известными источниками от адронных распадов, в случае S-Au-столкновений обнаружено существенное усиление выхода электрон-позитронных пар в области эффективных масс менее 250 МэВ/с².

NA49. Для эксперимента NA49 разработана, изготовлена и введена в работу времяпролетная

резонансов в реакциях $pr \rightarrow pr\pi^+\pi^-\pi^-$ и $pr \rightarrow pr\pi^+\pi^-\pi^0$ при импульсе нейтронов $P_n = 5,20 \pm 0,16$ ГэВ/с. Для поиска низколежащих глобальных состояний с ширинами от 2 до 50 МэВ, распадающихся по каналу $\pi^+\pi^-$, было просканировано и измерено 30000 событий (полная статистика — 70000 событий). Выполнена оценка области излучения в реакции $pr \rightarrow \pi^-\pi^-X$ методом интерференции (рис. 9), получена величина $(1,32 \pm 0,16)$ фм [23].

Пропановая камера (ТПК-200). Результаты анализа фильмовой информации на ТПК-200 позволят сделать обоснование масштабного электронного эксперимента по мультифрагментации релятивистских ядер [24—27,30,31] и поиску Н-дифрагионов [32]. В частности, исследовался процесс мультифрагментации релятивистских ядер углерода в три α -частицы. Сравнение данных на разных ядрах-мишенях позволило заключить, что для легких ядер, по-видимому, доминирует дифракционный механизм когерентной мультифрагментации, а для тяжелых — кулоновский.

система из 600 сцинтилляционных счетчиков со средним временным разрешением 70 пс (рис. 11). Эта система успешно отработала в длительном сеансе на ускорителе в ЦЕРН на пучке ядер свинца в ноябре—декабре 1995 г.

WA98. Анализ информации с времяпролетной системы (разрешение 135 пс) совместно с трековой информацией позволил идентифицировать в этом эксперименте каоны и антипротоны (рис. 12). Калибровка калориметра нулевого угла дала величину энергетического разрешения лучше 2% при энергии 160 А ГэВ [34]. По физической программе этого эксперимента группой ОИЯИ предложено изучение образования антиматерии и асимптотических свойств образования адронов.

ALICE. Группа сотрудников ОИЯИ приняла участие в разработке и изготовлении счетчиков Пестова. Испытание двух таких детекторов на пучке в ЦЕРН дало временное разрешение 40 пс при эффективности 94% (рис. 13). Проведено предварительное проектирование сверхпроводящего дипольного магнита для мюонного спектрометра. Выполнено моделирование разрешения и возможностей восстановления треков во внутренней трековой системе на основе различных типов кремниевых детекторов [35—38,41].

CMS. С помощью генератора HIJING исследованы различные возможности для оценки неупругости ядро-ядерных столкновений при энергии столкновения 5 А ТэВ [39,40]. Оценка неупругости

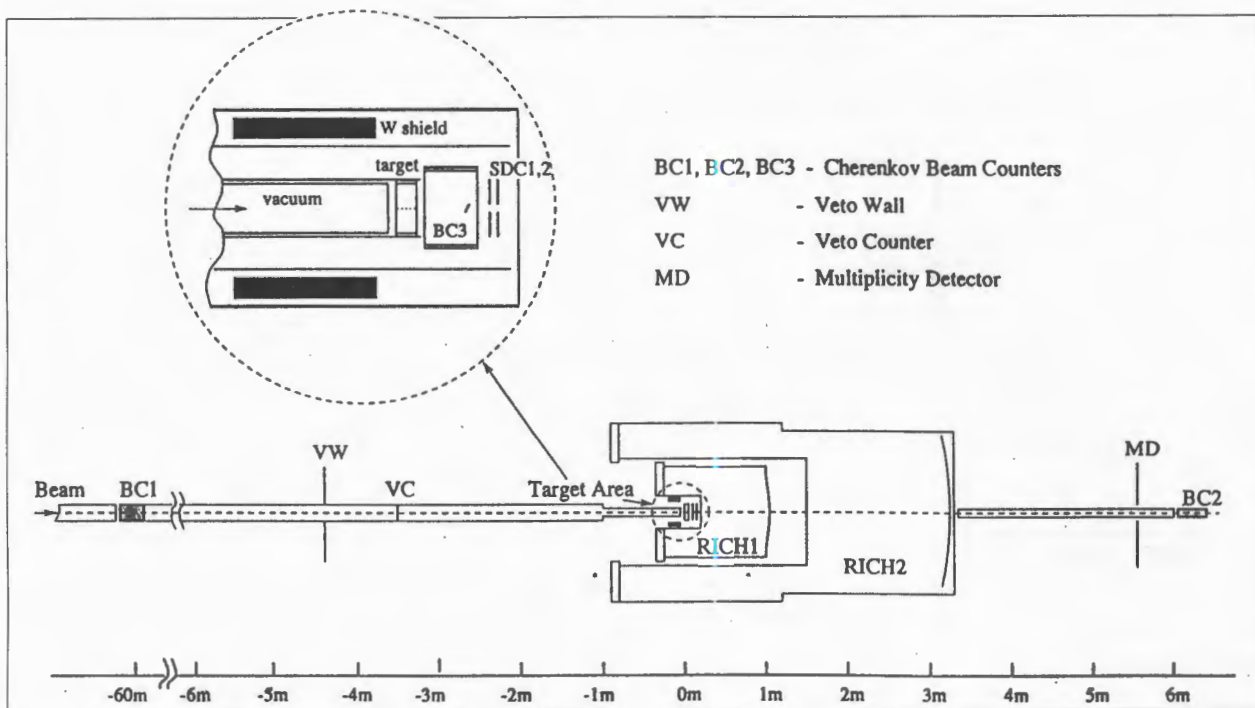


Рис.10. Схема детекторов для триггера первого уровня спектрометра CERES/NA45 в экспериментах с ядрами свинца (сотрудничество ДИСК)

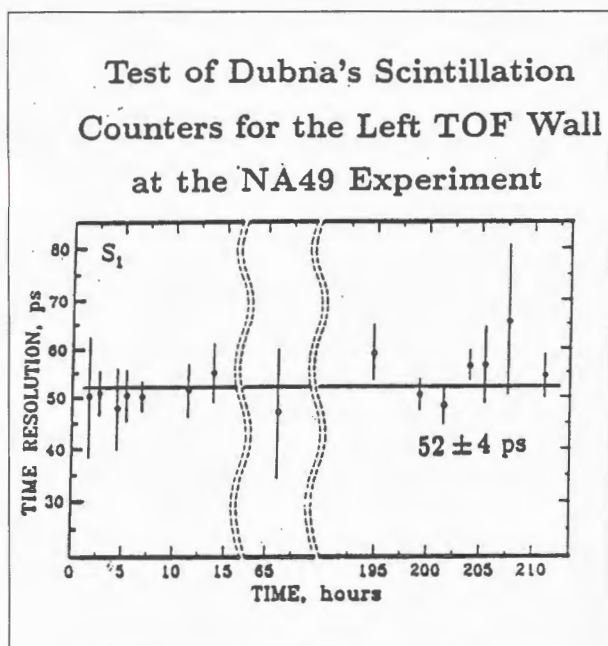


Рис.11. Стабильность временного разрешения при долговременном облучении одного из детекторов годоскопа времени пролета установки NA49 (сотрудничество СФЕРА)

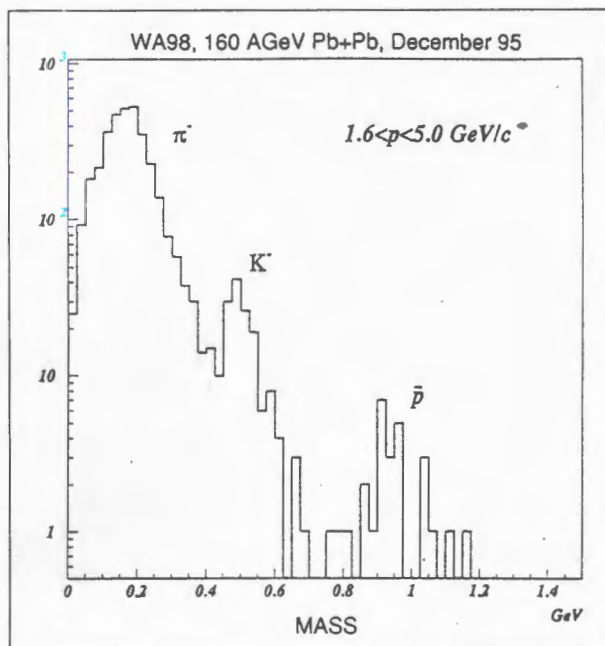


Рис.12. Спектр отрицательных частиц в соударениях ядер свинца при 160 А ГэВ по измерениям с годоскопом времени пролета и трековой системой эксперимента WA98

по компоненте гамма-квантов в направлениях малых углов представляется наиболее оптимальной. Поэтому предлагается дополнить эти направления в эксперименте CMS электромагнитными калориметрами,

предназначенными для исследований с тяжелыми ионами.

HADES. На основе применения имеющегося в ЛБЭ опыта по производству многопроволочных де-

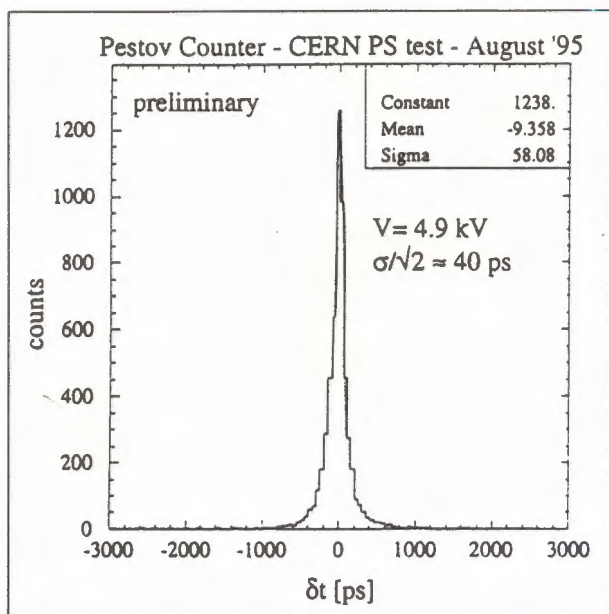


Рис.13. Временное разрешение счетчиков Пестова (кол-лаборация ALICE)

текторов [28,29] выполнены работы по разработкам координатных детекторов для установок HADES (SIS), предназначенных для изучения векторных мезонов в электрон-позитронной моде распада на тяжёлоионном синхротроне SIS (GSI, Дармштадт). Представлен проект «Установка HADES (участие ЛВЭ ОИЯИ)» на осенней сессии ПМК по физике частиц. Проект одобрен ПМК, авторам предложено также рассмотреть вопрос о продолжении эксперимента на нуклотроне.



Рис.14. Компактный модуль светоприемника из 16 ФЭУ сцинтилляционного детектора максимума ливня для эксперимента STAR на установке RHIC (сотрудничество ДИСК)

STAR. Естественным развитием исследований спиновых и цветовых степеней свободы является участие в эксперименте STAR на коллайдере ядер и поляризованных протонов RHIC. На основе моделирования выбрана концепция детектора максимума ливня для торцевого электромагнитного калориметра. Эффективность регистрации электромагнитных ливней и выделения прямых гамма-квантов в выбранной схеме детектора максимума ливня будет составлять не ниже 70% (рис. 14) [33].

DELPHI. На установке DELPHI продолжались исследования реакции $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^- + X$, где X — система адронов или лептонная пара [42]. Основные результаты получены в так называемой моде одиночного мечения, когда в установке были зарегистрированы рассеянный электрон (позитрон) и система рожденных во взаимодействии двух фотонов частиц. В случае регистрации рассеянного электрона (позитрона) при достаточно высоком Q^2 процесс может быть представлен как глубоконеупругое рассеяние электрона на квазиреальном фотоне мишени. Такие исследования позволяют изучать адронную структурную функцию фотона $F_2^Y(x, Q^2)$ или проводить тесты КЭД в моде, когда система X представляет собой лептонную пару.

Основные результаты:

- измерена структурная функция фотона при средних значениях переданного 4-импульса Q^2 12 и 90 ГэВ² (рис. 15);
- проведены исследования КЭД-процесса рождения мюонных пар в интервале изменения Q^2 от практически нулевого значения до нескольких тысяч ГэВ².

Каналирование. Компьютерное моделирование показало, что использование монокристаллов вольфрама вместо обычных кремниевых может увеличить на порядок эффективность вывода пучка, и она составит около 25% [43—47].

В рамках сотрудничества с ЦЕРН исследована зависимость ионизационных потерь ультрарелятивистских протонов в ориентированном монокристалле кремния от величины его изгиба. Показано, что величина наиболее вероятных потерь энергии и их разброса для отклоненной фракции пучка увеличивается по мере проникновения в кристалл на участке с увеличивающейся кривизной.

Предложена компенсация действия пространственного заряда в зонах пересечения пучков коллайдера посредством организации столкновений циркулирующего пучка с пространственным зарядом пучка электронов малой энергии. Компьютерный анализ, проведенный для коллайдера LHC, показал, что генерируемый разброс фаз бетатронных колебаний может быть уменьшен на два порядка при достижимой точности приготовления параметров компенсирующего электронного пучка. Предложенная схема компенсации может позволить увеличить светимость коллайдера.

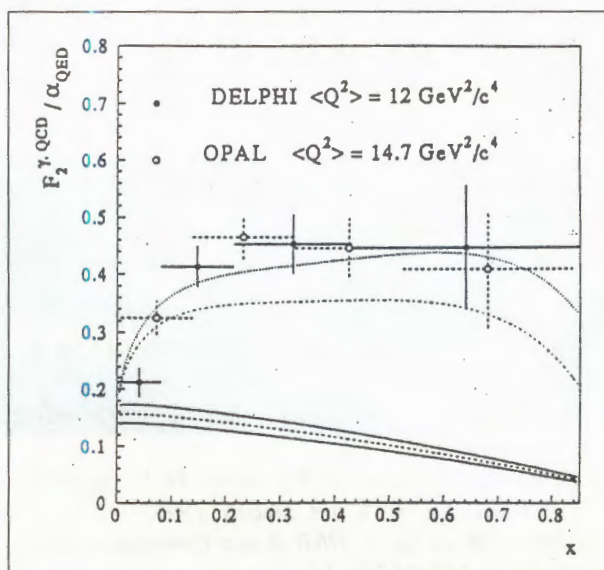


Рис.15. Эксперимент DELPHI. Структурная функция фотона F_2^γ для легких кварков при среднем значении переданного 4-импульса 12 ГэВ²

ПРИКЛАДНЫЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интерес к пучкам ускорительного комплекса ЛВЭ возрос и в связи с актуальностью проработки ядерно-физических аспектов электроядерного метода генерации энергии и трансмутации радиоактивных отходов. Оптимальные значения энергии пучка составляют порядка 1 ГэВ, что означает и относительно небольшие энергетические затраты на работу ускорителя по этой программе.

В рамках темы «Теоретические и экспериментальные исследования электроядерного способа получения энергии и трансмутации радиоактивных отходов» проводятся работы по разработке и монтажу узлов калориметра делений урана и измерительной аппаратуры на ускорительном комплексе ЛВЭ. На синхрофазотроне продолжены эксперименты по генерации нейтронов при взаимодействии релятивистских ядер с протяженной свинцовой мишенью. Получены новые данные по выходу нейтронов в энергетическом диапазоне первичных протонов от 2 до 8 ГэВ (рис. 16), анализ которых позволяет оптимизировать энергию первичного пучка и параметры конвертора подкритической сборки установки «Энергия». Максимум целевой функции $F(E_p) = Y_n/W$ находится в области 1—2 ГэВ, где E_p — энергия первичного пучка, Y_n — нейтронный выход, W — электрическая мощность, потребляемая ускорителем.

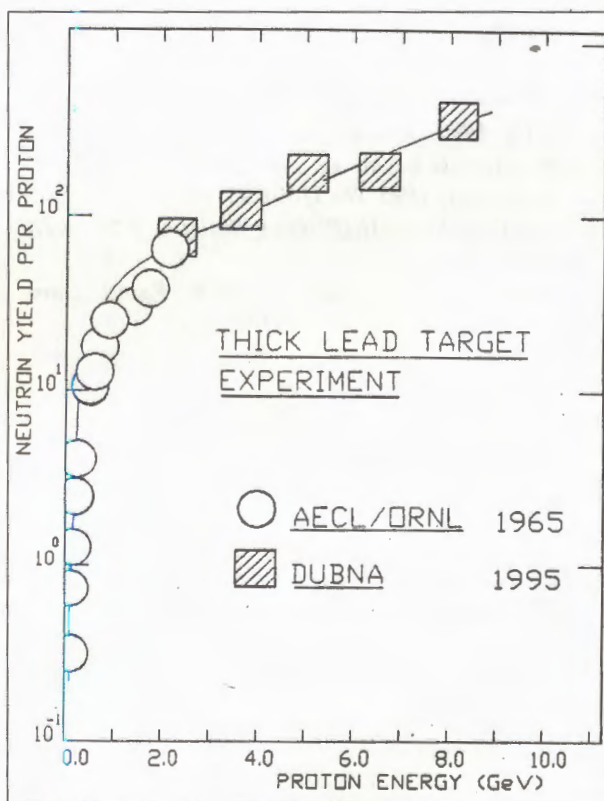


Рис.16. Зависимость выхода нейтронов от энергии первичных протонов

ЛИТЕРАТУРА

1. Kovalenko A.D., Malakhov A.I. — In: *Proceedings of the Intern. Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995, Contributed paper No.0775.*
2. Baldin A.M. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1995, vol.583, p.637.
3. Зарубин П.И. — ЭЧАЯ, 1995, т.26, с.523; Zarubin P.I. — *Phys. Part. Nucl.*, 1995, vol.26(3), p.221.
4. Baldin A.A. — *JINR News Bulletin*, 3/95, p.16, Dubna, 1995.
5. Lehar F., Piskunov N.M., Usov Yu.A. — *JINR News Bulletin*, 3/95, p.9, Dubna, 1995.
6. Sitnik I.M. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.19.
7. Strokovsky E.A. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.29.
8. Ladygin V.P., Ladygina N.B. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.4[72]-95, p.19.
9. Zolin L., Litvinenko A., Rukoyatkin P. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.53.
10. Anisimov Yu.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.5[73]-95, p.31.
11. Afanasiev S. et al. — In: *Proc. of Int. Workshop «Deuteron-95», Dubna, 1995.*
12. Nikiforov A.S. — *JINR News Bulletin*, 3/95, p.12, Dubna, 1995.
13. Baldin A.A. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.5[73]-95, p.41.
14. Аверичев Г.С. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1995, № 1[69]-95, с.27.
15. Averichev G.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.37.
16. Belikov Yu.A. — *JINR News Bulletin*, 4/95, p.18, Dubna, 1995.
17. Afanasiev S.V. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.47.
18. Avramenko S.A. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1995, vol.585, p.91.
19. Собчак Т. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, с.1017.
20. Собчак Т. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, с.2005.
21. Собчак Т. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, с.2000.
22. Собчак Т. и др. — *Препринт ОИЯИ P1-95-329, Дубна, 1995.*
23. Любошиц В.Л. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1995, №6[74]-95, с.109.
24. Chernov G.M. — *JINR News Bulletin*, 4/95, p.22, Dubna, 1995.
25. Chernov G.M. et al. — *Rad. Measurements*, 1995, vol.25, p.269.
26. Belaga V.V. et al. — *ibid.*, p.271.
27. Belaga V.V., Chernov G.M. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, p.73.
28. Zanevsky Yu. et al. — *Nucl. Phys. B*, 1995, vol.44, p.406.
29. Vasiliev S. et al. — *Instruments and Experimental Techniques*, 1995, vol.38, No.2, Part 2.
30. Белага В.В. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1995, т.62, с.385.
31. Cheplakov A.P. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.35.
32. Shakhbazian B.A. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.61.
33. Averichev G.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, pp.61,95.
34. Ereemeev R. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.45.
35. Batyunya B., Zinchenko A. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.3[71]-95, p.5.
36. Batyunya B., Belikov Yu., Fedunov A., Zinchenko A. — *ALICE/95-50, Internal Note/PAT.*
37. Borisovskaya Z.V. et al. — *NIM*, 1995, vol.A365, p.329.
38. Badura E. et al. — *Preprint GSI-95-74, Darmstadt, 1995.*
39. Zarubin P.I. — *JINR News Bulletin*, 2/95, p.15, Dubna, 1995.
40. Zarubin P.I., Slavin N.V. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, p.115.
41. Afanasiev S. et al. — *Nucl. Phys. B*, 1995, vol.44, p.402.
42. Batyunya B. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.3[71]-95, p.15.
43. Kovalenko A.D. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.4[72]-95, p.9.
44. Taratin A.M. — *NIM*, 1995, vol.B95, p.243.
45. Tsyganov E., Taratin A. — *NIM*, 1995, vol.A363, p.511.
46. Taratin A.M. — *JINR Preprint E1-95-369, Dubna, 1995; to be published in «NIM B».*
47. Tsyganov E., Taratin A., Zinchenko A. — *SL/Note 95-116 (AP), CERN, 1995.*

ЛАБОРАТОРИЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1995 году деятельность ЛСВЭ была сосредоточена на следующих основных направлениях:

- эксперименты в области физики частиц;
- подготовка новых экспериментов;

— разработка, создание и исследование детекторов частиц;

— разработка, создание и исследование различных ускорительных систем, разработки в области теории ускорителей.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ИФВЭ (СЕРПУХОВ)

ЭКСЧАРМ. Изучались характеристики рождения и распада очарованных частиц, и осуществлялся поиск экзотических адронов. В 1995 г. было обработано и проанализировано $\approx 10^8$ событий (около 60% всей накопленной информации) с помощью программы геометрической реконструкции.

Исследовались очарованные барионы Λ_c^+ , Ξ_c^+ и Σ_c^0 , образованные в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Получены данные об их наблюдении по следующим каналам распада:

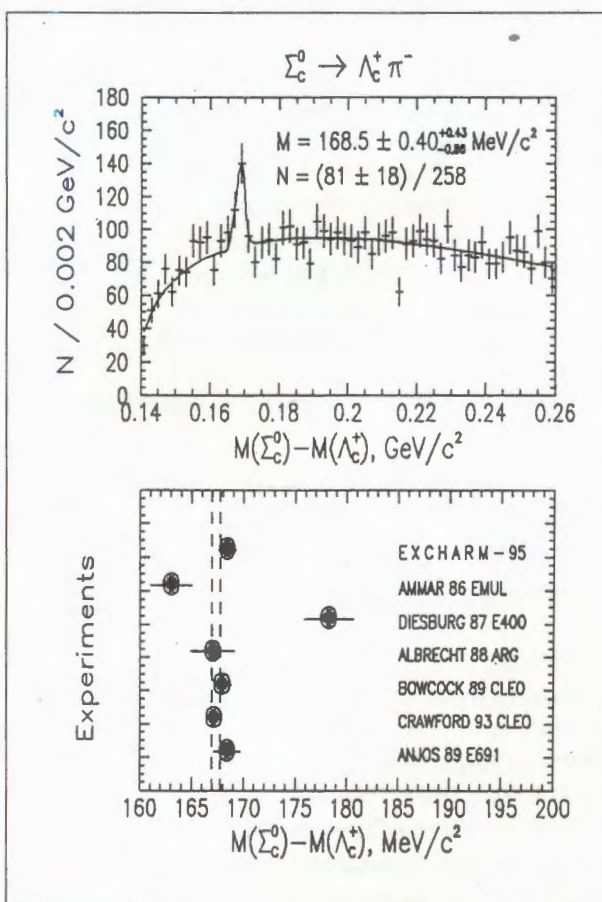
$$\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-; \quad \Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-;$$

$$\Xi_c^+ \rightarrow \Lambda^0 K^- \pi^+ \pi^+; \quad \Xi_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p K^- \pi^+;$$

$$\Sigma_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ (\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-) \pi^-; \quad \Sigma_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ (\bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) \pi^-.$$

Последний распад наблюдался впервые (см. рис.1). На рис.1 в верхней части представлен спектр разности эффективных масс Σ_c^0 и Λ_c^+ . Наблюдаемый сигнал при разности 168,5 МэВ соответствует известному значению массы Σ_c^0 . Получен

Рис.1. Сумма разностных спектров эффективных масс $M(\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-) - M(\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-)$ и $M(K^0 p \pi^+ \pi^-) - M(K^0 p \pi^+ \pi^-)$ из области массы Σ_c^+ (вверху) и экспериментальные данные по разности масс $M(\Sigma_c^0) - M(\Lambda_c^+)$ (внизу)



ное значение массы Σ_c^0 хорошо согласуется с результатами наиболее достоверных экспериментов (нижняя часть рисунка).

Измерены отношения парциальных вероятностей наблюдаемых каналов распада Λ_c^+ и Ξ_c^+ .

В результате поиска узкого бариония, распадающегося на Λ^0 , $\bar{p}$ и пионы, получены указания о наблюдении состояния $X(3100)$ по следующим каналам распада:

$$\begin{aligned} X(3100)^0 &\rightarrow \Lambda^0 \bar{p} \pi^+; \\ X(3100)^+ &\rightarrow \Lambda^0 \bar{p} \pi^+ \pi^+; \\ X(3100)^- &\rightarrow \Lambda^0 \bar{p} \pi^+ \pi^-. \end{aligned}$$

Полученные данные согласуются с данными других экспериментов. В частности, в эксперименте WA-89, проведенном на SPS ЦЕРН, наблюдается распад $X(3100)^+ \rightarrow \Lambda^0 \bar{p} \pi^+ \pi^+$.

«Комплекс меченых нейтрино» (КМН). Выполнены работы по подготовке в рамках проекта КМН эксперимента по поиску прямого CP-нарушения в распадах заряженных каонов, в частности, теоретическое обоснование постановки эксперимента, оценка возможных статистических и систематических погрешностей.

Выполнены работы по анализу экспериментальных данных по распадам заряженных каонов, полученных на установке в 1994 г. Опубликовано пять работ, в том числе [1].

«Нептун». Цель проекта «Нептун» — создание установки на внутреннем пучке УНК и исследование с ее помощью спиновых эффектов в pp - и pd -взаимодействиях. В качестве мишени используются атомарные пучки с поляризованными ядрами. Цель проекта — создание узлов установки «Нептун» на УНК — в основном достигнута. Ввиду неопределенности сроков запуска УНК, в рамках проекта «Нептун» продолжается совершенствование методики, а созданные узлы аппаратуры испытываются и используются в исследованиях на других ускорителях, в частности, на пучке поляризованных протонов с энергией 500 МэВ

циклотрона TRIUMPH (Канада) и на нуклотроне. Цель эксперимента на TRIUMPH состоит в измерении распределения эффективной массы пары протонов и поиске дипротонных резонансов. В качестве мишеней использовались пленки CH_2 , Al, Cu, Pb. Измерялась анализирующая способность реакции $A(p, 2p)$ как функция эффективной массы $m(pp)$, которая может дать дополнительный независимый критерий в поиске резонансов. Измерена анализирующая способность реакций $A(p, 2p)$ и $A(p, pd)$ как побочный результат к основной задаче.

СВД. Цель эксперимента — исследование процессов рождения частиц с открытым очарованием в протон-протонных взаимодействиях. Используется гибридный спектрометр, в состав которого входит быстроциклирующая пузырьковая камера. В 1995 г. продолжалась обработка полученного экспериментального материала, проводились работы по модернизации установки. Полученные дополнительные данные подтвердили оценку величины верхней границы сечения образования очарованных частиц (4 мкб) [2].

СТОРС (сверхпроводящий тороидальный спектрометр). Выполнены расчеты по оптимизации спектрометра СТОРС для возможного продолжения экспериментов по глубоконеупругому рассеянию мюонов на протонах, дейтронах и ядрах на планируемом в Протвино УНК-600. Показано, что СТОРС может быть оптимальным детектором для выполнения целого спектра физических задач, в частности, для прецизионной проверки пертурбативной квантовой хромодинамики и определения константы связи α_s с точностью ~ 1%.

Выполнены расчеты и сделаны оценки возможности исследования рождения J/Ψ -частиц на мюонном пучке УНК-600. Показано, что сверхпроводящий спектрометр позволит с высокой точностью измерить сечение рождения J/Ψ -частиц, распределение глюонов в нуклонах и ядрах, проверить предсказания «колор-синглет»-модели, исследовать влияние ядерного вещества на распределение глюонов.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ЦЕРН

Эксперименты на действующих ускорителях

NA-47 (SMC). Завершена обработка данных по глубоконеупругому рассеянию мюонов на поляризованных протонах, полученных в 1993 г., а также данных, полученных в 1994 г. на поляризованных дейтронах. Получены новые экспериментальные данные о спинзависимых структурных функциях дейтрона $g_1^d(x)$ в интервале $0,003 \leq x \leq 0,7$ при среднем значении квадрата передаваемого 4-импульса

$Q^2 = 10 \text{ ГэВ}^2$. Показано, что $g_1^d(x)$ в области малых значений переменной x отрицательна (рис.2). Найдена величина первого момента от $g_1^d(x)$, она равна $\Gamma_1^d = 0,034 \pm 0,09(\text{стат.}) \pm 0,06(\text{стат.})$, что ниже предсказаний правила сумм Эллиса—Джаффе на три стандартных отклонения. Привлекая результаты экспериментов на поляризованных протонах, получили:

$\Delta\Sigma = 0,20 \pm 0,11$ — суммарный вклад спинов кварков в спин нуклона;

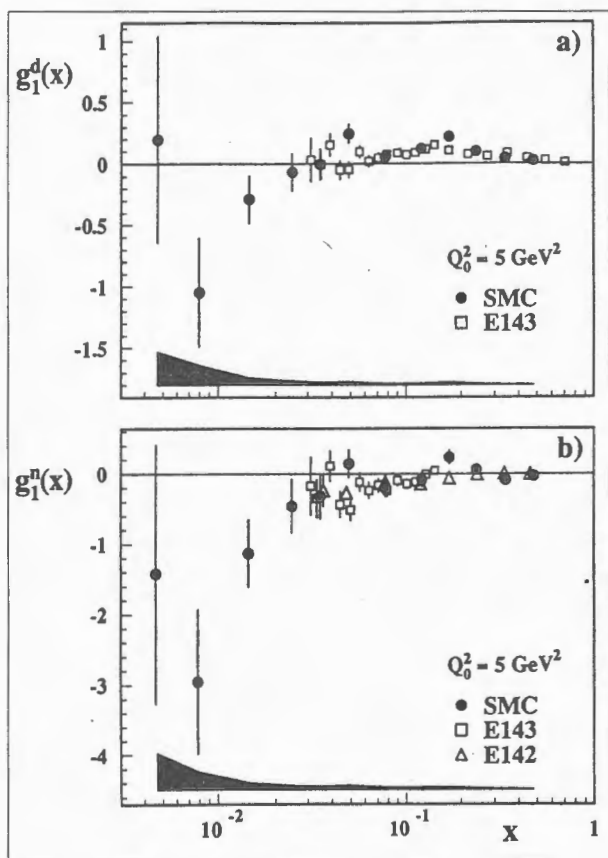


Рис.2. Спинозависимые структурные функции а) $g_1^d(x)$ и б) $g_1^n(x)$ как функции масштабной переменной x , вычисленные при $Q_0^2 = 5 \text{ ГэВ}^2$; обозначены только статистические ошибки. Систематические ошибки в зависимости от x показаны контуром зачерненной области. Результаты экспериментов SLAC E142 и E143 даны для сравнения

$\Delta S = -0,12 \pm 0,04$ — вклад странных кварков в спин нуклона.

Основные результаты работы опубликованы в [3].

Выполнены новые измерения асимметрии в рассеянии поляризованных мюонов на поляризованных дейтронах. В ходе работы по набору данных зарегистрировано 97 млн событий на продольно-поляризованных дейтронах и 18 млн событий на дейтронах с поперечной к пучку поляризацией. При этом существенно повышена стабильность детектирующей аппаратуры, а на поляризованной мишени получен рекордный уровень поляризации, когда разность значений поляризации в двух модулях мишени превышала 100%. Ведется обработка полученных данных.

Выполнен анализ данных коллабораций SMC и E143 по асимметрии $A_1^p(x)$. Показано [4], что величина первого момента Γ_1^p от $g_1^p(x)$ находится

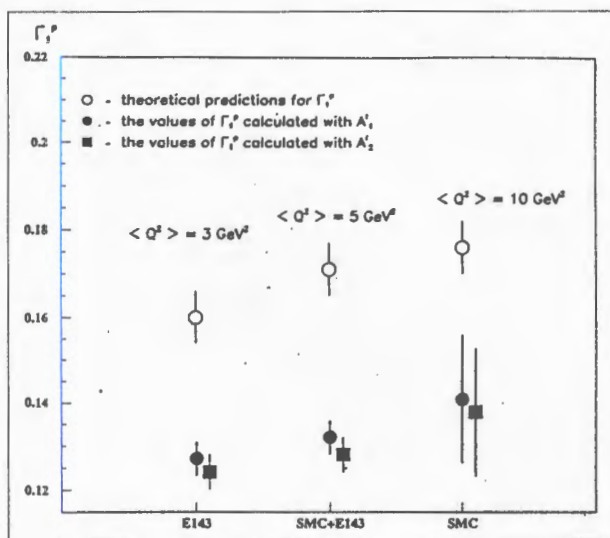


Рис.3. Сравнение теоретических предсказаний для Γ_1^p и экспериментальных значений, полученных с помощью нового метода. Ошибки $\Delta \Gamma_1^p$ включают статистические и систематические ошибки в данных

ниже предсказаний правила сумм Эллиса—Джаффе более чем на 7σ (рис.3).

NA-48. Цель эксперимента — исследование CP-нарушения в распадах K^0 -мезонов. ОИЯИ участвует в создании жидкокриптонового калориметра. В 1995 году продолжалась подготовка аппаратуры. С участием ОИЯИ на российских предприятиях были изготовлены вакуумные окна, вакуумный корпус и другие части криостата. Были также изготовлены башня криостата с разъемами и криогенная вставка с вспомогательным оборудованием. Все оборудование было проверено, доставлено в ЦЕРН и смонтировано при участии группы специалистов из ОИЯИ.

Подготовка экспериментов на LHC

ATLAS. По проекту ATLAS в ЛСВЭ изучались вопросы регистрации и реконструкции продуктов распада тяжелых бозонов Хиггса (масса $\ll 1 \text{ ТэВ}$) в адронных калориметрах; развивалось программное обеспечение для реконструкции струй и описания геометрии установки ATLAS.

На пучках реакторов ЛНФ исследовалась радиационная стойкость электроники, построенной на основе AsGa-технологии.

Завершена конструкторская проработка прототипа жидкоаргонового адронного калориметра детектора ATLAS. Изготовлены все составные элементы модуля этого прототипа, завершена их подготовка к сборке для проведения испытаний на пуч-

ке частиц с целью изучения физических характеристик детектора. Основные результаты опубликованы в [5,6].

CMS. ЛСБЭ принимает участие в создании установки CMS на LHC. Существенным элементом детектора CMS является передняя часть установки (end cap), ответственность за создание которой несет ОИЯИ в рамках коллаборации России и стран-участниц ОИЯИ (RDMS). В мае—июне 1995 года на пучке H2 SPS ЦЕРН был проведен интеграционный тест в условиях, максимально приближенных к эксперименту. В состав установки входили прототипы предливневого детектора, электромагнитного калориметра на базе кристаллов PbWO, адронного калориметра и мюонной станции MF1. Облучение проводилось пионами и мюонами в интервале импульсов 50—300 ГэВ/с.

Одной из задач было изучение возможности организации триггера с использованием информации со стрипов CSC-камер в условиях, близких к экспериментальным. Проведенный анализ показал,

что два использованных алгоритма — «компараторный» и «цифровой» — дают примерно одинаковое пространственное разрешение в условиях электромагнитного сопровождения треков мюонов большой энергии [7] и позволяют организовать триггер по данным с CSC-камер [8].

Проведенные исследования временного разрешения CSC-камер показали, что их использование позволяет определить время столкновения встречных пучков.

Продолжалась разработка предливневого детектора электромагнитного калориметра. Активными элементами предливневого детектора являются усовершенствованные планарные структуры размером $60 \times 60 \times 0,4$ мм³, выполненные из высокоомного кремния и имеющие 32 плоско-параллельных стрипа. Структуры изготовлены с применением совершенной имплантационно-диффузионной технологии.

УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ В DESY, НА RHIC, В ГРАН-САССО

HERMES (DESY). ЛСБЭ участвует в программе исследований спиновой структуры нуклонов в DESY. В 1995 г. эксперимент вступил в стадию набора данных. В пучке поляризованных позитронов при энергии 27,5 ГэВ на газовой поляризованной мишени с ³He получены первые экспериментальные данные — около 20 млн событий. Ведется обработка полученной информации.

Сотрудниками группы ОИЯИ выполнены работы по созданию практической процедуры и внедрению в эксперимент нового метода извлечения абсолютных сечений (структурных функций). При использовании этого метода получены первые физические результаты в эксперименте HERMES — структурные функции $F_2^{^3\text{He}}(x, Q^2)$ на ³He при статистике ~ 100 тыс. событий.

STAR. Детектор STAR создается для сооружаемого в настоящее время коллайдера тяжелых ионов

и поляризованных протонов RHIC. ЛСБЭ планирует принять участие в исследовании спиновой структуры нуклонов и ядер, проверке р QCD и CM, изучении возможных фазовых переходов в горячей и сверхплотной ядерной материи. Вклад ОИЯИ в проект STAR состоит в разработке и создании торцевого (end cap) электромагнитного калориметра и участии в исследованиях на нем. Лаборатория выполнила свои обязательства перед коллаборацией STAR в 1995 году (проектирование 30°-го модуля торцевого калориметра и создание малого макета этого модуля).

BOREXINO (подземная лаборатория Гран-Сассо). Цель эксперимента — исследования солнечных нейтрино. В 1995 году были завершены работы по подготовке и запуску прототипа установки BOREXINO—CTF (Counting Test Facility), опубликован ряд теоретических и методических работ [9—11].

РАЗРАБОТКА УСКОРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. КРИОФИЗИКА

В 1995 году подготовлена и одобрена новая тема — «Разработка и создание элементов ускорительного комплекса LHC». В рамках этой темы объединены усилия ускорительщиков ОИЯИ, сотрудничающих с ЦЕРН по ускорительной тематике. Были предложены теоретические и эксперимен-

тальные исследования по проверке нелинейного режима подавления поперечных колебаний пучка, оптимизации выхода многозарядных ионов в ECR-источнике, а также по электронному охлаждению ядерных пучков.

По программе LHC разработан и изготовлен функциональный блок для моделирования нелинейных режимов подавления поперечных колебаний пучка. Предложена методика измерения времени затухания колебаний. Прделанная работа позволила осуществить экспериментальное исследование свойств нелинейной обратной связи на SPS (ЦЕРН). Полученные результаты будут использованы при проектировании системы подавления поперечных колебаний пучка LHC. По программе разработки системы подавления поперечных колебаний I ступени УНК был создан многомашинный комплекс и разработано программное обеспечение для исследований характеристик высоковольтных генераторов тока ударных магнитов. Проведены измерения основных характеристик системы в режимах, максимально приближенных к рабочим.

На разработанном и созданном в ЛСВЭ оборудовании станции перегруппировки пучка (СПП) в ИФВЭ продолжаются исследования работоспособности ВЧ-станции в реальных условиях. В результате исследований принят вариант построения системы ВЧ-питания СПП, в котором выходной каскад должен работать в комбинированном режиме — непрерывном и импульсном. В связи с этим разработан и создан рабочий модулятор мощностью 2 МВт для питания ламп оконечного каскада импульсами высокого напряжения.

В 1995 году была развита классическая модель удержания и потери ионов в ECR-источниках ионов по проблеме получения высокозарядных ионов. Получены первые перспективные результаты эксперимента по «неонному охлаждению», проведенного в ЦЕРН с целью улучшения выхода высокозарядных ионов свинца из ECR-источника. Выполнено численное моделирование процесса получения различных тяжелых и средних ионов в ECR-источнике ЦЕРН [12—14].

Опубликован ряд теоретических работ концептуального характера.

Предложена концепция гамма-гамма-коллайдера на базе линейного коллайдера «Тесла», что явилось основой для разработки гамма-гамма-варианта как части проекта «Тесла-500» [15].

Разработана концепция создания интенсивных источников поляризованных, монохроматических гамма-квантов на базе накопительного кольца и лазера на свободных электронах [16]. Интенсивность источника может достигать величины $\sim 10^{14} \text{ с}^{-1}$, что превосходит интенсивность существующих источников на 6—7 порядков. Это открывает возможность проведения уникальных ядерно-физических исследований.

Впервые предложена практически реализуемая схема использования лазера на свободных электронах в качестве драйвера для промышленного термо-

ядерного реактора на основе инерциального термоядерного синтеза [17].

Опубликована обзорная статья, представляющая детальное введение в теорию лазеров на свободных электронах [18].

Большая часть проектов e^+e^- -коллайдеров предполагает использование клистронов для получения ускоряющего электрического поля. Одной из основных проблем сильноточных клистронов является проблема самовозбуждения паразитных мод. В ЛСВЭ разработана новая конструкция сильноточного клистрона с распределенным подавлением паразитных мод самовозбуждения, в котором инкременты всех паразитных мод меньше, чем их затухание. Создание такого варианта клистрона потребовало разработки технологии изготовления специальных СВЧ поглощающих материалов. В результате в режиме усиления получено около 75 МВт выходной мощности при длительности импульса 250 нс и около 100 МВт при коротком (50 нс) выходном импульсе на частоте 14 ГГц [19,20].

В проекте CLIC, разрабатываемом в ЦЕРН, для ускорения используется собственное электрическое поле так называемого драйверного пучка. Одним из возможных способов формирования драйверного пучка CLIC является способ, основанный на использовании линейного индукционного ускорителя (ЛИУ) и лазера на свободных электронах (ЛСЭ). При этом, чтобы получить требуемые параметры ведущего пучка, необходимо иметь пучок электронов с энергией около 10 МэВ и током 1 кА. Линейный индукционный ускоритель СИЛУНД-21 будет использоваться как экспериментальная базовая установка для отработки техники группировки электронов в ЛСЭ для получения ведущего пучка CLIC и для исследований в области микроволновой электроники, техники ЛСЭ, а также двухпучкового ускорения. В настоящее время имеется семь ускоряющих секций. Три из них смонтированы на месте СИЛУНД-21. На выходе второй ускоряющей секции получен пучок электронов с энергией 2,5 МэВ и током 850 А [21].

При индустриальном применении электронных пучков для очистки дымовых газов требуются ускоряющие модули с мощностью в пучке более 500 кВт и энергией электронов в диапазоне 0,7—1,5 МэВ. В ЛСВЭ предложена новая конструкция ускоряющего модуля, которая была проверена экспериментально на низковольтном макете (40 кВ). В настоящее время начаты работы по конструированию 200 кВ-ной модели ускорителя для очистки дымовых газов.

Создан экспериментальный стенд для исследований в области радиационных технологий по поверхностной модификации различных материалов и разложению окислов углерода, азота, серы.

Разработана технология изготовления углеродно-волокнутого катода с размерами до $100 \times 50 \text{ см}^2$.

В течение 1995 года проводились исследования по сверхтекучей турбулентности и криоэлектронике [22,23]. В области сверхтекучей турбулентности проведен численный эксперимент, особенность которого состояла в корректном учете всех нелинейностей в уравнениях движения сверхтекучего гелия.

В области криоэлектроники разработана система для измерений токофазового отношения в сверх-

проводящих слабых связях. Система измеряет малосигнальный импеданс слабых связей, включенных в ВЧ-сквид, причем ВЧ-сквид работает в безгистерезисном режиме. Из этих измерений с помощью метода Винсента — Дивера определяется фазозависимая индуктивность и токофазовые отношения. Определено, что бескорпусные транзисторы имеют более низкие шумовые характеристики по сравнению с корпусными при температуре жидкого азота из-за лучших условий охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бельков А.А. и др. — ЭЧАЯ, 1995, т.26, вып.3, с.562.
2. Shafranov M. — In: *Proc. of XXVII Intern. Conf. on High Energy Physics, Glasgow, 1995*, p.1029.
3. Adams D. et al. — *Phys. Lett.*, 1995, vol.B357, p.248.
4. Nagaitsev A.P. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.3[71]-95, p.59.
5. Berger C. et al. — *NIM*, 1995, vol.A357, p.333.
6. Ban J. et al. — *JINR Preprint E13-95-222, Dubna, 1995* (submitted to «NIM»).
7. Albajar C. et al. — Submitted to «NIM».
8. Chvyrov A. et al. — *CMS TN/95-160, Geneve, 1995*.
9. Голубчиков А.В., Займидорога О.А., Смирнов О.Ю., Сотников А.П. — Направлено в журнал «Ядерная физика».
10. Zaimidoroga O.A. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, p.91.
11. Alimonti G. et al. — In: *Proc. of XXVI High Energy Conference, Glasgow, 1995*.
12. Shirkov G.D. — *NIM*, 1995, vol.B98, p.536.
13. Shirkov G., Zschornack G. — *NIM*, 1995, vol.B95, p.527.
14. Shirkov G.D., Meyer D., Bolshukhin D.O., Vinogradov I.P., Wiesemann K. — *Rev. Science Instrument*, 1995, vol.66(7), p.3876.
15. Saldin E.L., Sarantsev V.P., Schneidmiller E.A., Ulyanov Yu.N., Yurkov M.V. — *NIM*, 1995, vol. A361, p.101.
16. Saldin E.L., Sarantsev V.P., Schneidmiller E.A., Ulyanov Yu.N., Yurkov M.V. — *NIM*, 1995, vol.A362, p.574.
17. Saldin E.L., Sarantsev V.P., Schneidmiller E.A., Ulyanov Yu.N., Yurkov M.V. — *NIM*, 1995, vol. A361, p.317.
18. Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. — *Physics Reports*, 1995, vol.260, p.187.
19. Dolbilov G.V. et al. — Presented at the 6th Intern. Workshop on Linear Colliders, Tsukuba, Japan, March 27—31, 1995.
20. Dolbilov G.V. et al. — Presented at Particle Conference on High-Energy Accelerators, Dallas, Texas, May 1—5, 1995.
21. Dolbilov G.V. et al. — Presented at the FEL'95 Conference, New York, August 21—25, 1995.
22. Uchaikin S. — In: *The Electrochemical Society Proceedings, Volume 95-9, Reno, Nevada, 1995*.
23. Uchaikin S. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.4[72]-95, p.25.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Широкое международное сотрудничество традиционно является одной из отличительных черт научной деятельности Лаборатории ядерных проблем. В 1995 году сотрудники лаборатории принимали участие в проведении и подготовке новых экспериментов на базовых установках ОИЯИ и

в ведущих лабораториях мира (ИФВЭ, Россия; ЦЕРН, PSI, Швейцария; LAMPF, Канада; BNL, FNAL, США; COSY, Германия; IN2P3, Франция, и т.д.). В ряде этих экспериментов ученые ЛЯП занимают ведущие позиции.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1995 году продолжен набор статистики распадов Z -бозона в эксперименте DELPHI на ускорителе LEP в ЦЕРН. Интегральная светимость эксперимента в 1995 г. составила $\sim 40 \text{ пб}^{-1}$, что соответствует статистике $\sim 1,3$ млн Z -бозонов. Установка DELPHI работала стабильно, в хорошо контролируемых условиях. В частности, это касается работы адронного калориметра и дополнительных мюонных камер, в создание которых ОИЯИ внес значительный вклад. В настоящее время, в рамках модернизации установки, группа Дубны участвует в оснащении адронного калориметра дополнительной электроникой.

В 1995 году группой ОИЯИ в DELPHI внесен существенный вклад в физический анализ данных и получены следующие результаты:

- осуществлено дальнейшее развитие пакета программ ZFITTER, который используется для глобального анализа мировых данных в рамках стандартной модели (СМ);
- проведен анализ данных с целью уточнения таких фундаментальных параметров СМ, как масса и ширины Z -бозона, число поколений фермионов и др.;
- выполнено измерение поляризации τ -лептонов, рождающихся в распадах Z -бозонов (рис.1);

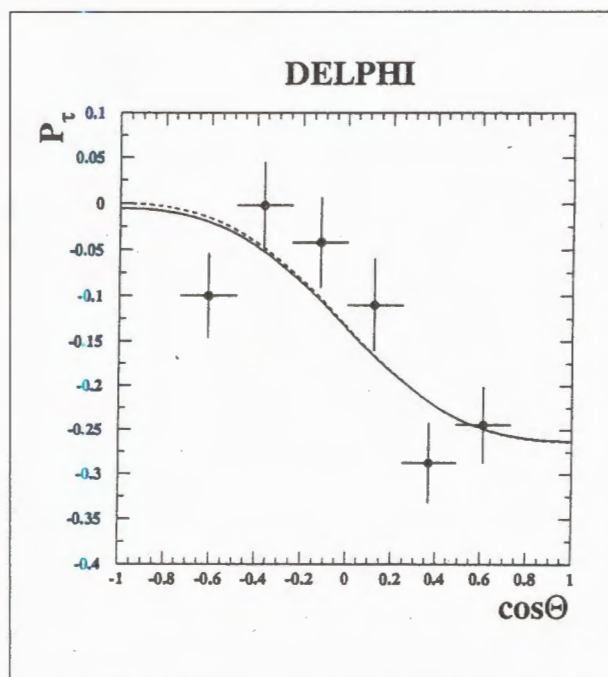


Рис.1. Поляризация τ -лептонов от распада Z^0 как функция $\cos \Theta$. Сплошная (пунктирная) кривая — фит данных без учета гипотезы универсальности (с учетом универсальности)

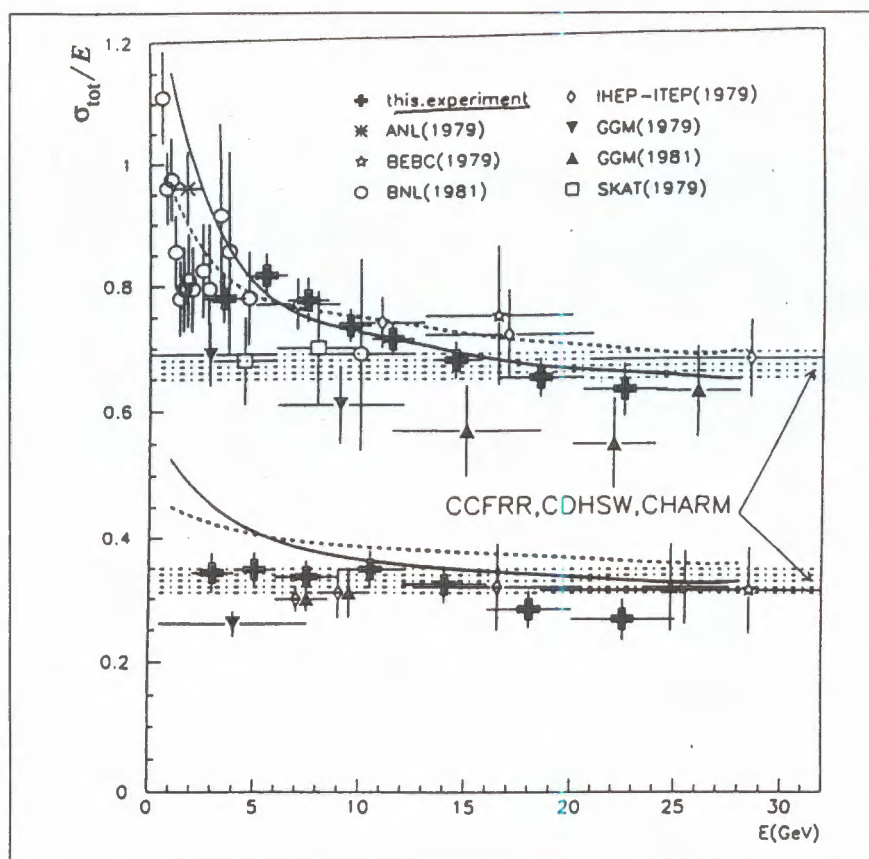


Рис.2. Полные сечения взаимодействия нейтрино и анти-нейтрино с нуклонами в канале заряженного тока

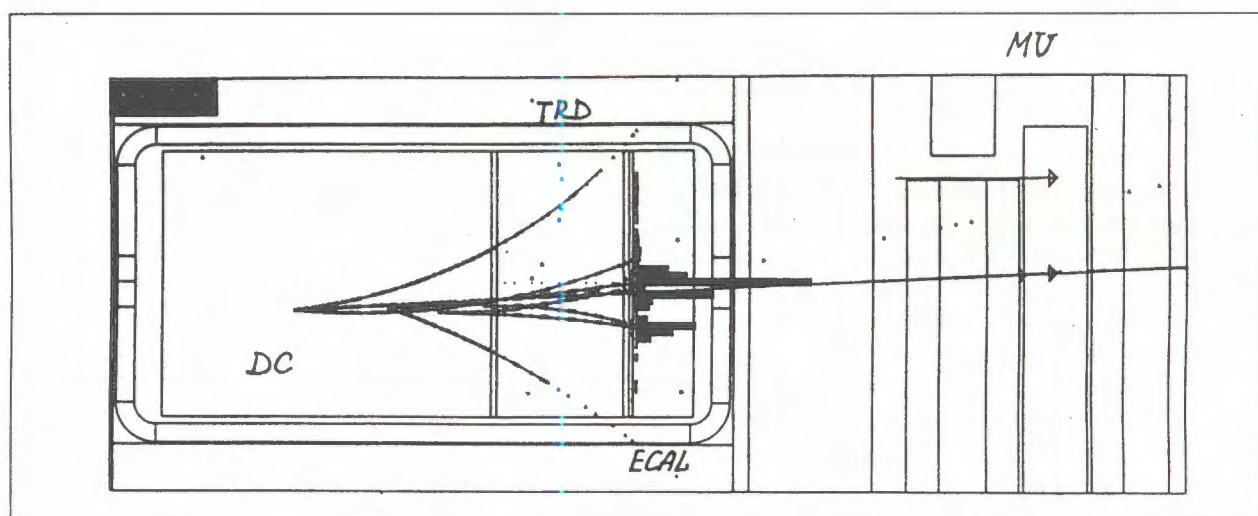


Рис.3. Взаимодействие мюонного нейтрино в детекторах установки NOMAD, восстановленное программой реконструкции

- в двухструйных адронных распадах Z-бозона изучены корреляции параметра «handedness», несущего информацию о спине первичных кварков;
- измерены значения продольной и поперечной компонент функции фрагментации;
- проведен анализ бозе-эйнштейновских корреляций для K-мезонов, впервые получены

данные для трехчастичных корреляций такого сорта;

- продолжен анализ двухфотонных событий, включающий в себя существенно различные кинематические области этой реакции, и выполнено измерение структурной функции фотона.

Результаты этих, а также других работ DELPHI были представлены на международную конференцию по физике высоких энергий в Брюсселе и широко цитировались в докладах на параллельных и пленарной секциях.

В 1995 году дубненская группа в DELPHI также приняла активное участие в проработке физической программы работы LEP в новой, более высокой области энергий, в частности, в подготовке обширного итогового обзора по этой тематике. Первые результаты анализа данных, полученных в 1995 г. при энергии ~ 130 ГэВ, подтверждают, что этот диапазон энергий будет существенен для дальнейших исследований в области электрослабой теории, КХД, двухфотонной физики и др. [1].

На «Нейтринном детекторе» ОИЯИ—ИФВЭ измерены полные сечения взаимодействия мюонных нейтрино и антинейтрино на изоскалярной мишени в канале заряженного тока (рис. 2). Данные являются наиболее точными в области энергий 3—30 ГэВ. В интервале от 3 до 10 ГэВ наблюдается отклонение от линейной зависимости между полным сечением и энергией мюонного нейтрино.

В 1995 г. была завершена обработка данных протонного beam-dump эксперимента. Получено полное сечение образования очарованных частиц в протон-нуклонных взаимодействиях при 70 ГэВ, равное $0,9^{+1,1}_{-0,9}$ мкб/нуклон. Эта величина является лучшей оценкой сечения образования чарма в околопороговой области энергий [2].

В пучке мюонных нейтрино с энергией от 10 до 200 ГэВ на ускорителе SPS (ЦЕРН) ведется поиск осцилляций $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ (эксперимент NOMAD). В 1995 г. был проведен второй сеанс. С участием сотрудников ЛЯП в ЦЕРН реконструировано 20 из 44 дрейфовых камер установки NOMAD, каждая площадью 3×3 м. Завершен монтаж всех дрейфовых камер. Пространственное разрешение камер составляет 180 мкм.

Разработана серия программ, позволяющая декодировать экспериментальные данные, реконструировать треки, контролировать параметры 9 модулей детекторов переходного излучения во время сеанса. В ЦЕРН поставлено 3 м^3 ксенона для детекторов переходного излучения.

В 1995 г. в ЦЕРН была высоко оценена научная значимость подготовленного в ЛЯП проекта эксперимента на ускорителе PS ЦЕРН «Измерение времени жизни $\pi^+\pi^-$ -атомов с целью проверки низкоэнергетических предсказаний КХД» (проект DIRAC). Окончательное одобрение этого проекта отложено лишь по причине недостаточности ресурсов коллаборации. В настоящее время эта проблема решена, и есть все основания ожидать, что проект будет полностью одобрен в первой половине 1996 г.

В 1995 году продолжались работы по проекту DIRAC. Вычислены выходы $\pi^+\pi^-$ -атомов и их спектры в инклюзивных процессах при энергиях протонов 24, 70, 450 и 1000 ГэВ и лабораторных углах вылета атомов от 0 до 6° . Получены точные аналитические формулы для переходных формфакторов водородоподобных атомов. Решением дифференциальных кинетических уравнений получены с точностью лучше 1% заселенности атомных состояний и вероятность перехода в непрерывный спектр (развал) $\pi^+\pi^-$ -атомов при их движении в веществе мишени с учетом аннигиляции атомов. Вычислены фоновые потоки вторичных частиц, возникающих в радиационной защите и элементах экспериментальной установки. Создана программа для оптимизации оптической системы черенковских счетчиков, и получена расчетная эффективность счетчиков 99,6%.

Полностью закончены механические работы по изготовлению 11 пакетов дрейфовых камер (36 сигнальных плоскостей), включая изготовление катодов из покрытого углеродом майлара толщиной 20 мкм.

Выполнены исследования по газовым смесям для дрейфовых камер. Подбором небольших добавок к газовой смеси, используемой в СГС-режиме, удалось получить загрузочную способность камер в 30 раз большую, чем в СГС-режиме, при средней амплитуде импульсов 1 мА и ширине импульсов 20 нс на 10%-м уровне [3].

Коллаборация WA-91 (ЦЕРН — ОИЯИ (ЛЯП)) продолжила исследование наблюдаемых ранее в эксперименте на Ω -спектрометре двух новых состояний $f_0(1450)$ и $f_2(1900)$. Рассмотрена возможность интерпретации этих состояний в свете новых данных, полученных в Crystal Barrel эксперименте.

Показано, что состояние $f_0(1450)$ может представлять собой либо одиночный узкий резонанс с квантовыми числами $I(J^{PC}) = 0(0^{++})$, либо результат интерференции между состояниями $f_0(1365)$ и $f_0(1520)$, наблюдаемыми в Crystal Barrel эксперименте. Как одиночный резонанс $f_0(1450)$ интересен тем, что наблюдается только в центральном рождении, обогащенном глюон-глюонными взаимодействиями, и не вписывается в стандартное основное состояние $q\bar{q}$ -нонета, который уже переполнен [4].

Данные с Ω -спектрометра позволили коллаборации BEATRICE произвести поиск распада $D \rightarrow \mu^+\mu^-$, допустимого только вне рамок СМ (рис.4). На основе анализа $1,25 \cdot 10^5 \mu^+\mu^-$ -пар, образовавшихся во взаимодействиях π^- -мезонов с энергией 350 ГэВ с медной и вольфрамовой мишенями, установлена верхняя граница вероятности распада:

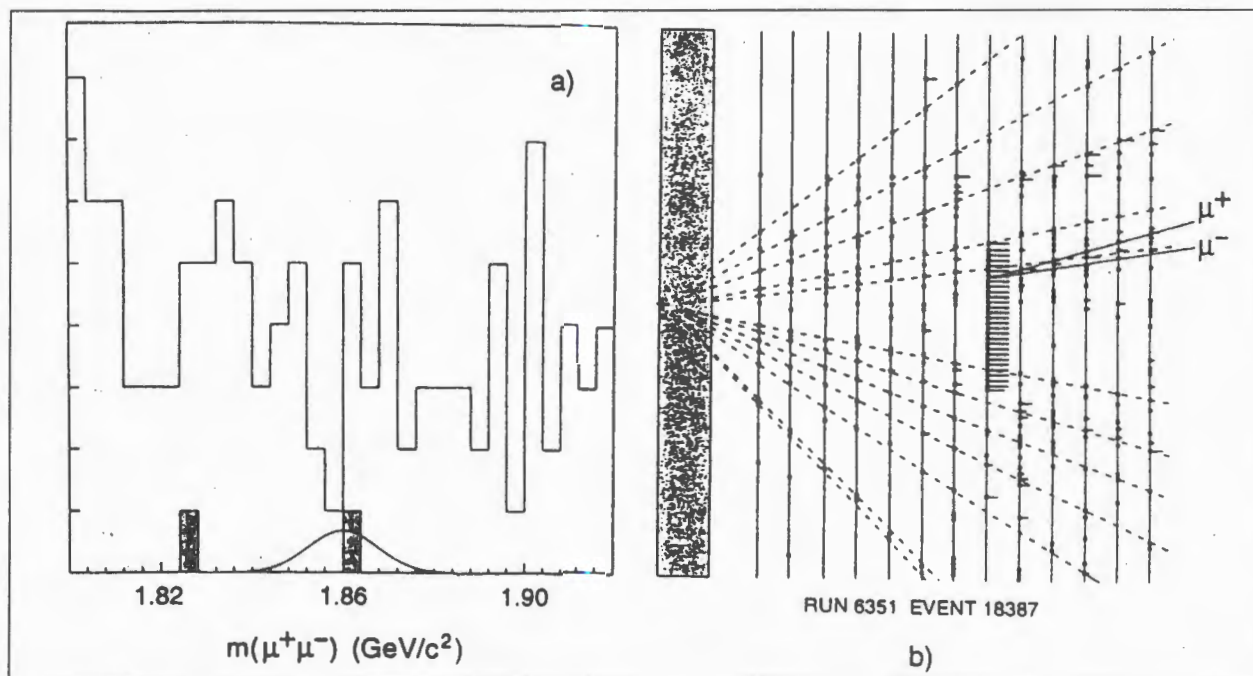


Рис.4. а) Распределение по инвариантным массам димюонов разного знака. Кривая демонстрирует ожидаемое положение и ширину распада $D^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$. Два (заштрихованных) события выживают после визуального сканирования, однако исключаются на основании критерия энерговыделения в распадном детекторе. б) Пример события, прошедшего визуальное сканирование и соответствующего димюонной массе 1,86 ГэВ/с²

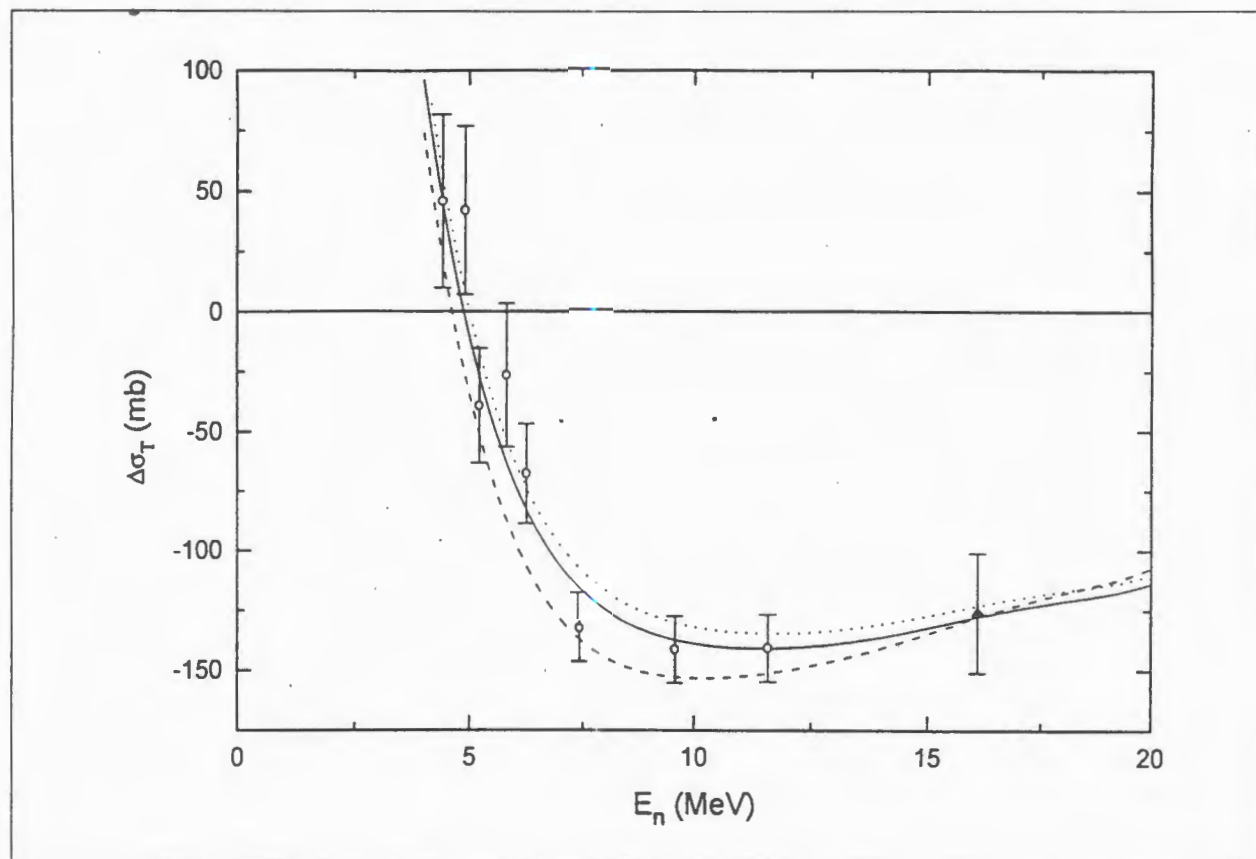


Рис.5. Сравнение имеющихся данных по измерению параметра $\Delta\sigma_T$. Точка при энергии 16 МэВ — результат измерения в Праге. Кривые соответствуют расчетам с различными потенциалами

$BR(D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 7,6 \cdot 10^{-6}$ (90% C.L.) [5]. Эта величина в 1,5 раза ниже известного ранее ограничения.

Закончен новый этап исследования распадов K^+ -мезонов на спектрометре «Гиперон» в Протвино [6]. Матричный элемент $|A|^2 = C(1 + gX + HX^2 + KY^2)$ распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^0$, где $X = (s_3 - s_0)/m_{\pi^+}^2$; $Y = (s_2 - s_1)/m_{\pi^+}^2$; $s_0 = (m_K^2 + m_{\pi^+}^2 + 2m_{\pi^0}^2)/3$; $s_i = (p_K - p_i)^2$, найден с рекордной точностью:

$$g = 0,853 \pm 0,014 \pm 0,015,$$

$$h = 0,210 \pm 0,015 \pm 0,015,$$

$$k = 0,0025 \pm 0,0038 \pm 0,0030.$$

Основными направлениями научной деятельности в секторе низких температур ЛЯП было создание методики и участие в поляризационных исследованиях, проводимых на ускорителях ЛВЭ ОИЯИ и Карлова университета (Прага).

Поляризованная мишень длиной 20 см и диаметром 3 см, предназначенная для проведения совместных исследований на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ, была предоставлена DARNIA (Сакле, Франция) и Аргоннской национальной лабораторией (США) и реконструирована в Дубне в модификации, хорошо приспособленной для транспортировки (передвижная поляризованная мишень — ППМ).

Мишень была собрана за шесть месяцев в Лаборатории ядерных проблем специалистами из DARNIA, ОИЯИ (ЛЯП, ЛВЭ, ЛСВЭ), ПИЯФ (Гатчина), ИЯИ РАН (Москва) и ХФТИ (Харьков).

Для монтажа установки были использованы две платформы: одна для магнитной системы (источник электропитания, дьюары и магнит), перемещающаяся в направлениях X и Y, а другая с рельсами в направлении X, несущая систему рефрижератора растворения (насосную группу, дьюары, СВЧ- и ЯМР-системы). Максимальная положительная поляризация достигла 88%, а отрицательная — 91%, время релаксации поляризации, при температуре 50 мК, составило около 2000 часов.

В течение короткого времени — с 24 февраля по 1 марта 1995 года — коллаборация ОИЯИ, институтов России, Украины и Франции выполнила на пучке синхрофазотрона первые измерения разности полных нейтрон-протонных сечений при значениях кинетической энергии нейтронов 1,2, 2,5 и 3,6 ГэВ. Эта наблюдаемая величина измерялась при пропускании продольно-поляризованных нейтронов через продольно-поляризованную протонную мишень с параллельными и антипараллельными направлениями поляризации [7].

В ходе изучения спиновой зависимости амплитуд np -рассеяния при энергии 16 МэВ на ускорителе Ядерного центра Карлова университета (Прага) завершены работы по измерению параметра $\Delta\sigma_T = \sigma_{\text{tot}}(\uparrow\uparrow) - \sigma_{\text{tot}}(\uparrow\downarrow)$ — разности полных сечений взаимодействия поперечно-поляризованных нейтронов с поперечно-поляризованными протонами [8] (рис.5). В 1995 году проведено два сеанса по набору статистики в эксперименте по измерению параметра $\Delta\sigma_L$ — разности полных сечений при продольной поляризации частиц.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

В совместном эксперименте ОИЯИ и PSI по поиску переходов мюония в антимюоний (нарушение закона сохранения мюонного и электронного чисел) закончена обработка данных экспозиции 1993 года (см. рис.6) и получено новое значение верхней границы вероятности перехода:

$$P_{m\bar{m}} \leq 7,9 \cdot 10^{-9} \text{ (90\% C.L.)}.$$

Это значение на фактор 50 ниже предела, найденного ранее в эксперименте на фазотроне ОИЯИ [9]. В эксперименте на мезонной фабрике PSI в 1995 году начаты работы по модернизации установки с целью дальнейшего продвижения на уровни вероятности конверсии в 50—100 раз более низкие.

Завершен совместный эксперимент, проводимый в Сакле (E-258), по измерению вероятности распада η -мезона на два γ -кванта [10]. Идея эксперимента состояла в измерении как числа рождаемых η -мезонов, так и пар γ -квантов из η -распада, что означает, в отличие от ранее проведенных экспериментов, прямое измерение вероятности

основного канала распада и 10-кратное уменьшение погрешности:

$$BR(\eta \rightarrow \gamma\gamma) = 0,3949 \pm 0,0017(\text{стат.}) \pm 0,0035(\text{сист.}).$$

В экспериментах на LEAR (ЦЕРН) коллаборация OBELIX продолжала исследования аннигиляции антипротонов в дейтерии и водороде (рис.7). Получены следующие физические результаты [11]:

- Обнаружена сильная зависимость степени нарушения правила Окубо — Цвейга — Иизуки (ОЦИ) от квантовых чисел начального состояния: выход ϕ -мезонов в синглетном по спину состоянии $p\bar{p}$ -системы сильно подавлен. Так, для 3S_1 -состояния

$$BR(^3S_1[p\bar{p}] \rightarrow \phi\pi^0) = (5,22 \pm 0,48) \cdot 10^{-4},$$

$$BR(^1P_1[p\bar{p}] \rightarrow \phi\pi^0) < 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ (95\% C.L.)}.$$

- Такая же доминантность рождения ϕ -мезонов из триплетного состояния обнаружена в

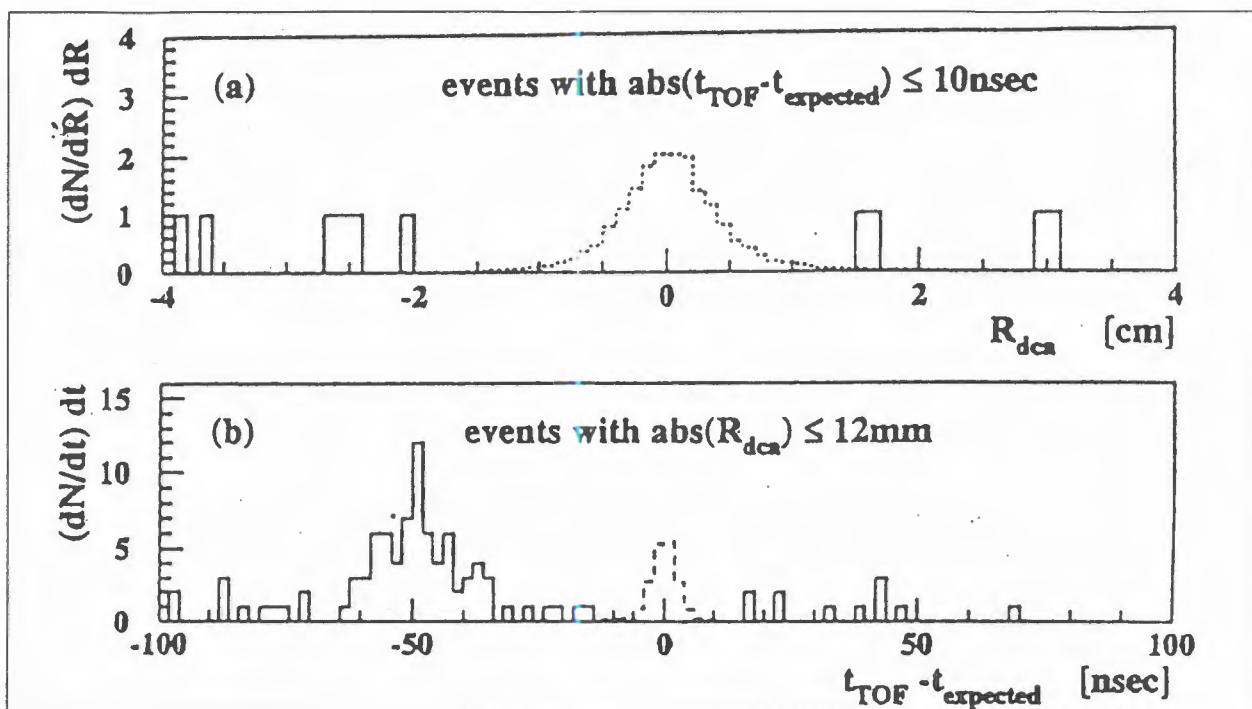


Рис.6. Распределения событий, наблюдаемых в эксперименте на мезонной фабрике PSI по поиску перехода мюония в антимюоний: а) по координате вылета антимюония из мишени, б) по времени пролета позитрона. Гистограммы, указанные штриховыми линиями, показывают ожидаемые распределения событий для $G_{\bar{M}\bar{M}} = 0,05G_F$

реакции $p\bar{p} \rightarrow \phi\pi^+\pi^-$ для аннигиляции как из S -, так и из P -волны.

- Найдено сильное нарушение правила ОЦИ для тензорных мезонов:

$$R = \frac{Y(f_2(1525)\pi^0)}{Y(f_2(1270)\pi^0)} = (73 \pm 25) \cdot 10^{-3}$$

при ожидаемом $R' = (3 + 16) \cdot 10^{-3}$.

- Измерено отношение $R = \frac{Y(\phi\pi^+\pi^-)}{Y(\omega\pi^+\pi^-)}$ для аннигиляции при остановке в газообразной и жидкой водородной мишенях. Найдено, что степень нарушения правила ОЦИ увеличивается с уменьшением массы дипиона и зависит от плотности мишени.
- Впервые наблюдается реакция Понтекорво с ϕ -мезоном: $\bar{p}d \rightarrow \phi n$. Анализ данных указывает на значительное нарушение правила ОЦИ и в этом случае: $R = \frac{Y(\phi n)}{Y(\omega n)} = (230 \pm 60) \cdot 10^{-3}$, что в 50 раз больше, чем предсказывается правилом ОЦИ.

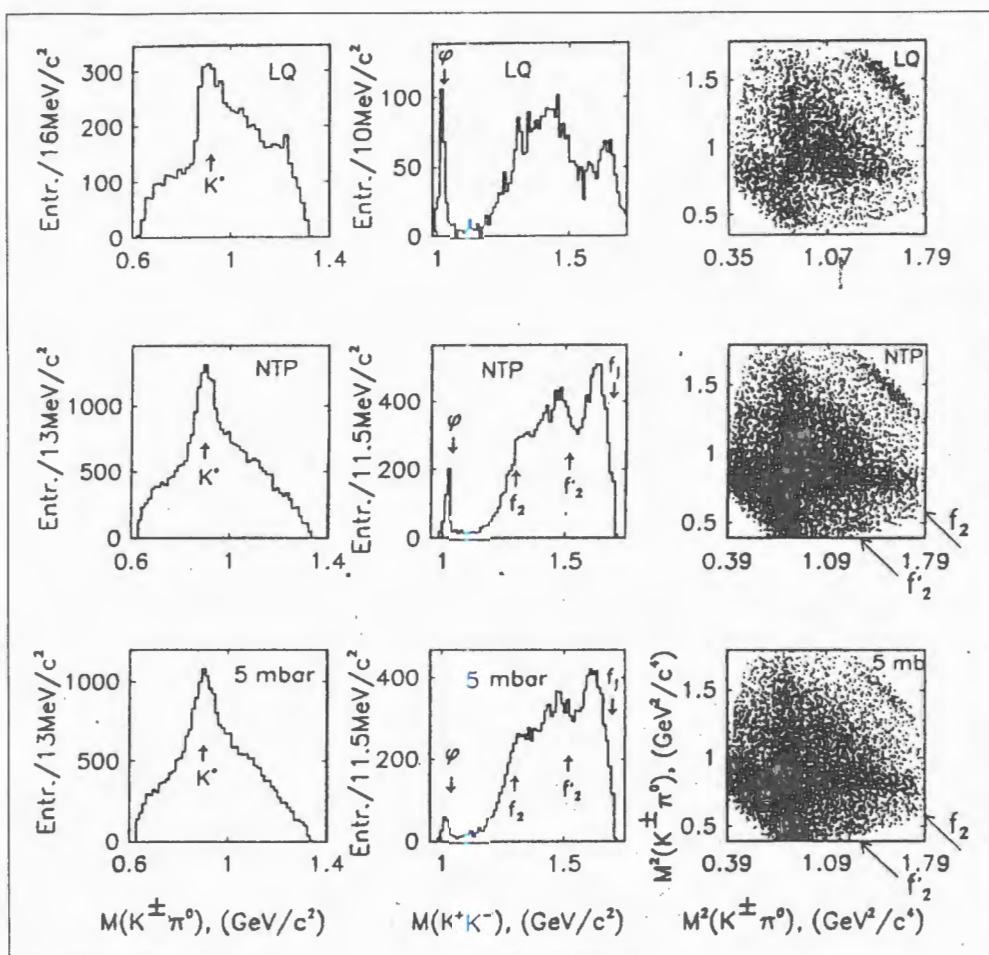
Полученные экспериментальные закономерности согласуются с предсказаниями модели поляризованной скрытой странности нуклона.

На основе анализа около 3000 событий распада $K^- \rightarrow \mu^-\nu\pi^0$, зарегистрированных на установке ИСТРА-М (У-70, ИФВЭ, Протвино), получены

оценки параметров формфакторов, ответственных за сильные взаимодействия в этом распаде. По статистической точности эксперимент не только находится на уровне мировых, но и имеет одно важное преимущество: в предыдущих работах энергия γ -квантов не измерялась, что приводило к двузначностям при оценке энергии π^0 -мезона. В данном эксперименте таких двузначностей нет [12].

В лаборатории проводятся экспериментальные и теоретические исследования мю-катализа ядерных реакций синтеза в смеси изотопов водорода. Значительным шагом вперед в научно-техническом обеспечении экспериментов является создание и ввод в эксплуатацию дейтериевой мишени объемом 280 cm^3 , способной работать в интервале температур $5,5 + 40 \text{ K}$. Это позволяет удерживать дейтерий в различных агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Высокое качество мишени для экспериментов обеспечено равномерностью заполнения всего объема твердым дейтерием и минимальным градиентом температуры. В экспозициях на мюонном пучке фазотрона ОИЯИ впервые в широком температурном диапазоне ($5,5 + 30 \text{ K}$) выполнены систематические измерения температурной и спиновой зависимости скорости образования мезомолекул из верхнего состояния сверхтонкой структуры мезоатома $d\mu$ и скорости перехода между уровнями (λd) для твердого и жидкого дейтерия. Результаты для твердого дей-

Рис.7. Данные коллаборации OBELIX, представленные на далиц-плоте, а также в виде распределений событий по эффективным массам $K^{\pm}\pi^0$ и K^+K^- -систем для аннигиляции $p\bar{p} \rightarrow K^+K^-\pi^0$ в жидком водороде, газообразном водороде при атмосферном давлении и при давлении 5 мбар



терия в диапазоне температур $5,5 + 17,7$ К согласуются с измерениями группы TRIUMF при 3 К и противоречат предсказаниям теории (рис.8): Отсюда следует альтернатива: или мезоатом не термализуется в твердом дейтерии, или необходимо учитывать новые механизмы его взаимодействия с кристаллической решеткой дейтерия. Возможные варианты таких механизмов рассмотрены в [13].

В рамках программы исследования высокотемпературной сверхпроводимости проводилось комплексное изучение соединений типа La_2CuO_4 . Образцы, кристаллографическая структура которых была исследована методом дифракции нейтронов на реакторе ИБР-2, использовались для экспериментов на мезонной фабрике PSI. Явление микроскопического фазового разделения в ВТСП-образцах такого рода изучалось μSR -методом впервые. Было обнаружено замерзание электронных спинов при температуре 8 К в монокристалле $\text{La}_2\text{CuO}_{4+y}$ ($y=0,03$). Совместный анализ полученных данных позволяет предположить, что магнитные и сверхпроводящие области в кристалле пространственно разделены на микроскопическом уровне порядка 100 Å.

На мюонном пучке фазотрона ОИЯИ исследовано поведение отрицательных мюонов в кремнии

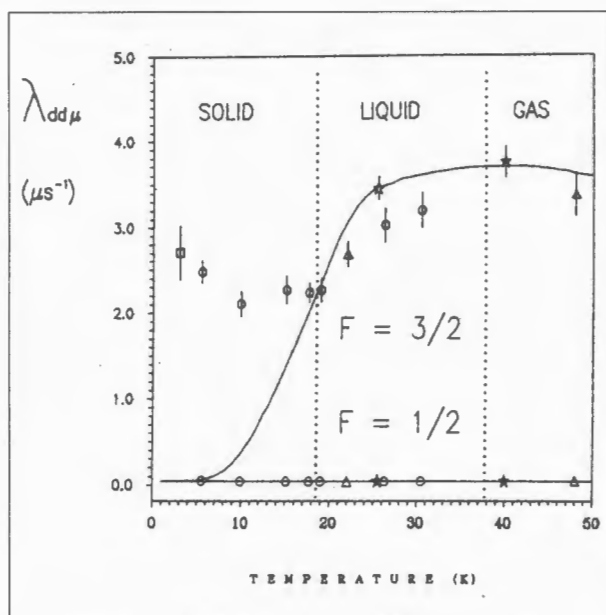


Рис.8 Температурная зависимость скорости образования мезомолекул дейтерия из различных спиновых состояний мезоатомов: $\square$ — данные TRIUMF, $\star$ — данные PSI, $\triangle$ — прежние данные ЛЯП, $\circ$ — новые данные ЛЯП; сплошной линией обозначены результаты теоретических вычислений

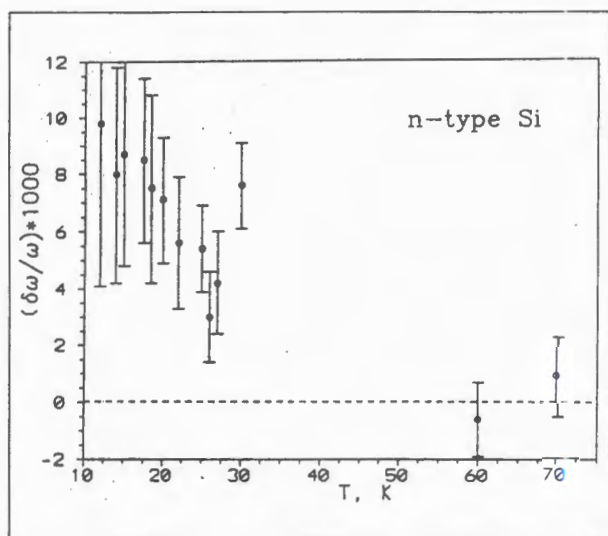


Рис.9. Зависимость сдвига частоты прецессии спина отрицательного мюона ($\Delta\omega/\omega$) в кремнии от температуры

л-типа. Исследовалась остаточная поляризация мюонов в диапазоне температур 4,2 + 300 К. При температуре ниже 25 К обнаружен, в отличие от кремния р-типа, аномальный сдвиг частоты прецессии спина мюона ($\delta\omega/\omega = 5 \cdot 10^{-3}$) (рис.9) [14]. Такой сдвиг наблюдается в диамагнитном веществе впервые. Эффект интерпретируется как проявление взаимодействия мюонного атома с продуктами радиолиза среды, появляющимися при формировании мюонного атома.

Лаборатория принимает активное участие в создании ряда крупных физических установок на ускорителях промежуточных энергий:

- разработан ряд узлов детекторной системы спектрометра ANKE на охлаждаемом протонном синхротроне COZY (Юлих, Германия) [15];
- на канале ускорителя У-400М в Дубне проведен монтаж комплекса экспериментального оборудования, включающего BGO-ball спектрометр, привезенный из Лос-Аламосской национальной лаборатории;
- изготовлен прототип спектрометра для проведения μ SR-экспериментов на пучке «поверхностных» мюонов фазотрона ОИЯИ, проведены первые эксперименты на нем;
- выполнен ряд работ по введению в строй установки для прецизионного измерения вероятности β -распада пиона на пучке мезонной фабрики PSI [16].

Осуществляется проект «Аэрогель», целью которого является разработка технологии производства аэрогеля диоксида кремния и внедрение аэрогелевых черенковских счетчиков в практику экспериментов. Создана специализированная химико-технологическая лаборатория, и получены первые образцы аэрогеля диаметром до 80 мм с показателем преломления $n = 1,05$ и $1,02$. Образцы получены на 1-литровых автоклавах, изготовленных в Дубне в рамках совместной работы с Университетом им. Коменского (Словакия). Комплект оборудования, включая автоклав, отправлен в Братиславу. Создается технологический участок на основе автоклава с рабочей емкостью 30 л, доставленного в Дубну из Италии (Болонья).

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ

В марте 1995 г. проведен эксперимент на пучке ^3He ускорителя IPN (Орсэ, Франция) по измерению ($\beta - \nu$) угловой корреляции в $0^+ \rightarrow 0^+$ распаде ядра ^{18}Ne (см. рис.10); результаты, соответствующие векторному варианту слабого взаимодействия, доложены на конференциях в Осаке, Брюсселе и Санкт-Петербурге. В декабре 1995 г. на том же пучке проведен методический тестовый эксперимент с газовыми мишенями CH_4 , C_4H_{10} и CO_2 , необходимыми для планируемого исследования ($\beta - \nu$) угловой корреляции в распаде ^{14}O .

В октябре 1995 г. проведен сеанс на мюонном пучке μE4 в PSI (Швейцария) с целью определения парциальных вероятностей μ -захвата на различные уровни дочерних ядер при остановке мюонов в

мишенях из В, Ne, Mg, Si, S, Ca, Sn, а также исследования фоновых характеристик некоторых конструкционных материалов (поливинилхлорид, полистирол, тефлон, сталь). Данные будут использованы в планируемых экспериментах по измерению факторов слабого взаимодействия в μ -захвате.

На пучке ^3He циклотрона ФТИ (Санкт-Петербург) проведено измерение асимметрии γ -излучения в реакции $^{26}\text{Mg}(^3\text{He}, p)$ с целью определения мультипольности γ -перехода 2171 кэВ в ядре ^{28}Al (эта величина необходима для завершения анализа ранее проведенного эксперимента по измерению g_p/g_A в захвате поляризованных мюонов ядром ^{28}Si).

На спектрометре NEMO-2 в моданской подземной лаборатории (Франция) проведено исследо-

вание двойного β -распада ядра ^{116}Cd ; получено значение периода разрешенной моды

$$T_{1/2} = (3,75 \pm 0,35(\text{стат.}) \pm 0,20(\text{сист.})) \cdot 10^{19} \text{ лет.}$$

Начат аналогичный эксперимент с ^{82}Se и ^{96}Zr .

В той же лаборатории в течение года проводилось измерение фоновых характеристик спектрометра TGV в рамках подготовки к поиску двойного β -распада ядра ^{48}Ca . С учетом результатов этих измерений произведена модернизация спектрометра, что позволило снизить фон в 2—2,5 раза.

На ISOL-комплексе выполнены важные методические работы. Улучшены электронно-оптические параметры масс-сепаратора ($M/\Delta M = 1800$). Оптимизирован режим работы ионного источника с поверхностной ионизацией. Введены в эксплуатацию спектрометр полного поглощения, спектрометр множественности — «додекаэдр», однокристалльный временной 4 π -спектрометр, β -спектрометр типа «мини-апельсин», установка для измерения $e-\gamma-t$ -совпадений.

Выполнены систематические исследования радиоактивного распада ряда редкоземельных нуклидов с $A \simeq 140 + 170$, удаленных от полосы стабильности. Путем измерения энергий $\alpha-\beta$ -переходов нуклидов, связанных «цепочкой» последова-

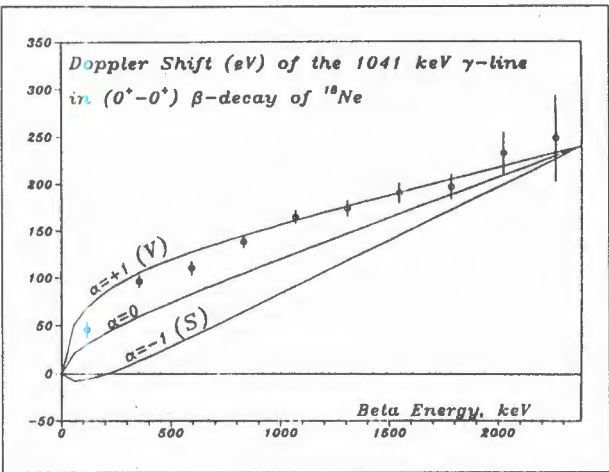


Рис.10. Доплеровский сдвиг γ -линии при β -распаде ^{18}Ne . Кривая $\alpha = 1$ соответствует векторному варианту слабого взаимодействия

тельных превращений, определены с хорошей точностью (≤ 100 кэВ) массы 10 нуклидов от Rg до Tm. Измерены силовые функции бета-распада $^{147,149}\text{Tb}$ и ^{156}Ho . Обнаружение мягкого E1-перехода 7,7 кэВ в распаде $^{158}\text{Er} \rightarrow ^{158}\text{Ho}$ в значительной степени снимает вопрос об аномально быстрых ($\lg ft \leq 5,8$) однократно запрещенных β -переходах в

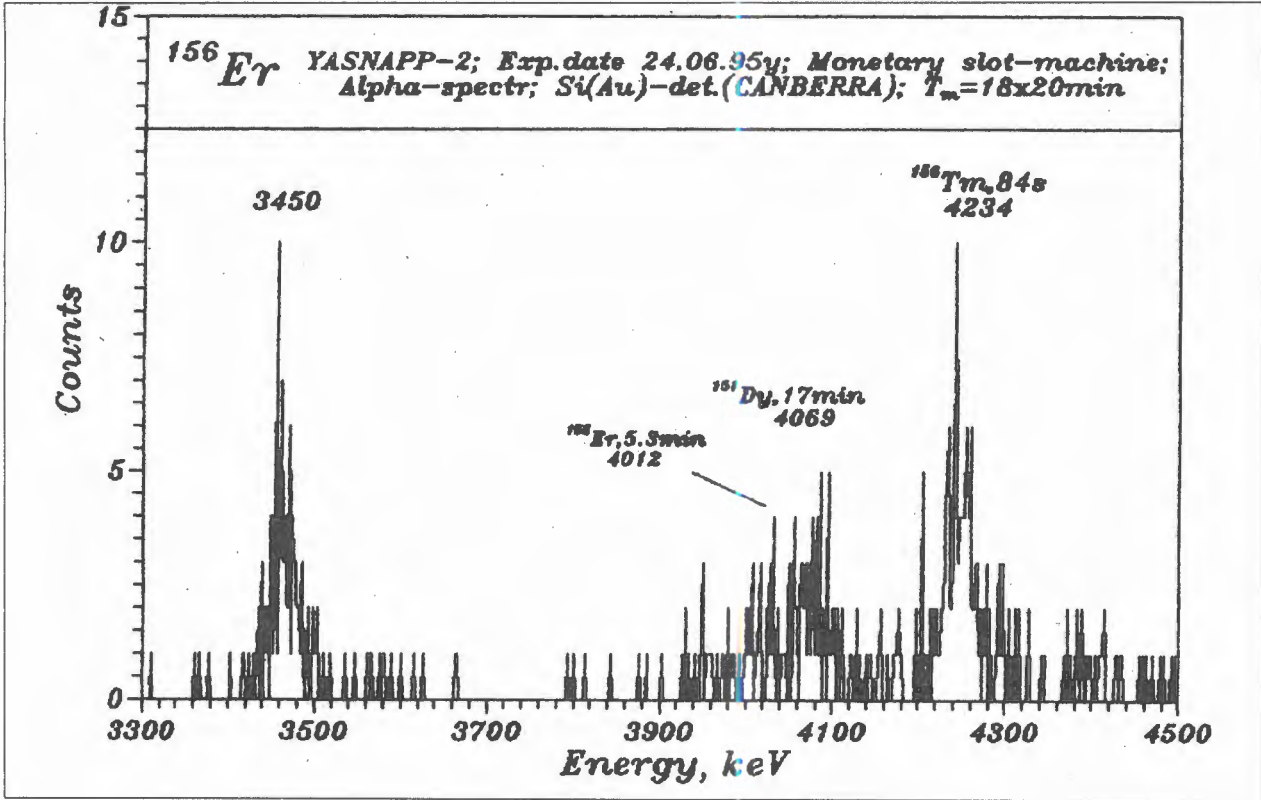


Рис.11. Альфа-спектр ядер изобар $A = 156$

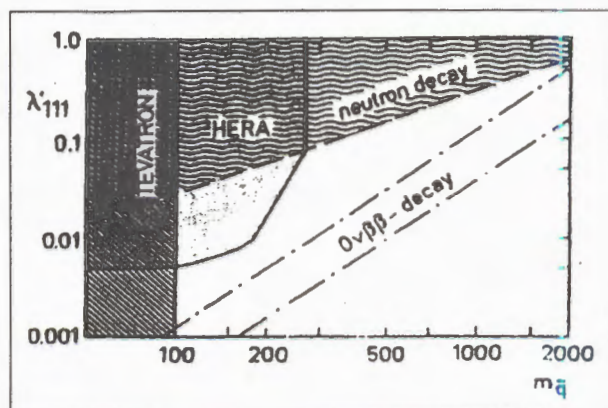


Рис.12. Ограничения на нарушающие R -четность суперсимметричные теории из различных экспериментальных данных; λ'_{111} — нарушающая R -четность константа связи, m_q — масса скалярного кварка. Область параметров левее и выше кривых исключается различными данными. Видно, что безнейтринный двойной бета-распад дает наиболее жесткие ограничения на параметрическое пространство

этой части карты нуклидов. Продолжены исследования свойств переходных (от сферических к сильнодеформированным) ядер в области скачка деформации ($N \approx 88$). При β -распаде ^{147}Tb идентифицированы ранее неизвестные состояния околomagического ядра $^{147}\text{Gd}_{83}$. Исследование распада короткоживущих изотопов ^{157}Yb (36 с), ^{159}Yb (1,4 мин) и более долгоживущих ^{157}Er (20 мин), ^{159}Er (36 мин), ^{157}Dy (8,1 ч) существенно уточнило картину поведения возбужденных уровней дочерних ядер тулия ($Z=69$), гольмия ($Z=67$), тербия ($Z=65$) с числом нейтронов вблизи $N=88+90$. Влияние формы ядра на вероятности α -, β - и γ -процессов прослежено на примере распада $^{156}\text{Er}_{88}$ и обнаруженного нами МЗ-изомера в $^{156}\text{Ho}_{89}$ (9,5 с). Систематическое исследование α -распада изотопов с $N=88$ (рис.11) привело к обнаружению двух слабых α -эмиттеров ^{156}Er ($E_\alpha = 3450 \pm 15$ кэВ, $J_\alpha = (5 \pm 1) \cdot 10^{-6}\%$ на распад) и ^{157}Tm ($E_\alpha = 3655 \pm 15$ кэВ, $J_\alpha = (5 \pm 1) \cdot 10^{-5}\%$ на распад).

При исследовании радионуклидов цепочки ^{229}Th методом α - γ -совпадений обнаружена ветвь β -распада ^{221}Fr с интенсивностью $0,011 \pm 0,005\%$ на распад [17].

Найден новый механизм безнейтринного двойного бета-распада ($0\nu\beta\beta$), реализующийся в суперсимметричных теориях. При определенных условиях этот механизм абсолютно доминирует в данном процессе. Расчеты показали, что имеющиеся

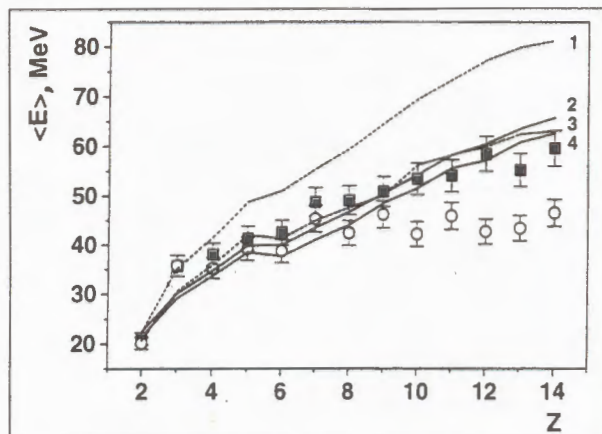


Рис.13. Средние энергии фрагментов в $p + \text{Au}$ -соударениях при $E_p = 2,16$ ГэВ ($\blacksquare$, пунктирные линии) и $E_p = 8,1$ ГэВ ($\circ$, сплошные линии). Линии рассчитаны по моделям: ядерный каскад + статистическая мультифрагментация (1, 2); модифицированное глауберовское приближение + статистическая мультифрагментация (3, 4)

данные о времени полураспада некоторых изотопов устанавливают жесткие ограничения на параметры суперсимметрии (рис.12). Для ряда ключевых параметров эти ограничения оказались гораздо более жесткими, чем ограничения ускорительных экспериментов, как ныне проводимых, так и ожидающихся по крайней мере в ближайшие десять лет. Таким образом, $0\nu\beta\beta$ является уникальным зондом физики за пределами стандартной модели слабых и электромагнитных взаимодействий [18].

Исследования распада горячих ядер, образующихся в реакциях $p + \text{Au}$, проводились с помощью установки «Фаза» на пучке синхрофазотрона ОИЯИ. Установлено, что в соударениях $p + \text{Au}$ при $E_p = 2,16, 3,6$ и $8,1$ ГэВ образуются сильновозбужденные ядра, распадающиеся путем множественной эмиссии фрагментов промежуточной массы (ФПМ, $3 \leq Z \leq 20$). Средние множественности ФПМ близки к тем, которые получаются на пучках ионов ^{12}C — ^{40}Ar в том же диапазоне энергий, т.е. эта характеристика не чувствительна к динамике соударения, а определяется фазовым объемом конечного состояния. Множественности ФПМ и их энергетические распределения адекватно описываются в рамках комбинированной модели, которая включает модифицированное глауберовское приближение для быстрой стадии реакции и статистическую модель мультифрагментации. Средние энергии фрагментов согласуются с расчетом вплоть до $Z_{\text{ФПМ}} = 9$ (рис.13). Для более тяжелых фрагментов средние энергии ниже расчетных (особенно при $E_p = 8,1$ ГэВ). Это указывает на то, что «тяжелые»

фрагменты с большей вероятностью образуются в центральной части возбужденного спектрометра мишени, чем на его диффузной периферии. Это приводит к снижению их кулоновской энергии по сравнению с расчетом, а именно она в основном определяет конечную энергию фрагментов. Использование модели внутриядерного каскада не позволяет удовлетворительно описать свойства фрагментирующего ядра. В целом полученные результа-

ты отвечают сценарию тепловой мультифрагментации горячей и разреженной ($\rho_b \leq 1/3\rho_0$) ядерной системы [19].

В лаборатории также проводятся теоретические исследования по мезонной и адронной физике [20]; ведется разработка и создание новой электронной аппаратуры для физического эксперимента и т.д.

СОЗДАНИЕ ДЕТЕКТОРА ATLAS, ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ЛЯП ведутся работы по созданию мюонной системы детектора ATLAS для проведения широкомасштабного эксперимента на большом протон-протонном коллайдере ЦЕРН (LHC).

В 1995 году в ЛЯП разработана конструкция полномасштабного ($3,2 \times 1,8 \text{ м}^2$) прототипа BOS-камеры (Barrel Outer Small Chamber) и технологической оснастки для ее сборки.

Исследованы свойства MDT-детекторов (Monitored Drift Tube Chamber). Измерены спектральная чувствительность и отклик MDT к тепловым нейтронам на пучке нейтронов ИБР-2; измерен отклик MDT к γ -квантам различной энергии в магнитном поле; измерена температурная зависимость полного времени дрейфа в газовой смеси $\text{Ar} + 5\% \text{ CO}_2 + \text{CH}_4$, изучены эффекты старения в MDT-детекторах, наполненных этой газовой

смесью (рис.14). Продолжалась работа по развитию метода рентгеновской томографии для точного определения положения анодных нитей в дрейфовых трубках MDT. При определяющем участии дубненской группы в ЦЕРН был создан действующий прототип установки сканирования MDT-камер.

В составе группы моделирования коллаборации ATLAS сотрудниками ЛЯП был создан и включен в пакет базовых программ общего пользования важный блок программ оцифровки сигналов с MDT-камер мюонной системы.

Совместно с ВИЛС (Москва) организовано производство высокоточных алюминиевых труб для MDT-детекторов [21].

Проанализирована возможность исследования одного из наиболее интересных процессов В-фи-

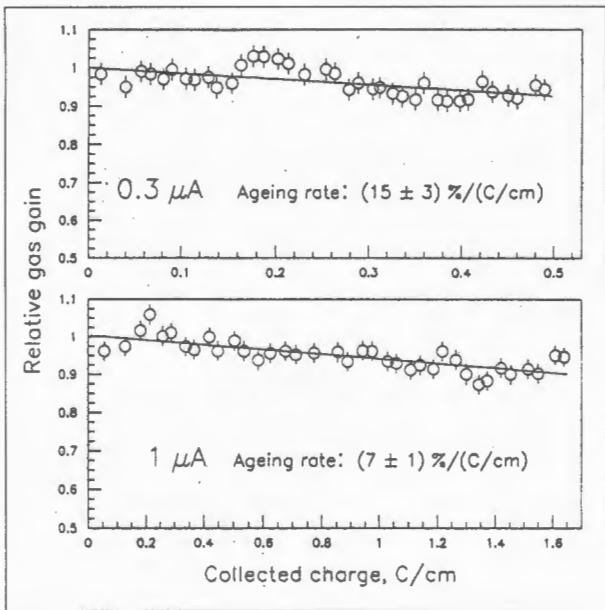


Рис.14. Зависимость коэффициента газового усиления детектора от величины аккумулированного детектором заряда

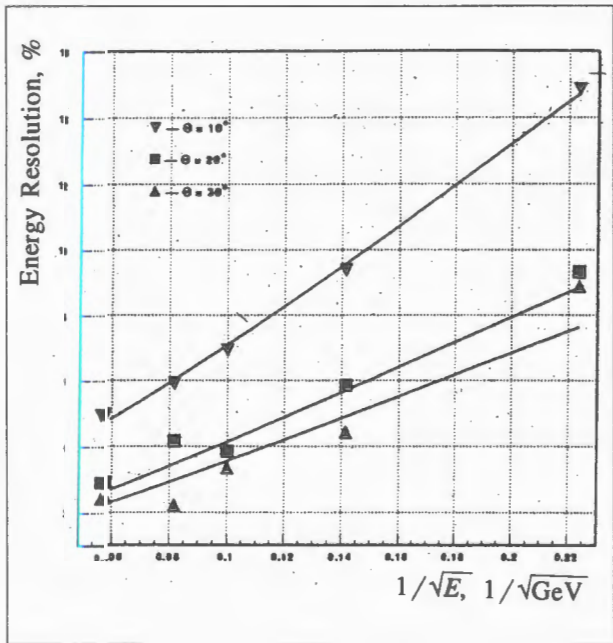


Рис.15. Энергетическое разрешение адронного калориметра ATLAS для электронов

зики, доступных для изучения на установке ATLAS: $b\bar{b} \rightarrow \mu B_s^0 X \rightarrow \mu D_s^+ a_1(1260)^- X$.

В ЛЯП ведутся работы по созданию адронного калориметра детектора ATLAS [22]. Завершено физико-техническое обоснование и разработан рабочий проект первого прототипа модуля (6 метров, 20 тонн) адронного калориметра. Начато его изготовление в ЦОЭП ЛЯП в кооперации с промышленными предприятиями России и научными центрами в Протвино, Пизе, Праге, Братиславе, Минске, Барселоне и Женеве.

В 1995 году оптимизирована технология прецизионного лазерного кроя стали, обеспечивающая требование высокой точности для производства пластин-абсорберов калориметра. Работы ведутся на заводе «Универсальмаш» (С.-Петербург) и в НИЦТЛАН (Шатура). Реальная точность используемых лазерных установок не превышает 45 мкм.

Завершена обработка результатов тестовых облучений макетов модулей калориметра в пучках ускорителя ЦЕРН. Получена детальная информация об энерговыделении электронов, энергетическом разрешении и e/h -отношении в зависимости от

энергии, угла и Z-координаты входа налетающей частицы (рис.15).

Исследована светочувствительность газоразрядных счетчиков с катодом из полупрозрачной алюминизированной лавсановой пленки.

Выполнены расчеты магнитного поля адронного калориметра детектора ATLAS, учтено влияние торцевых пластин Extended Barrel. Показано, что толщина пластины может быть уменьшена вдвое [23].

В ЛЯП введен в действие стенд электронного охлаждения ионных пучков. На нем исследована устойчивость интенсивных пучков с пространственным зарядом, развиты методы подавления неустойчивости. В коллаборации с ЦЕРН выполнены эксперименты по охлаждению ионов свинца ^{54}Pb на накопителе LEAR (проект LHC). Предложена схема генерации антиводорода в накопительных кольцах [24].

Ведутся работы в области электроядерного способа получения энергии. Выполнены расчеты коэффициента усиления режима на быстрых нейтронах. Показано, что этот режим более эффективен по сравнению с режимом работы на медленных нейтронах.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Лаборатории ядерных проблем завершено создание первого отечественного полномасштабно-

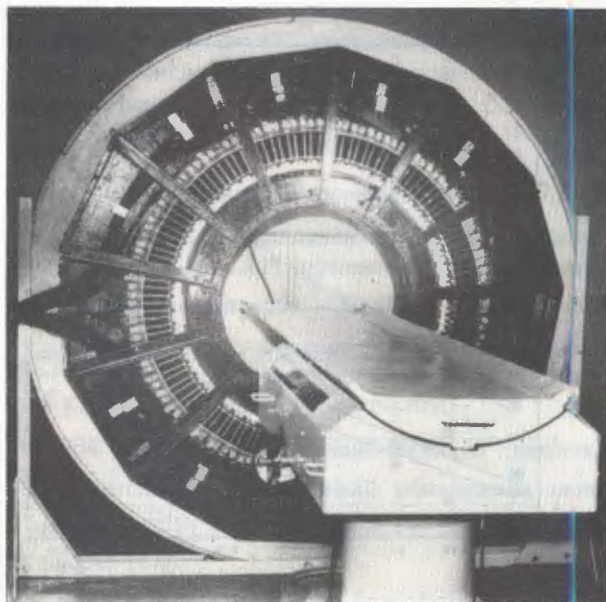


Рис.16. Внешний вид позитронного эмиссионного томографа (со снятой передней крышкой). На переднем плане расположен стол для пациентов

го позитронного эмиссионного томографа (ПЭТ), состоящего из 512 композиционных сцинтилляторов и 256 фотоумножителей (см. рис.16). Основной особенностью ПЭТ является применение композиционных сцинтилляторов, сочетающих малое время высвечивания (около 3 нс) и достаточно высокую эффективность регистрации аннигиляционных гамма-квантов (~45%) при временном разрешении 1,7 нс.

Проведены тестовые испытания и измерены некоторые характеристики этого томографа с использованием позитронных излучателей. Для пространственного разрешения томографа достигнуто значение 4,0 мм (полная ширина на полувысоте) в плоскости кольца и 10,5 мм по оси томографа.

Эти параметры не уступают большинству ныне выпускаемых за рубежом коммерческих ПЭТ. Вместе с тем применение композиционных сцинтилляторов и ряда других разработок позволило в десятки раз сократить стоимость томографа по сравнению с зарубежными ПЭТ.

ПЭТ будет использоваться в научно-исследовательских и диагностических целях, а также для верификации облучения онкологических больных, проходящих курс лучевого лечения на медицинских пучках фазотрона ОИЯИ.

В клинико-физическом комплексе закончено сооружение процедурной кабины для протонной терапии опухолей глаза, что расширяет круг доступных лечению заболеваний.

Общее число онкологических больных, прошедших курс фракционированного лучевого лечения на медицинских протонных пучках реконструированного фазотрона, — 39 человек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abreu P. et al. (DELPHI Coll.) — CERN-PPE/95-30, 1995, subm. to «Zeit. für Physik C»; CERN-PPE/95-53, 1995, subm. to «Zeit. für Physik C»; CERN-PPE/95-77, 1995, subm. to «Phys. Lett. B»; CERN-PPE/95-87, 1995, subm. to «Zeit. für Physik C»;
2. Барабаш Л.С., Батусов Ю.А., Бунятов С.А. и др. — Препринт ОИЯИ Д1-95-305, Дубна, 1995, принято к печати в «Phys. Lett.»; Barabash L.S., Bunyatov S.A. et al. — ITEP Preprint, 95-50, 1995; subm. to «Z. für Phys.»; Bunyatov S.A., Nefedov Y.A. — JINR Preprint E1-95-398, Dubna, 1995, subm. to «Yad. Fiz.».
3. Gorchakov O.E. et al. — JINR Preprint E1-95-452, Dubna, 1995, submitted to «Yad. Fiz.»; Afanasyev L.G. — Atomic Data and Nuclear Data Tables, 1995, vol.61, p.31; Afanasyev L.G., Tarasov A.V. — JINR Preprint E4-95-344, Dubna, 1995, submitted to «Yad. Fiz.»; Groza R.L., Trusov S.V. — JINR Communication E3-95-449, Dubna, 1995.
4. Antinori F. et al. (WA91 Coll.) — CERN/PPE 95-33, 1995, submitted to «Phys. Lett. B».
5. Adamovich M. et al. (WA91 Coll.) — Phys. Lett. B, 1995, vol.353, p.563.
6. Батусов В.Ю., Русакович Н.Л. — Препринт ОИЯИ Р1-95-423, Дубна, 1995, напр. в «ПТЭ»; Батусов В.Ю. и др. — Сообщение ОИЯИ Р1-95-459, Дубна, 1995.
7. Adiasovich B.P. et al. — Submitted to «Z. für Physik C»; Borisov N.S. et al. — Submitted to «NIM».
8. Borisov N.S. et al. — To appear in «Zeit. für Physik C».
9. Jungmann K. et al. — In: Proc. of Intern. Conf. on Nuclear and Particle Physics with Mesons in the 1 GeV/c Region, S.Sugimoto and O.Ashimoto (eds.), Universal Academy Press, Tokyo, 1995, p.137; Willman L. et al. — In: Proc. of AIP Conf. «Intersections between Particle and Nuclear Physics», Seestrom (ed.), 1995, p.973.
10. Lytkin L.K. et al. — Phys. Rev., 1996, vol.D53, p.11.
11. Ableev V.G. et al. — Nucl. Phys., 1995, vol.A585, p.577; Nucl.Phys., 1995, vol.A594, p.375; Bertin A. et al. — In: Proc. «Hadron'95» Conference, Manchester, 1995.
12. Артемов В.М. и др. — Препринт ОИЯИ Р1-95-330, Дубна, 1995.
13. Demit D.L. et al. — In: Proc. of Intern. Symp. on μ CF-95, Dubna, 1995; Filchenkov V.V. — In: Proc. of Intern. Symp. on μ CF-95, Dubna, 1995.
14. Chaplygin I.L. et al. — In: Abstracts of the 10th Intern.Conf. on Hyperfine Interactions, Leuven, 1995, P33-МО.
15. Schult O.W.B. et al. — Nucl. Phys., 1995, vol.A583, p.629.
16. Карпунин В.В. и др. — ПТЭ, 1995.
17. Arnold R. et al. — ZhETP Letters, 1995, vol.61, p.168; Калинин В.Г. и др. — Препринт ОИЯИ Р6-95-257, Дубна, 1995; Быстров В.А., Изосимов И.Н., Калинин В.Г. и др. — Тезисы докладов Межд. совещания по физике ядра, Москва, 1996.
18. Klapdor-Kleingrothaus H.V., Hirsch M., Kovalenko S.G. — Phys. Lett., 1995, vol.B352, p.1; Phys. Rev. Lett., 1995, vol.75, p.17; Phys. Rev. D, 1996.
19. Авдеев С.П. и др. — Препринт ОИЯИ Р13-95-256, Дубна, 1995, направлено в «ПТЭ»; Шмаков С.В. и др. — ЯФ, 1995, т.58, с.1735.
20. Kopeliovich B.Z., Predazzi E. — Phys. Rev., 1995, vol.D51, p.2114; Kopeliovich B.Z., Hufner J. — Phys. Rev. Lett., 1995, vol.74, p.139; Osipov A.A. et al. — Nucl. Phys., 1995, vol.A589, p.660; Lykasov G.I. et al. — Phys. Lett., 1995, vol.B346, p.227; Lev F.M., Buzatu D. — Phys. Rev., 1995, vol.C51, p.R2378.
21. Baranov S., Boyko I., Chelkov G., Ignatenko M. — JINR Preprint E13-95-39, Dubna, 1995;

- Бойко И.Р. и др. — Препринт ОИЯИ Д13-95-58, Дубна, 1995; Препринт ОИЯИ Р13-95-38, Дубна, 1995.
22. Alikov B. et al. — JINR Preprint E13-95-515, Dubna, 1995;
 Budagov J.A. et al. — JINR Preprint E1-95-513, Dubna, 1995; JINR Preprint E13-95-500, Dubna, 1995;
 Чириков-Зорин И.Е., Пухов О.Е. — Препринт ОИЯИ Р13-95-240, Дубна, 1995; направлено в «NIM».
23. Nessi M., Budagov J.A., Vorozhtsov S.B. et al. — JINR, B1-9-95-162, Dubna, 1995;
 Nessi M. et al. — JINR, B1-9-95-163, Dubna, 1995.
24. Poliakov V.N., Smirnov A.V., Syresin E.M. et al. — NIM, 1995, vol.A355, p.208;
 Skrinsky A.N., Meshkov I.N. — JINR Preprint E9-95-130, Dubna, 1995;
 Bosser J., Carli C., Meshkov I.N. et al. — Phys. Lett., 1995, vol.B361, p.184.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ им. Г.Н.ФЛЕРОВА

Экспериментальные исследования по синтезу тяжелых и сверхтяжелых ядер (1994—1995 гг.), выполненные в коллаборациях ЛЯР — ЛНЛ (Ливермор) на циклотроне У-400 и ГСИ (Дармштадт) — ЛЯР на ускорителе УНИЛАК, привели к синтезу наиболее тяжелых изотопов 104, 106, 108 элементов, к синтезу элементов 110+111 и открытию новой области стабильности тяжелых ядер вблизи оболочки с $Z = 108$ и $N = 162$.

Успешно завершены опыты по химической идентификации элемента 106. Впервые экспериментально установлено, что он является химическим аналогом тантала.

Новые важные физические результаты получены при изучении спонтанного и низкоэнергетического деления компаунд-ядер. Обнаружена супердеформированная мода спонтанного деления ^{252}Cf с образованием осколков Ва и Мп. В рамках коллаборации ЛЯР — ИЯФ (Катания) — ИЯН (Гренобль) — Университет Брюсселя — Университет Техаса — ИЯФ (Алма-Ата) впервые для трех областей ядер — доактинидной, переходной и трансфермиевой — в едином подходе получена экспериментальная информация как о массовых и энергетических распределениях, множественности пред- и пост-делительных нейтронов, так и об угловых и энергетических спектрах нейтронов в совпадении с осколками с выделенной массой и энергией.

В совместных экспериментах ЛЯР — ГАНИЛ показано преимущество использования реакций фрагментации первичного пучка ^{36}S для синтеза и изучения свойств нейтронно-избыточных легких ядер по сравнению с ионами ^{48}Ca и установлено, что самый тяжелый изотоп кислорода — ^{24}O , а изотопы $^{26,28}\text{O}$ являются ядерно-нестабильными. На циклотроне У-400 в реакции $^{10}\text{B} + ^7\text{Li}$ при энергии 20 МэВ/нуклон измерены резонансные состояния в

системе водород-5 и установлено, что ^5H имеет квазистационарное состояние с энергией ~ 6 МэВ.

На установке ФОБОС на пучке ионов ^{14}N (53 МэВ/нуклон) циклотрона У-400М, полученного с использованием нового ионного источника DECRIС, исследованы новые экспериментальные зависимости сечений распада возбужденных ядер ($E^* \sim 300$ МэВ) на два и три фрагмента от величины переданного импульса. Измерительная система установки ФОБОС включает в себя времяпролетный тракт, 28 газонаполненных измерительных модулей, 192 CsI(Tl)-детекторов и 80 фосфич-детекторов переднего угла.

На циклотроне У-200 ЛЯР при облучении мишени из сверхчистого изотопа ^{176}Yb ионами ^4He с $E = 36$ МэВ при интегральном потоке $3 \cdot 10^{20}$ ионов накоплено $\sim 0,2$ мкг ядер $^{178}\text{Hf}^{m2}$ в изомерном состоянии; проведено химическое выделение и изотопная сепарация. В рамках широкой международной коллаборации выполнен ряд экспериментов по изучению особенностей электромагнитного и ядерного взаимодействий с изомером $^{178}\text{Hf}^{m2}$.

Отработана технология получения радио-химически чистых препаратов плутония, гафния, иода и алюминия для медицинских и радиоэкологических исследований. Получена новая экспериментальная информация о радиационной повреждаемости сплавов, монокристаллов и полимеров при облучении их тяжелыми ионами.

На физические и модельные эксперименты циклотроны У-400 и У-400М отработали в 1995 году ~ 2800 часов. На циклотроне У-400М запущен созданный в Лаборатории внешний ECR-источник DECRIС-14, обеспечивающий получение высокозарядных ионов вплоть до аргона и энергию на конечном радиусе ускорения ~ 60 МэВ/нуклон. По кон-

тракту и в коллаборации с Национальным центром ГАНИЛ (Франция) изготовлен более мощный источник ECR-4M, запуск которого ожидается в конце 1996 года.

В 1995 году лаборатория организовала четыре международных совещания по различным направлениям деятельности, в том числе большую конфе-

ренцию Европейского физического общества LEND-95 (Low Energy Nuclear Dynamics).

На конкурсе работ ОИЯИ за 1995 год научно-исследовательская деятельность ЛЯР была отмечена двумя первыми премиями за научно-методические и прикладные работы и двумя вторыми премиями за научно-исследовательские работы.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Экспериментальные исследования по синтезу тяжелых и сверхтяжелых ядер (1994—1995 гг.), выполненные в коллаборациях ЛЯР—ЛЛНЛ (Ливер-

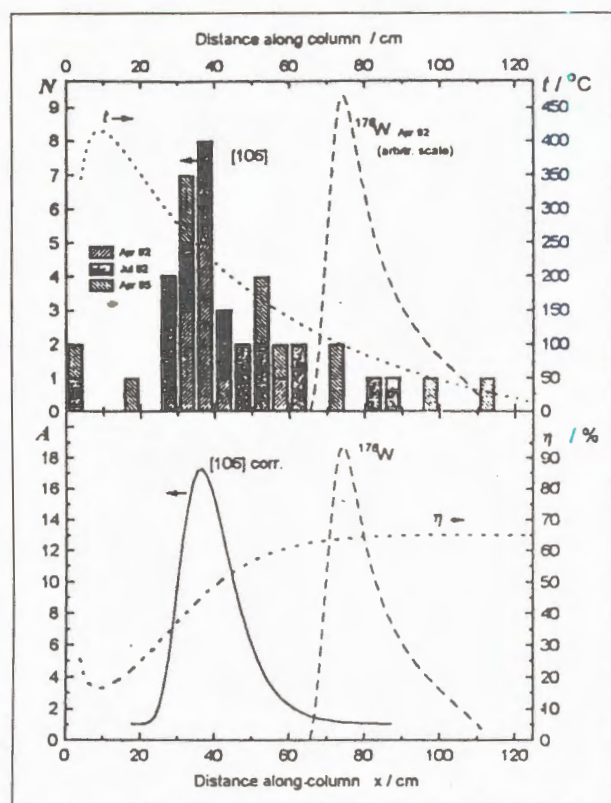


Рис.1. Термохроматограммы оксихлоридов элемента 106 и вольфрама: газ носитель — аргон (1 л/мин) + воздух (0,2 л/мин)/ SOCl_2 (20 мм рт.ст.); колонка из плавленого кварца с внутренним $\varnothing$ 3,5 мм служила также трековым детектором осколков деления. Верх: гистограмма событий спонтанного деления (элемент 106) и профиль зоны осаждения долгоживущего ($T_{1/2} = 2,5$ ч) изотопа W, измеренный по γ -излучению. N — число актов с.д., зарегистрированных на отрезке колонки длиной 5 см. Низ: скорректированный и сглаженный профиль зоны элемента 106 — учитывалась температурная зависимость эффективности детектирования $\eta = \eta[T(x)]$. A — число актов спонтанного деления, имевших место на отрезке длиной 5 см

мор) на циклотроне У-400 и ГСИ (Дармштадт) — ЛЯР на ускорителе УНИЛАК, привели к синтезу наиболее тяжелых изотопов 104, 106, 108 элементов, к синтезу 110 + 111 элементов и открытию новой области стабильности тяжелых ядер вблизи оболочки с $Z = 108$ и $N = 162$. В ГСИ использовались реакции холодного слияния: два изотопа 110 элемента с $A = 269$ и 270 были синтезированы в реакциях $^{62,64}\text{Ni} + ^{208}\text{Pb}$, один изотоп 111 элемента с массовым числом $A = 272$ синтезирован в реакции $^{64}\text{Ni} + ^{209}\text{Bi}$. Изотопы были однозначно идентифицированы с помощью задержанных ($\alpha - \alpha$)-совпадений. Не наблюдалось предсказанного теоретически увеличения барьера слияния в результате экстра-экстрапуша. Синтез этих тяжелых ядер происходит в редком процессе слияния системы при минимальной энергии возбуждения. В ЛЯР в реакциях горячего слияния с испарением 4—5 нейтронов в работах [Ю.А.Лазарева] и др. синтезированы наиболее тяжелые изотопы 104+110 элементов. Изотоп 110 элемента с массовым числом 273 синтезирован в реакции $^{244}\text{Pu} + ^{34}\text{S}$ и однозначно идентифицирован с помощью анализа задержанных ($\alpha - \alpha$)-совпадений. Обнаружено несколько событий, содержащих цепочки генетически связанных α -распадов. Для изотопа $^{273}110$ получены следующие характеристики распада: $E_\alpha = 11,35$ МэВ, $T_{1/2} = 0,3^{+1,3}_{-0,2}$ с, сечение образования $\sim 4 \cdot 10^{-37}$ см². Эти характеристики экспериментально подтверждают предсказания макро-микроскопической теории о существовании нейтронной оболочки с $N = 162$ [1—4].

Успешно завершены опыты по химической идентификации элемента 106, полученного на циклотроне У-400 при облучении ^{249}Cf ионами ^{18}O . Детектировались осколки спонтанного деления ядер. Методом непрерывной газовой термохроматографии хлористых соединений из продуктов облучения выделяли фракцию, содержащую вольфрам (и молибден), ожидаемый химический аналог элемента 106. Элементы 105, 104 и актиноиды,

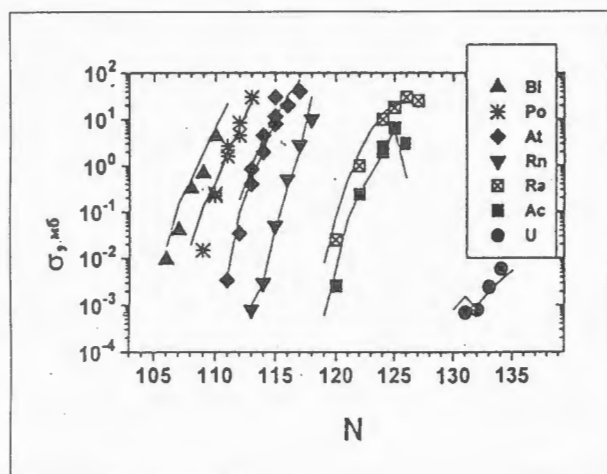


Рис.2. Расчетные и экспериментальные величины сечений в максимумах функций возбуждения для реакций в области компаунд-ядер от Bi до U

если они образовались одновременно, отделялись по крайней мере на 99%, поэтому не мешали своим излучением обнаружению элемента 106. В опытах суммарной продолжительностью более четырех суток во фракции вольфрама зарегистрировано почти 40 атомов элемента 106 (см. рис.1, верх). Таким образом впервые экспериментально установлено, что элемент 106, все известные изотопы которого были открыты с использованием только физических методов идентификации, имеет химический характер эквавольфрама.

На кинематическом сепараторе ВАСИЛИСА проведены измерения сечений образования испарительных продуктов в реакциях $^{22}\text{Ne} + ^{190}\text{Os}, ^{194,196,198}\text{Pt}$ при энергиях возбуждения 80 + 160 МэВ. Сравнение полученных данных с результатами расчетов, выполненных в рамках модели статистического девозбуждения компаунд-ядра, показало, что вплоть до энергий налетающей частицы 10 МэВ/нуклон статистическая модель полностью описывает экспериментальные данные. Однако так же, как и для области энергий возбуждения 40 + 100 МэВ, обязательным условием правильного описания величин сечений и функций возбуждения является уменьшение жидкокапельного барьера деления на 30 + 40 % по сравнению с предсказаниями моделей Коена — Плазила — Святецкого или Сирка.

С использованием программ ALICE-MP и HIVAP проведен анализ всего полученного к настоящему времени массива экспериментальных данных для сечений образования испарительных продуктов (около 15 комбинаций мишень — частица и 50 ядер-продуктов). На рис.2 показаны в сравнении экспериментальные и расчетные величины сечений в максимумах функций возбуждения для хл-

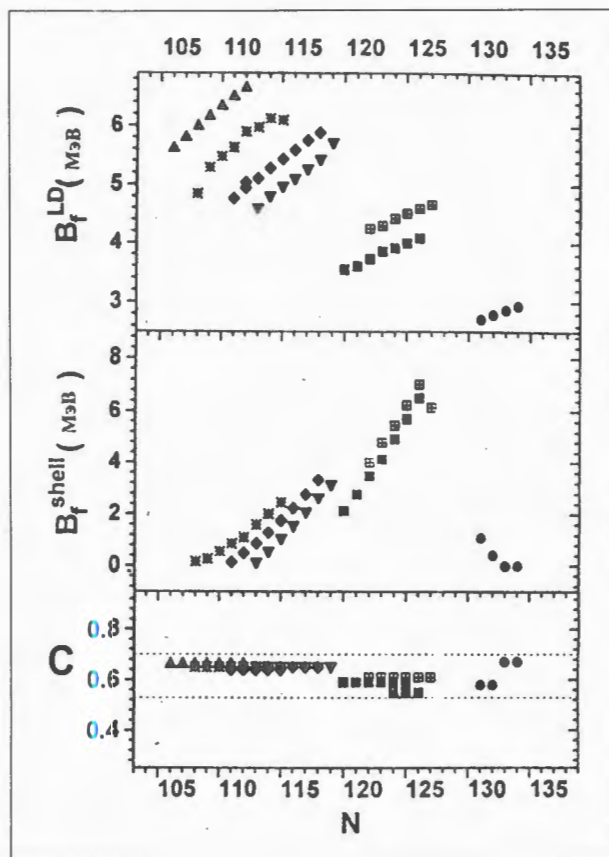


Рис.3. Величины капельного и оболочечного компонентов барьеров деления для ядер, приведенных на рис.1, и оптимальные значения подгоночного параметра C^*

реакций. Видно, что, несмотря на большой диапазон изменения сечений, расчет по статистической модели хорошо воспроизводит (с точностью до фактора 2—3) как относительный ход, так и абсолютные величины сечений при практически фиксированном наборе основных модельных параметров: $\tilde{a}_f/\tilde{a}_v = 1,0$ и $C = 0,63 \pm 0,05$. Рис.3, в свою очередь, дает наглядное представление о больших различиях в величинах и природе барьеров деления для нуклидов, составляющих этот массив. Жидкокапельные барьеры деления уменьшаются от 7,0 МэВ для нейтронодефицитных изотопов Bi до 2,5 МэВ для нейтронодефицитных изотопов урана. Оболочечный компонент барьеров деления вначале возрастает от нуля до 5,0 + 7,0 МэВ при переходе от изотопов Bi к нейтронодефицитным изотопам Ra — Ac: с $N = 126$, а затем снова падает до нуля для изотопов урана. Таким образом, из проведенного анализа следует, что уменьшение жидкокапельных барьеров деления на 30 + 40 % по сравнению с теоретическими предсказаниями носит универсальный характер и наблюдается для всех нейтронодефицитных нуклидов в области от Bi до U [5,6].

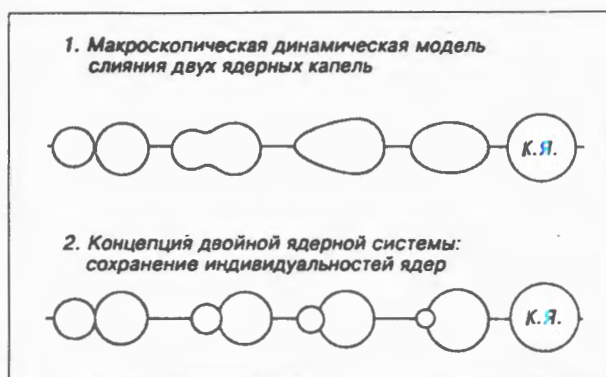


Рис.4. Схематическое представление процессов слияния в модели образования компаунд-ядер ДЯСК и в макроскопической модели слияния двух ядерных капель

ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР

В рамках коллаборации ЛЯР — ИЯФ (Катания) — ИЯН (Гренобль) — Университет Брюсселя — Университет Техаса — ИЯФ (Алиа-Ата) впервые для трех областей ядер — доактинидной, переходной и трансфермиевой — в едином подходе получена экспериментальная информация как о массовых и энергетических распределениях, множественности пред- и постделительных нейтронов, так и об угловых и энергетических спектрах нейтронов в совпадении с осколками с выделенной массой и энергией. В экспериментах, проведенных как в Дубне, так и в других центрах использовались двухплечевой времяпролетный спектрометр КОРСЕТ, созданный в ЛЯР, и большой европейский 4 π -нейтронный спектрометр DEMON, содержащий 96 независимых нейтронных детекторов.

Предложена новая концепция процесса формирования тяжелых компаунд ядер в реакциях с тяжелыми ионами. Ее основные положения базируются на предположении о формировании двойной ядерной системы на стадии захвата (ДЯС) и последующей конкуренции между переходом системы в компаунд-ядро (ДЯСК) и квазиделением ядер. Рис.4 иллюстрирует различие представлений о процессе полного слияния ядер в ДЯСК и макроскопической модели слияния двух ядерных капель. Предложенная модель позволила описать сечение слияния ядер в реакции $^{110}\text{Pd} + ^{110}\text{Pd}$, выяснить причину исчезновения экстра-экстрапюша в реакциях холодного синтеза 110 и 111 элементов [7,8].

Установлено, что нагретые ядра в непосредственной окрестности параметра $Z^2/A = 22,0 \pm 0,5$ полностью теряют устойчивость к масс-асимметричным вариациям формы, т.е. впервые получено строгое экспериментальное обоснование существования точки Бусинаро — Галлоне. Показано, что в области ядер с $Z^2/A \leq 30$, в отличие от более тяжелых ядер, увеличение углового момента, вносимого в делящееся ядро, приводит к сужению массовых распределений осколков [9] (рис.5.)

В 1995 году на спектрометре ФОБОС впервые проведено исследование холодного деформированного деления $^{244}\text{Cm}(\text{sf})$ и $^{252}\text{Cf}(\text{sf})$. В спонтанном делении ^{244}Cm найдено указание на проявление новой делительной моды, существование которой

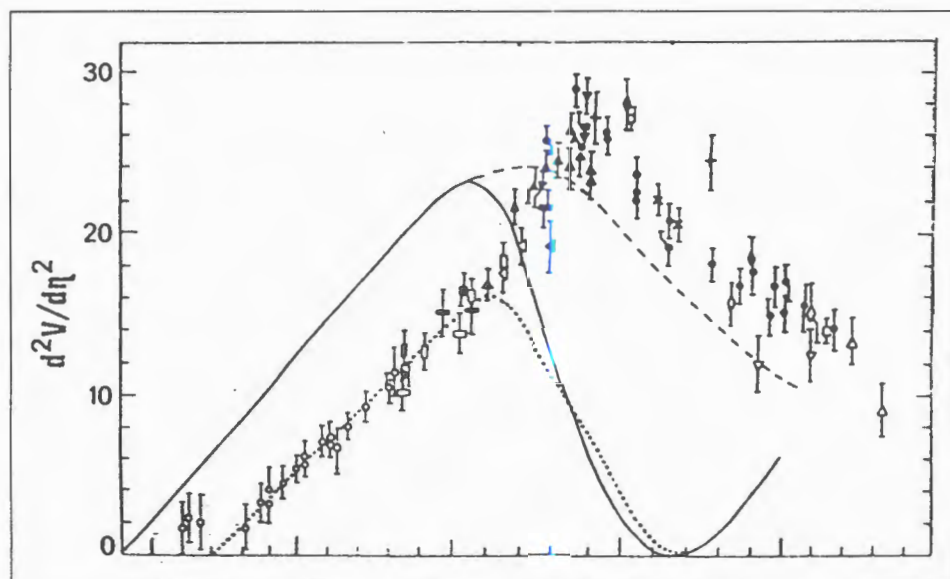


Рис.5. Зависимость устойчивости ядра по отношению к масс-асимметричным вариациям формы $d^2V/d\eta^2$ от параметра делимости Z^2/A . Точки — экспериментальные значения; кривые — результаты расчета: — — модель жидкой капли, ... — модель жидкой капли с учетом короткодействия ядерных сил, - - - — расчет по диффузионной модели

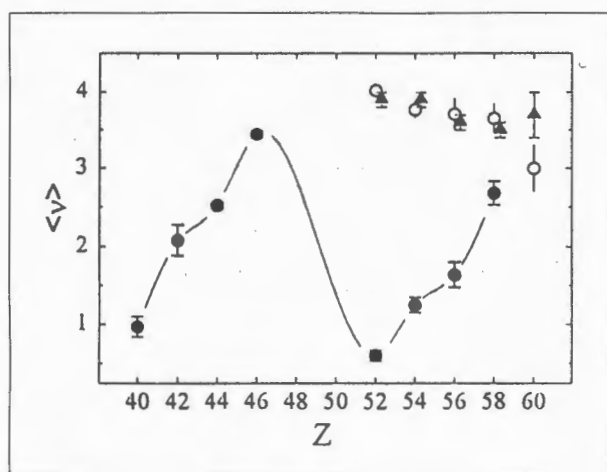


Рис.6. Средние значения чисел нейтронов, испаряемых из осколков $\langle \nu \rangle$, в зависимости от Z осколков (даны сплошными кружками) и средние значения полных чисел нейтронов, испаряемых из двух осколков для пяти разделений по зарядам, полученные в нашей работе (даны открытыми кружками), а также аналогичные данные, полученные путем регистрации нейтронов (обозначены треугольниками)

можно трактовать как кластеризацию делящегося ядра на три части, приблизительно равные по массе. Сравнительное исследование спонтанного и вынужденного деления изотопов калифорния позволило сформулировать новый подход к критерию разрыва шейки делящегося ядра [10].

С использованием данных по изучению спонтанного деления ^{252}Cf , проведенного на 4 π - γ -спектрометре GAMMASPHERE в Беркли, были уточнены и дополнены результаты о выходах пар осколков, изотопных распределениях и распределениях множественности нейтронов для пяти разделений по зарядам ^{252}Cf [11]. Получены средние значения чисел нейтронов, испаряемых из осколков, в зависимости от заряда осколков (рис.6). Для индивидуальных осколков измерены интенсивности переходов между различными возбужденными уровнями вблизи ираст-линии и получены вероятности заселения этих уровней и средние угловые моменты осколков ($\langle I_\gamma \rangle$) в зависимости от полного числа испаренных нейтронов (ν_{tot}). Обнаруженная необычная зависимость спинов первичных (Ba—Mo)-

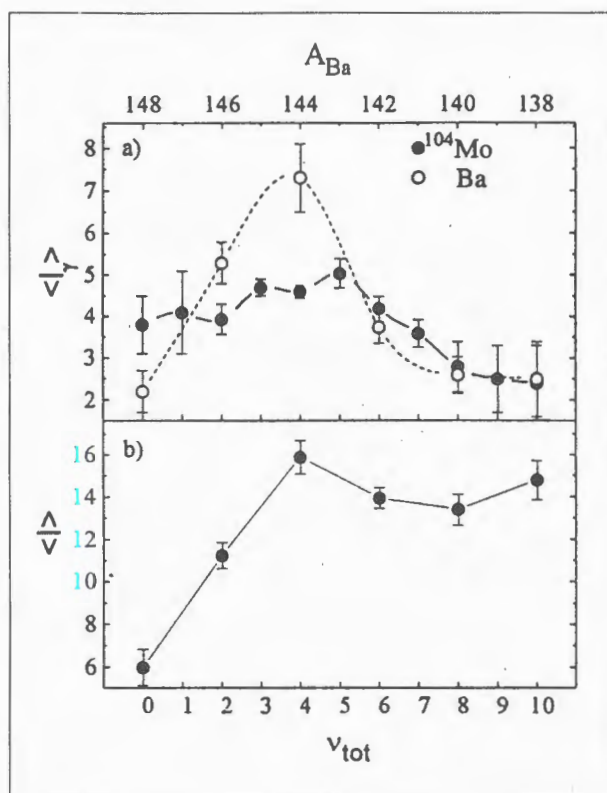


Рис.7. а) — значения средних спинов осколков ^{104}Mo и дополнительных к ним осколков Ba, образовавшихся после испарения различного числа нейтронов (ν_{tot}); б) — средние значения суммарных спинов (Ba—Mo)-пар первичных осколков

осколков (рис.7) от их энергии возбуждения (от числа испаренных нейтронов) объясняется проявлением двух различных мод деления при (Ba—Mo)-разделении ^{252}Cf [12].

Проведены измерения кластерного распада ^{232}Th , ^{230}U , ^{236}Pu . Парциальные периоды полураспада составляют соответственно $T_{1/2} > 5 \cdot 10^{21}$; $> 7,6 \cdot 10^{11}$; $1,1 \cdot 10^{14}$ лет. Измеренный период спонтанного деления ^{232}Th , равный $1,2 \cdot 10^{21}$ лет, является самым длинным среди известных спонтанноделящихся ядер. Показано, что суммарная вероятность кластерного распада и спонтанного деления для тяжелых ядер имеет нижний предел, равный $\sim 10^{-9}$ вероятности соответствующего α -распада [13,14].

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

В рамках международной коллаборации по проекту «Изотоп гафния» в Дубне в 1995 году произведено дополнительное количество (0,2 мкг)

долгоживущего (31 год) изомера $^{178}\text{Hf}^{m2}$. Из этого материала на масс-сепараторе в Орсе (Франция) изготовлены мишени третьего поколения, очищен-

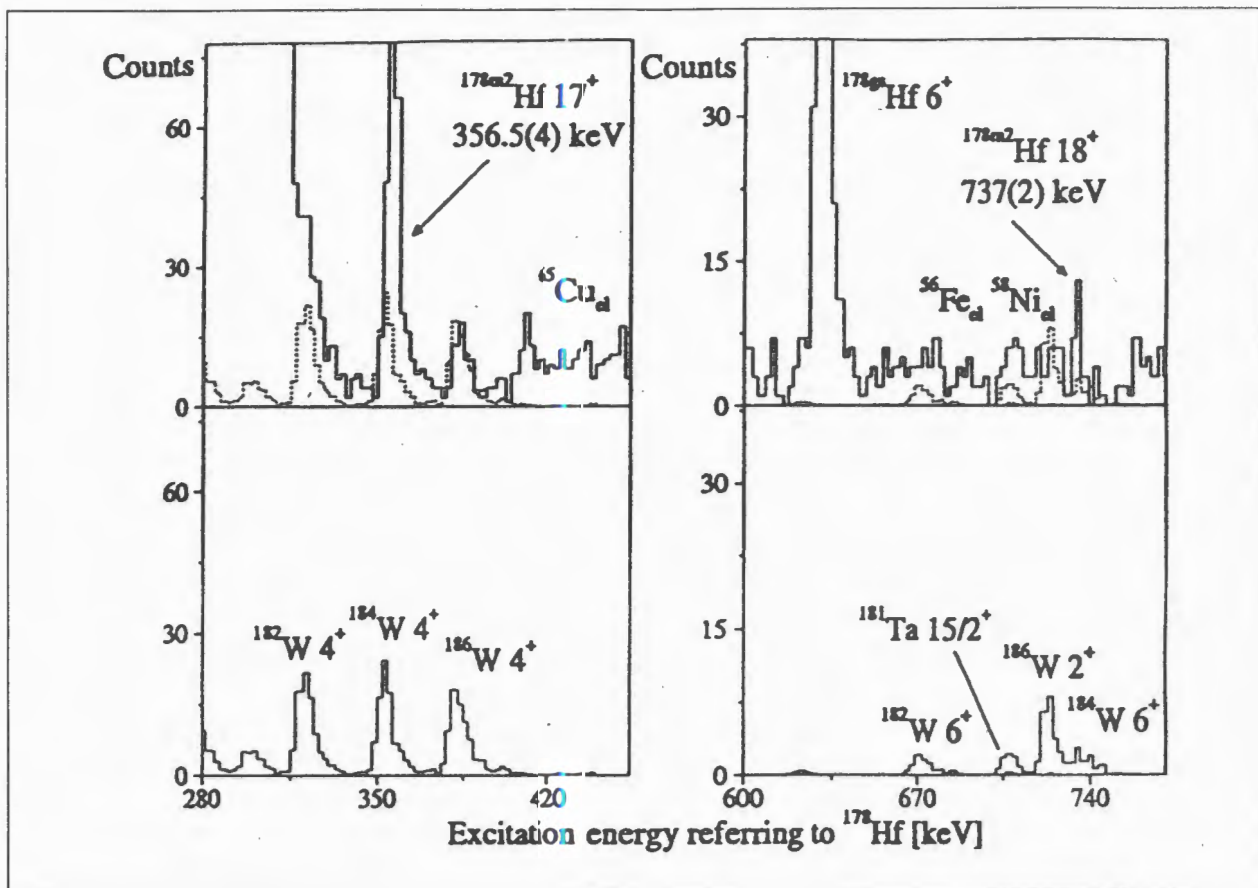


Рис.8. Участки спектра рассеянных дейтронов для изомерной мишени $^{178}\text{Hf}^{m2}$. В нижней части рисунка показан фоновый спектр

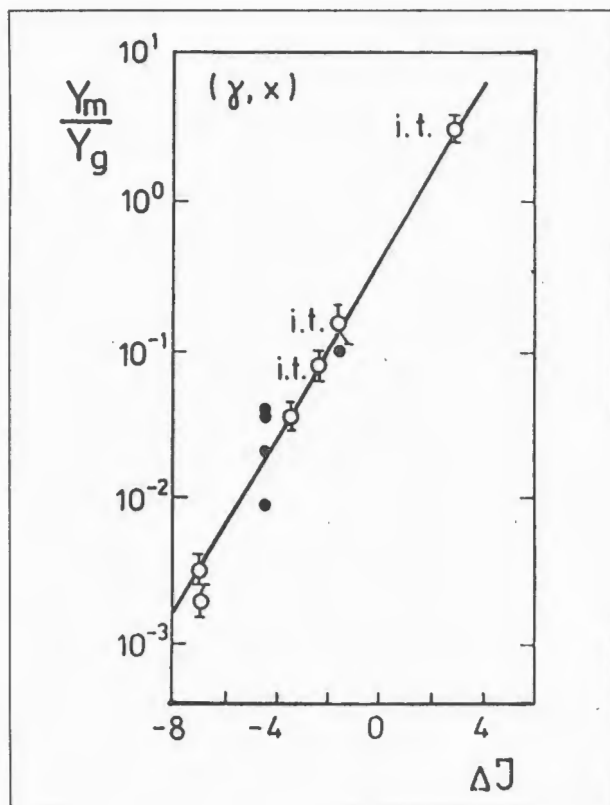


Рис.9. Зависимость изомерного отношения выходов фотоядерных реакций от разности спинов входного и выходного канала. Точки, помеченные знаком «i.t.», соответствуют изомерным мишеням

ные от содержания других изотопов Hf, кроме ^{178}Hf . Мишени более высокой чистоты позволили на тандеме в Мюнхенском университете (Гархинг) закончить исследование реакции неупругого рассеяния дейтронов на высокоспиновом, 16^+ , ядре-мишени $^{178}\text{Hf}^{m2}$. Впервые с хорошей точностью измерены энергии уровней ротационной полосы с $K=16$, построенной на указанном изомерном уровне. Фрагменты спектра рассеянных дейтронов показаны на рис.8. Хорошо виден пик, соответствующий возбуждению уровня 17^+ ; статистика не столь хороша для уровня 18^+ . Из энергии переходов нетрудно оценить момент инерции этой полосы и сделать вывод о сильном росте момента инерции с увеличением квантового числа K от $K=0$ (полоса основного состояния) к известным полосам с $K=8$ и к новой полосе с $K=16$.

В Дубне на микротроне МТ-25 выполнена серия экспериментов по изучению фотоядерных реакций на мишенях Hf и Ta, включая мишени из высоспиновых изомеров $^{178}\text{Hf}^{m2}$ и $^{180}\text{Ta}^m$. Преодолены серьезные методические трудности, связанные с использованием нанограммовых количеств вещества в качестве мишеней. Методом активации при обеспечении низкофоновых условий γ -спектрометрии зафиксированы реакции $^{178}\text{Hf}^{m2}(\gamma,n)^{177}\text{Hf}^{m2}$, $^{180}\text{Ta}^m(\gamma,2n)^{178}\text{Ta}^{m,g}$ и $^{180}\text{Ta}^m(\gamma,p)^{179}\text{Hf}^{m2}$. Определены изомерные отношения выходов Y_m/Y_g для продуктов этих реакций, они сравниваются с ре-

зультатами, полученными на стабильных низкоспиновых мишенях. Зависимость значений Y_m/Y_g от разности спинов входного и выходного каналов реакций показана на рис.9. Видно, что точки, соответствующие изомерным мишеням, не отклоняются существенно от общей закономерности. Следовательно, нельзя сделать заключение о существовании дополнительной (к спиновому фактору) селективности заселения «мишенеподобных» состояний в реакциях на изомерах. Это подтверждает полное К-смешивание при высоких энергиях возбуждения ядра, реализующихся в фотоядерных реакциях [15].

СВОЙСТВА ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЯДЕР И ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В совместном Дубна — ГАНИЛ (Франция) — ИЯИ (Ржеж) — ИАФ (Бухарест) эксперименте исследована стабильность ядер с числом нейтронов вблизи $N=20$, включая изотопы кислорода — ^{26}O , ^{28}O . С этой целью использовались реакции срыва протонов с ускоренного иона редкого изотопа ^{36}S . Эксперименты проводились на установке LISE-3 в ГАНИЛ. В результате этих экспериментов было показано преимущество реакций с ^{36}S для синтеза и изучения свойств изотопов, находящихся на границе ядерной стабильности — ^{29}F , $^{30,32}\text{Ne}$, $^{31+35}\text{Na}$. В то же время с достаточно высокой чувствительностью $\sigma \geq 5 \cdot 10^{-37} \text{ см}^2$ не было заре-

гистрировано ни одного события, относящегося к ^{26}O и ^{28}O , что с большей вероятностью свидетельствует об их нестабильности (см.рис.10). Эти же эксперименты дали информацию о свойствах ядер (вероятности нейтронного распада, периоде полураспада) вблизи замкнутой нейтронной оболочки с $N=20$ ($^{27,29}\text{F}$, ^{24}O , ^{30}Ne) (рис.11). Эти результаты получены с использованием 4 π -нейтронного детектора на основе ^3He -счетчиков, разработанных и изготовленных в ЛЯР. Данный детектор позволяет также измерять угловые корреляции между β -задержанными нейтронами, испускаемыми при распаде экзотических ядер. Эффективность регистрации нейтронов — 36%, энергетический порог прак-

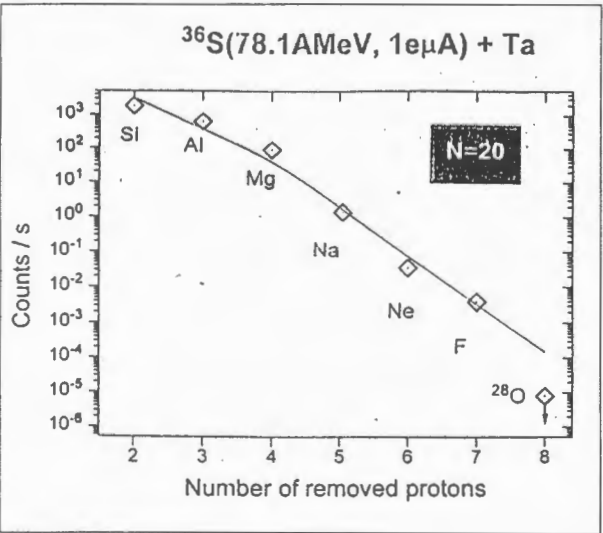


Рис.10. Выходы изотопов ^{34}Si , ^{33}Al , ^{31}Na , ^{30}Ne , ^{29}F и верхняя граница для выхода ^{28}O в реакции ^{36}S (78 МэВ/нуклон)+Ta в зависимости от числа сорванных с ^{36}S протонов

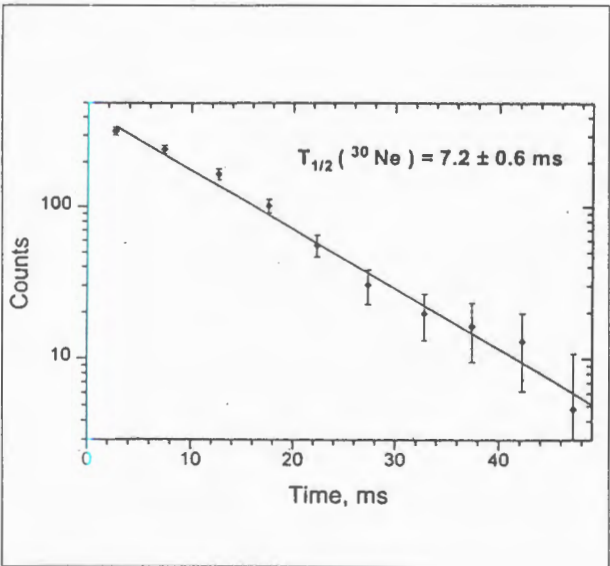


Рис.11. Период полураспада ядра ^{30}Ne , образованного в реакции ^{36}S (78 МэВ/нуклон) + Ta

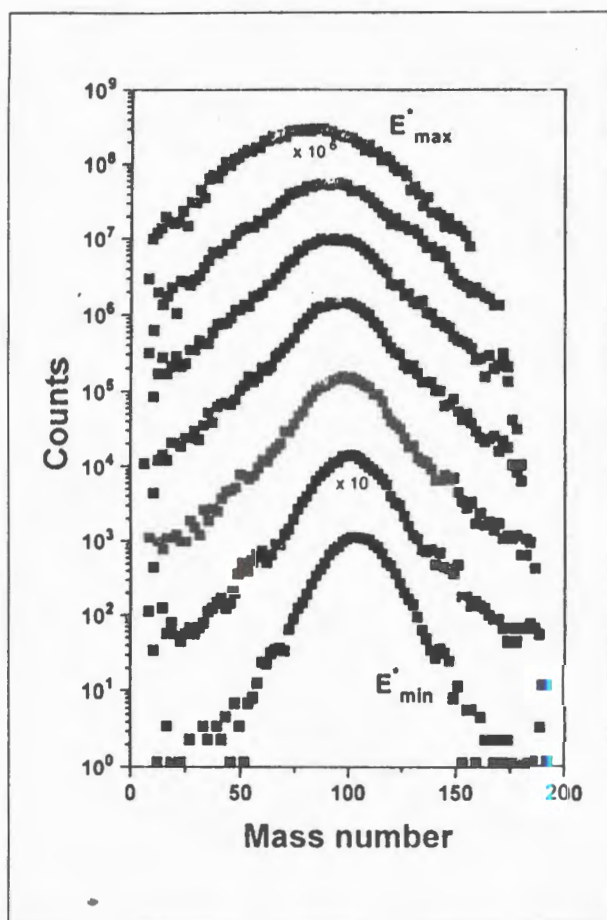


Рис.12. Массовое распределение осколков деления в реакции ^{14}N (55 МэВ/нуклон) + Au при энергиях возбуждения $100 \text{ МэВ} \leq E \leq 400 \text{ МэВ}$

тически равен нулю. Детектор, включающий в себя 182 модуля с гелиевыми счетчиками нейтронов, предполагается использовать на циклотроне У-400М для исследования характеристик распада экзотических ядер.

Продолжались эксперименты по исследованию структуры супернейтроноизбыточных ядер легких элементов на циклотроне У-400 с исполь-

СТРУКТУРА ЯДРА

Методами резонансной лазерной флуоресценции измерен среднеквадратичный зарядовый радиус ^{44}Ti . Полученная величина $\langle r^2 \rangle^{1/2} = 3,620 \text{ фм}$ — наибольшая среди всех изотопов Ti в области $A = 44 + 50$. Такая величина зарядового радиуса указывает либо на α -частичную структуру ^{44}Ti , либо на появление протонного слоя в нейтронодефицитных изотопах Ti. Зависимость зарядового радиуса от

зованием магнитного спектрометра МСП-144 и монохроматического пучка тяжелых ионов. Измерены основные и возбужденные квазистационарные состояния в системе водород-5 в реакции $^{10}\text{B} + ^7\text{Li}$ при энергии 20 МэВ/нуклон. Предварительный анализ полученных данных показал, что ^5H имеет квазистационарные состояния с энергией возбуждения $\sim 6 \text{ МэВ}$. Форма экспериментального энергетического спектра указывает на то, что ^5H имеет двухчастичный канал распада.

Продолжались эксперименты на 4 π -спектрометре множественных событий — установке ФОБОС. Предприняты усилия по повышению стабильности работы 28 ионизационных камер и систем набора информации. Для экспериментов также подготовлены все 192 сцинтилляционных CsJ-детектора и 80 фосфич-детекторов переднего угла. В июне 1995 г. на установке ФОБОС начаты в полном объеме эксперименты на циклотроне У-400 с новым ионным ECR-источником DECRIS. Исследовались характеристики деления ядер золота пучком ^{14}N при энергии 53 МэВ/нуклон. Детекторы ФОБОСа позволили с высокой чувствительностью регистрировать продукты ядерных реакций в широком диапазоне по массе и заряду. Проводился анализ событий, сопровождающих многотельный распад, образующихся в реакции горячих ядер, и сортировка в зависимости от энергии возбуждения образующихся в реакциях неполного слияния горячих составных систем. На рис.12 представлены массовые распределения осколков деления таких систем с энергией возбуждения от 100 до 400 МэВ. Расширение массовых распределений с увеличением энергии возбуждения связано со случаями очень асимметричного развала с образованием легких фрагментов и тяжелых остаточных ядер. Изучена корреляция фрагментов деления с легкими фрагментами (или легкими заряженными частицами). Полученные результаты обсуждаются в рамках времени процесса и динамики деления [16].

числа нейтронов в цепочке изотопов Ti демонстрирует непрерывное возрастание с увеличением нейтронного дефицита, несмотря на то, что квадрупольная деформация уменьшается при приближении к замкнутой оболочке $N = 20$ нейтронов. Подобное поведение зарядовых радиусов для Ti существенно отличается от хорошо известной зависимости для изотопов Ca (рис.13) [17].

В лаборатории на микротроне МТ-25 измерено сечение девозбуждения высокоспинового изомера ^{180m}Ta ($I^\pi = 9^+, K = 9$) в основное состояние ($I^\pi = 1^+, K = 1$) в реакции неупругого рассеяния γ -квантов с энергией $5 + 7$ МэВ. Показано, что разрядка изомера происходит через промежуточные уровни, лежащие в области энергий возбуждения $\sim 3 + 5$ МэВ. Получена величина изомерного отношения $\sigma_m/\sigma_g = 0,25$. Такое большое изомерное отношение указывает на исчезновение запрета по квантовому числу K для радиационных переходов в области энергии возбуждения $3 + 5$ МэВ [18].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

В сотрудничестве с ЛЯП ОИЯИ, МИФИ (Москва), LAMPF (Лос-Аламос) и ИЯФ (Ржеж) создан и смонтирован на канале У-400М комплекс многодетекторных систем МУЛЬТИ, предназначенный

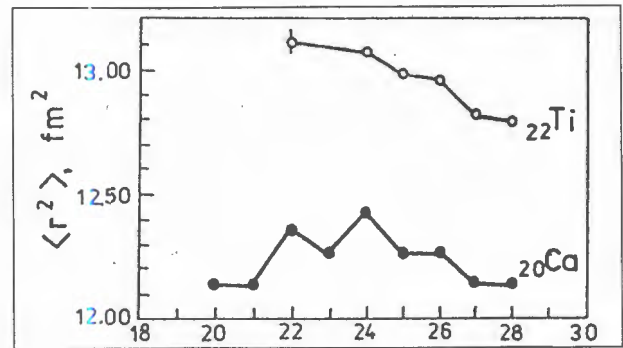


Рис.13. Зависимость зарядового радиуса ядер Ti и Ca от числа нейтронов

для экспериментов по изучению неравновесной эмиссии частиц из горячих ядер при энергии 50 МэВ/нуклон. Этот комплекс включает в себя спектрометр BGO-ball, сцинтилляционные и полу-

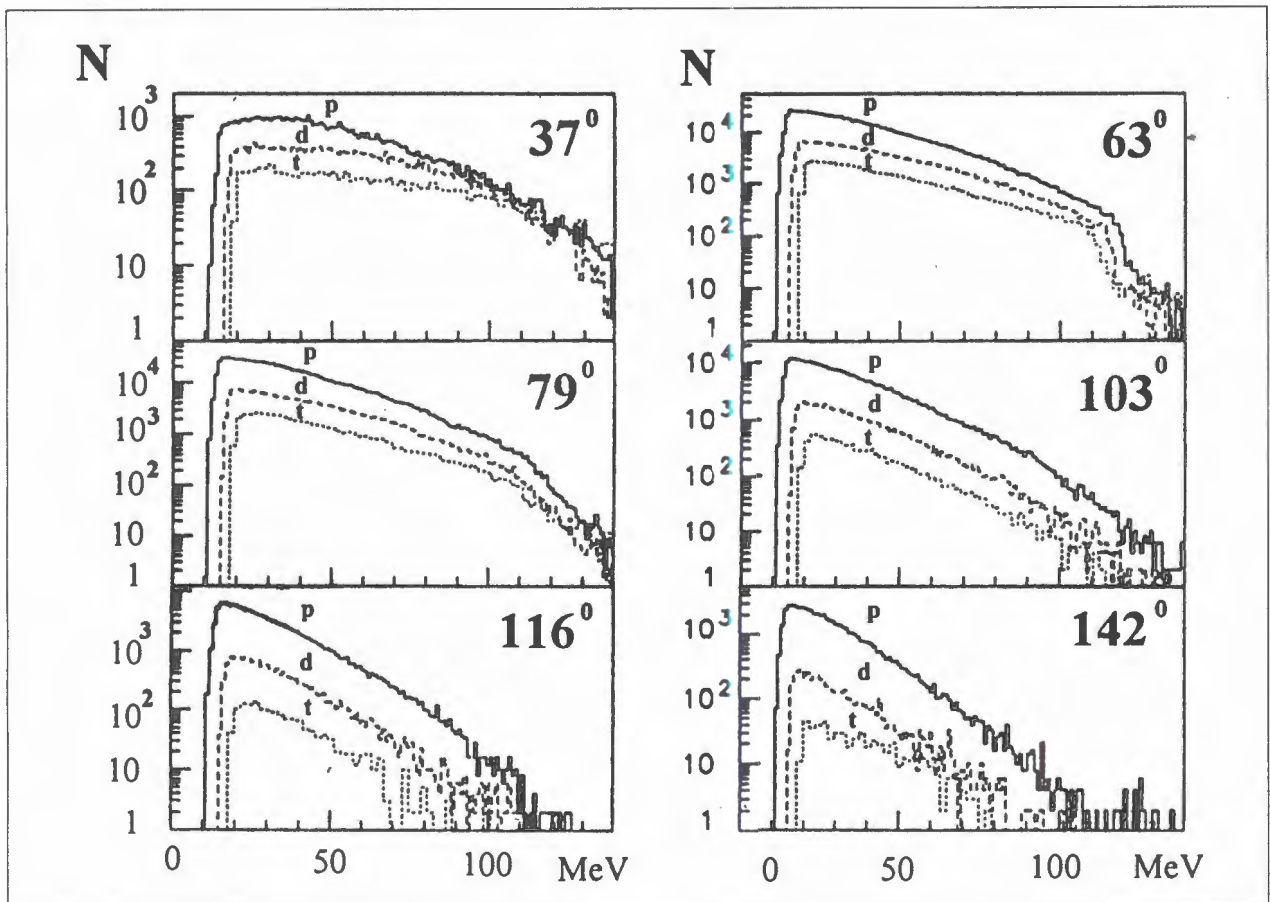


Рис.14. Энергетические спектры протонов, дейтронов и тритонов, измеренные в реакции ^{14}N (55 МэВ/нуклон) + Ag под разными углами

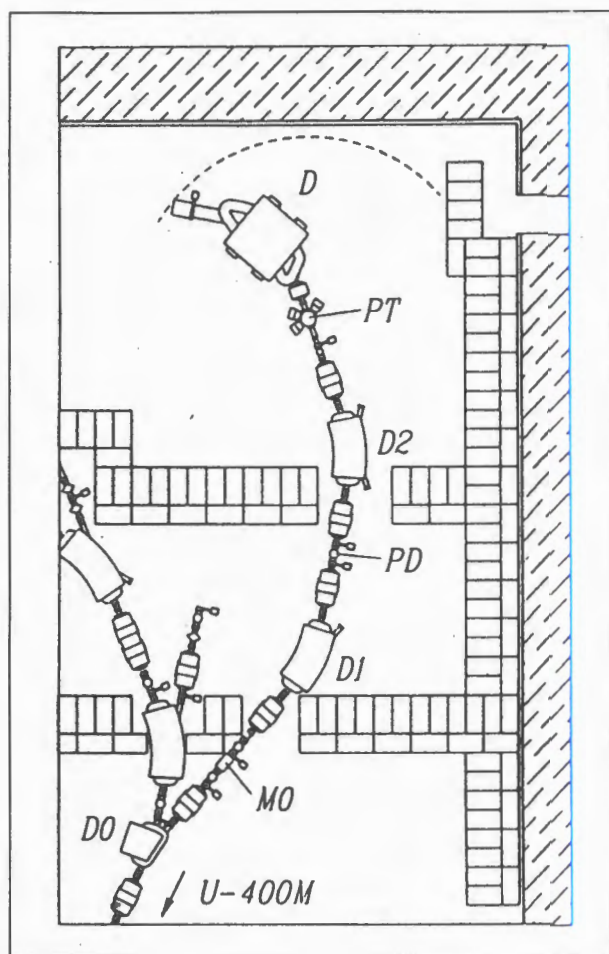


Рис.15. Канал пучков радиоактивных ядер высокого разрешения

проводниковые многослойные спектрометры и 19-модульный плотноупакованный BGO-пластик-спектрометр. Были измерены инклюзивные спектры и угловые распределения протонов, дейтронов и тритонов при столкновении ядер азота с ядрами серебра при энергиях 40 и 55 МэВ/нуклон (рис.14).

Полученные методические результаты показали возможность использования спектрометров для исследований подпорогового рождения пионов на интенсивном пучке тяжелых ионов. Хорошее угловое и энергетическое разрешение спектрометров позволяет начать эксперименты на них по изучению малоугловых нуклонных корреляций с целью получения информации о радиусах и времени жизни горячей зоны взаимодействия двух сложных ядер.

С целью повышения эффективности регистрации осколков деления создана установка CORSET — двухплечевой времяпролетный спектрометр на основе микроканальных пластинок (МКП) с электрическим зеркалом и трех стоповых

позиционно-чувствительных детекторов, также изготовленных на основе МКП. При пролетной базе 14 см на α -линиях ^{226}Ra получено временное разрешение системы $\Delta t = 116$ пс. Позиционное разрешение составляет 0,2 мм, массовое разрешение, полученное в результате анализа распределения по массе осколков спонтанного деления ^{252}Cf , $\Delta m = 1.5$ а.е.м. Для управления установкой CORSET создан программный пакет, включающий в себя программы накопления данных, экспресс-обработки и визуализации на экране с последующей записью больших массивов на жесткий диск.

Спроектирована детекторная установка (КИТ), которая должна служить для химической идентификации наиболее долгоживущих (секунды и десятки секунд) α -активных изотопов элемента 106 и дальнейшего изучения его химии. Установка также даст возможность проводить разнообразные точные опыты по изучению химических свойств элементов 102 + 105 (тоже в основном α -активных) как в растворах, так и в газовой фазе. Установка КИТ включает в себя восемь последовательно расположенных спектрометрических ионизационных камер в общем кожухе, заполненном газом. Изучаемые элементы непрерывно химически выделяются из смеси продуктов ядерных реакций и высаживаются на поверхность транспортной ленты, которая затем проходит через камеры. Этим обеспечивается высокая эффективность измерений. Детали установки изготовлены, и началась наладка аппаратуры.

В 1995 году смонтирована и испытана первая часть канала радиоактивных пучков высокого разрешения [19], предназначенного для изучения структуры экзотических ядер и механизмов ядерных реакций. Установка (рис.15) расположена в зале выведенных пучков циклотрона У-400М и состоит из двух дипольных магнитов D1, D2 и четырех дуэтов квадрупольных линз, образующих, в первом режиме настройки канала, ахроматическую ионно-оптическую систему. В месте предметной щели МО расположена производящая мишень, предназначенная для генерации радиоактивных ядер под действием первичного пучка. В плоскости ахроматического фокуса устанавливается физическая мишень PT. Для лучшей очистки исследуемого пучка радиоактивных ядер в промежуточной плоскости будет помещаться профилированный поглотитель энергии PD. Будут использоваться два типа поглотителей, ахроматический и монокинетический.

Второй режим настройки канала — его работа с отличной от нуля импульсной дисперсией на физической мишени. В данном случае возможно

значительное повышение энергетического разрешения используемого пучка ионов. Этот режим предпочтителен при экспериментах с первичными циклотронными пучками.

Основные характеристики установки для двух режимов работы приведены в табл.1. В 1996 году будут проведены первые эксперименты по изучению упругого рассеяния пучка ${}^6\text{He}$.

Таблица 1. Основные ионно-оптические параметры канала

$B\rho_{\text{max}}$	3,8 Тлм
Главная объектная щель	$3\times 5\text{ мм}^2$
Первый режим настройки канала	
Телесный угол	0,3 мср
Импульсный аксептанс канала	$\pm 2\%$
Линейное увеличение	1 $\times$ 1
Максимальный размер пучка	$12\times 6\text{ мм}^2$
Импульсный разброс пучка после монокинетического поглотителя	8×10^{-3}
Второй режим настройки канала	
Телесный угол	0,8 мср
Импульсный аксептанс канала	$\pm 0,4\%$
Импульсная дисперсия в плоскости физической мишени	$40 + 70\text{ мм}/\%$
Линейное увеличение:	
— горизонтальное	2
— вертикальное	1
Импульсное разрешение в плоскости физической мишени	9×10^{-4}

УСКОРИТЕЛИ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Циклотрон У-400. Изохронный циклотрон У-400 отработал на эксперимент 2045 часов. В табл.2 представлены параметры пучков, использовавшихся в 1995 году. Список ионов, ускоренных на У-400, был расширен до 75 типов стабильных и редких изотопов. Экспериментально осуществлено несколько настроек ускорителя со снижением мощности, потребляемой основным магнитом, до 40%.

Циклотрон У-200. Эксплуатация циклотрона осуществлялась за счет внебюджетных средств. Использовался пучок ${}^4\text{He}$ с энергией 36 МэВ и интенсивностью до $5\cdot 10^{14}$ частиц в секунду. Ускоритель отработал 1100 часов.

Циклотрон У400М. На циклотроне У-400М в 1995 году создана и налажена система аксиальной инжекции пучка от ECR-источника DECRIS-14. Получены ускоренные ионы O^{5+} и N^{5+} с энергиями 50 и 53 МэВ/нуклон, соответственно. Время работы

на эксперимент — 800 часов. Проводилась дальнейшая оптимизация систем ускорителя.

Ионные источники

1. DECRIS-14-2 (Dubna Electron Cyclotron Resonance Ion Source, 14 ГГц) введен в режим работы на физический эксперимент.

В источнике ионов DECRIS-14-2 применена новая конструкция магнитной системы с концентрацией магнитного потока в рабочей зоне, что позволило получить величину магнитного поля в аксиальном направлении до 1,2 Тл и величину радиальной составляющей магнитного потока на поверхности ионизационной камеры более 1,0 Тл при относительно низком энергопотреблении (55 кВт), что соответствует современному уровню технических параметров ЭЦР-источников ионов.

Источник позволяет получать интенсивные пучки высокозарядных ионов газов. Первые резуль-

ческих и других материалов с целью исследования радиационных эффектов.

Разработаны методы облучения материалов на пучке α -частиц с энергией 36 МэВ, позволяющие легировать облучаемые образцы атомами гелия: а) равномерно по всему объему, б) по заданному профилю, в) по поверхности образцов.

Радиоаналитические и радиоизотопные исследования. Проведен цикл работ по получению и изучению ядерно-физических свойств радиохимически и изотопно ультрачистых ^{237}Pu , ^{236}Pu , ^{235}Np , ^{97}Tc , ^{26}Al . Определены оптимальные условия облучения, разработаны специальные мишенные узлы, позволяющие проводить облучения на внутреннем пучке циклотрона с интенсивностью до 100 мкА. Данные изотопы получали облучением высокообогащенного ^{235}U α -частицами и дейтонами на циклотроне У-200. Дополнительное обога-

щение проводили на электромагнитном сепараторе ЯСНАПП-2 ЛЯП.

Впервые получены препараты ^{237}Pu с чистотой $3 \cdot 10^{-8}$ Бк/Бк. В течение 1992—1995 гг. в Harwell Laboratory (Великобритания) был выполнен цикл работ [25] по изучению метаболизма плутония в человеческом организме с использованием этих препаратов. Получены уникальные результаты по распределению инжестированного плутония в различных органах, показано существование отличия в поведении плутония в мужском и женском организмах.

Впервые получены изотопночистые препараты ^{236}Pu с содержанием ^{238}Pu и ^{239}Pu на уровне 10^{-5} и 10^{-9} Бк/Бк, соответственно. С использованием данных препаратов разработана методика анализа ультрамалых концентраций ^{239}Pu в природных образцах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hofmann S. et al. — *Z. Phys. A*, 1995, 350, p.277.
2. Hofmann S. — In: *Low Energy Nuclear Dynamics*. Ed. by Yu. Ts. Oganessian, R. Kalpakchieva, W. von Oertzen. World Scientific, Singapore, 1995, p.305.
3. Lazarev Yu. A. — In: *Low Energy Nuclear Dynamics*. Ed. by Yu. Ts. Oganessian, R. Kalpakchieva, W. von Oertzen. World Scientific, Singapore, 1995, p.293.
4. Lazarev Yu. A. et al. — *JINR Preprint E7-95-552*, Dubna, 1995.
5. Андреев А. Н. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, Дубна, N4[72]-95, с.43.
6. Андреев А. Н. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, Дубна, N5[73]-95, с.28.
7. Volkov V. V. et al. — In: *Low Energy Nuclear Dynamics*. Ed. by Yu. Ts. Oganessian, R. Kalpakchieva, W. von Oertzen. World Scientific, Singapore, 1995, p.336.
8. Antonenko N. V. et al. — *Phys. Rev.* 1995, vol. C51, p.2635.
9. Иткус М. Г. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, №12, с.2140.
10. Pyatkov Yu. V. et al. — In: *Low Energy Nuclear Dynamics*. Ed. by Yu. Ts. Oganessian, R. Kalpakchieva, W. von Oertzen. World Scientific, Singapore, 1995, p.239.
11. J. H. Hamilton et al. — In: *Low Energy Nuclear Dynamics*. Ed. by Yu. Ts. Oganessian, R. Kalpakchieva, W. von Oertzen. World Scientific, Singapore, 1995, p.187.
12. Тер-Акопьян Г. М. и др. — *Известия РАН, сер. физ.*, 1996, т.60, №1, с.162.
13. Bonetti R. et al. — *Phys. Rev.*, 1995, vol. C51, p.2530.
14. Юссонья М. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1995, т.69, с.685.
15. Karamian S. A. — *Acta Phys. Pol.* 1995, vol.26, p.375.
16. Ortlepp H. G. et al. — In: *Low Energy Nuclear Dynamics*. Ed. by Yu. Ts. Oganessian, R. Kalpakchieva, W. von Oertzen. World Scientific, Singapore, 1995, p.231.
17. Гангский Ю. П. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, Дубна, N1[69]-95, с.5.
18. Белов А. Г. и др. — *Препринт ОИЯИ E15-95-396*, Дубна, 1995.
19. Kalpakchieva R. et al. — In: *Int. Workshop on Experimental Perspectives with Radioactive Nuclear Beams*, Laboratori Nazionali di Legnaro, Padova, Italy, Nov.14-16, 1994, p.119.
20. Efremov A. A. et al. — *JINR Preprints E9-95-111*, E9-95-112, Dubna, 1995.
21. Appel P. Yu. — *Radiation Measurements*, 1995, vol.25, №1-4, p.667.
22. Kravets I. L., Dmitriev S. N., Apel P. Yu. — *Radiation Measurements*, 1995, vol.25, №1-4, p.729.
23. Didyk A. Yu., Varichenko V. S. — *Radiation Measurements*, 1995, vol.25, №1-4, p.119.
24. Reutov V. F. — *Сообщение ОИЯИ*, E14-95-56, Дубна, 1995.
25. Dmitriev S. N., Oganessian Yu. Ts., Starodub G. Ya., Shishkin S. V., Buklanov G. V., Kharitonov Yu. P., Novgorodov A. F., Yushkevich Yu. V., Newton D., Talbot R. J. — *Appl. Radiat. Isot.*, 1995, vol.46, №5, p.307.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ им. И. М. ФРАНКА

ВВЕДЕНИЕ

Научная программа ЛНФ в 1995 году охватывала семь тем Проблемно-тематического плана (ПТП) научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ. Она была нацелена на получение новых результатов по физике конденсированных сред (темы: «Исследование конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов» — 07-4-0864-89/98, руководитель А.М.Балагуров; «Исследование высокотемпературной сверхпроводимости» — 07-0-0857-88/95, руководитель В.Л.Аксенов), по нейтронной ядерной физике (тема «Изучение фундаментальных характеристик нейтронов и ядер» — 06-4-0974-92/99, руководитель В.И.Фурман) и по прикладным исследованиям (тема «Активационный анализ и радиационные исследования на ИБР-2» — 07-4-0975-92/98, руководитель В.А.Сарин). Для обеспечения физических исследований осуществлялось развитие и

создание базовых установок лаборатории: ИБР-2 (тема «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2» — 07-4-0851-87/97, руководитель В.Д.Ананьев) и ИРЕН (тема «Разработка проекта ИРЕН» — 06-4-0993-94/96, руководитель В.И.Фурман), а также развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ (тема «Развитие измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ» — 07-4-0888-91/95, руководитель В.И.Приходько).

Актуальные вопросы исследований, проводимых в кооперации с ведущими ядерными центрами, были рассмотрены на международных семинарах по математическим методам структурного анализа, по взаимодействию нейтронов с ядрами, по ядерной физике в охране окружающей среды, совещании по синхротронным и нейтронным исследованиям. Была проведена очередная международная школа по нейтронной физике.

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Экспериментальные исследования. После успешной смены подвижного отражателя на реакторе ИБР-2 в марте 1995 г. сотрудниками НЭО ФКС возобновились исследования по физике конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов на всех спектрометрах реактора. В настоящее время эксперименты ведутся на 10 действующих спектрометрах: ФДВР, ДН-2, НСВР, ДН-12, СНИМ-2, ЮМО, НЕРА-ПР, КДСОГ-М, ДИН-2 и СПН-1. За-

вершается стадия наладки спектрометра РЕФЛЕКС, начались тестовые измерения и проведены первые физические эксперименты.

Как и ранее, в рамках темы выделены четыре основных направления: дифракционные исследования упорядоченных структур, исследования крупномасштабных неоднородностей с помощью малоуглового рассеяния, нейтронооптические исследования поверхностных и магнитных явлений,

исследования атомной динамики в конденсированных телах методом неупругого рассеяния нейтронов.

Продолжалась начатая в 1994 году программа исследования новых ртутьсодержащих сверхпроводников с целью определения их точного катионного состава и корреляции между содержанием кислорода в соединении и величиной критической температуры. Работа ведется на ФДВР — прецизионные исследования структуры Hg-соединений и сопутствующих структур, на ДН-2 — *in situ* эксперименты по влиянию стехиометрии кислорода на структуру, на ДН-12 — влияние высоких (вплоть до 50 кбар) давлений на структуру соединений Hg-1201 и Hg-1212 [1]. Исследования осуществляются в сотрудничестве с МГУ и РНЦ «Курчатовский институт» (КИ). По результатам измерений на ФДВР соединения $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+y}$ с различным содержанием кислорода в базисной плоскости ($z=0$) получены прецизионные структурные данные (в том числе при низкой температуре, $T=8\text{ K}$) и уточнено влияние стехиометрии кислорода на величину T_c [2]. Эксперимент на образце с $y=0,05$ повторен в LLB (Сакле) на дифрактометре 3T2 и дал практически совпадающие результаты.

С монокристаллами $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$, $\delta=0,04$ и $0,03$, на фурье-дифрактометре были проведены эксперименты по исследованию явления макроскопического фазового расслоения на структурные фазы Bmab и Fmmm , возникающего при понижении температуры и связанного с диффузией нестехиометрического кислорода в объеме кристалла [3]. Целью эксперимента являлось уточнение влияния конкретной величины δ на проявление диффузии кислорода. Высокая разрешающая способность ФДВР позволила не только легко наблюдать расщепление дифракционных пиков, но и оценить размеры образующихся когерентных областей фазы Fmmm . Они оказались несколько различающимися для направлений вдоль осей b и c .

На ДН-2 при исследовании в режиме реального времени (дифракция и малоугловое рассеяние) окисления металлической меди, находящейся в мелкодисперсном состоянии, обнаружены новые особенности этого процесса, важного как с фундаментальной, так и с практической точек зрения. Разложение окисной пленки CuO (изначально покрывавшей гранулы меди) произошло до 210°C , тогда как окись меди в массивном состоянии разлагается только при $T > 1050^\circ\text{C}$. Одновременно с разложением окисной пленки наблюдалось аномально большое расширение решетки металлической меди.

При 210°C появились дифракционные линии от Cu_2O , а затем CuO . Последовательность этих событий позволяет предположить взрывной тип механизма окисления мелкодисперсной металлической меди, покрытой пленкой CuO [4].

Были начаты работы по исследованию структуры частиц, образующихся в процессе термотропного мицелло-ламеллярного перехода. Это направление исследований связано как с фундаментальным вопросом о механизме самосборки мембран, так и с прикладным значением изучения влияния солей желчной кислоты на биологические мембраны. Эксперименты выполнены с системами DMPC — Sodium Cholate (ChNa) и DPPC — ChNa на малоугловых спектрометрах в Дубне и Будапеште [5]. Определена структура частиц на начальном и конечном этапах термотропного перехода. Обнаружено разделение липид-детерогенной системы на две фазы под действием температуры. При этом верхняя фаза в смесях DMPC — ChNa обладает анизотропией рассеяния, что говорит о самоориентации образующихся частиц. Совместно с Университетом в г.Байройте, ФРГ, продолжены эксперименты по изучению влияния внешнего давления на самоорганизующиеся мицеллярные системы на основе $\text{C}_{14}\text{DMAO/C}_{14}\text{TMABr}$, с целью поиска новых необычных состояний этих систем.

На СПН-1 проведены исследования высокотемпературных сверхпроводников в смешанном состоянии [6]. Обнаружена аномальная зависимость депаризации от магнитного поля вблизи сверхпроводящего перехода [7]. Начаты эксперименты по исследованию отражающих свойств магнитных периодических мультиструктур, построенных из слоев ^{56}Fe и ^{57}Fe . Ожидается, что такие слои могут быть эффективным монохроматором нейтронов.

Проведены рефлектометрические эксперименты с новым типом композитных материалов — полимерными ламеллярными структурами с включениями $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ -частиц, имеющих размеры около $40\text{ \AA}$. Целью исследования является получение данных о распределении включений в структуре и о возможном нарушении ламеллярности.

Завершен этап изучения (совместно с Университетом в Майнце, ФРГ) с помощью нейтронной рефлектометрии процесса образования многослойных полиионных пленок, получаемых осаждением из солевого раствора электролита. Полученные нейтронные данные убедительно доказали периодичность полимерных структур, получаемых этим абсолютно новым способом [8].

На спектрометре КДСОГ измерены колебательные спектры высокодисперсного SiO_2 в двух модификациях: гидроксильированный (насыщенный поверхностными ОН-группами) и силицированный (ОН-группы частично заменены на CH_3 -группы).

Показано, что в отличие от ИК-спектров нейтронные спектры этих двух модификаций сильно не совпадают друг с другом, что объясняется присутствием торсионных колебаний CH_3 -групп, хорошо различаемых с помощью рассеяния нейтронов. Эта новая информация позволяет правильно моделировать макроскопические свойства названных соединений.

Исследования спектров неупругого рассеяния нейтронов на различных модификациях льда, полученных путем комбинаций режима охлаждения и наложения внешнего давления, были проведены на спектрометрах обратной геометрии КДСОГ и НЕРА. Эта информация важна для лучшего понимания свойств простых жидкостей.

В совместном эксперименте с РНЦ КИ исследовалось динамическое взаимодействие структурных компонентов соединения $\text{La}_2\text{CaCuO}_6$, которое является базовым для лантансодержащих высокотемпературных сверхпроводников. Были измерены плотности фоновых состояний базового соединения и соединений, составляющих его слоевую структуру: La_2CuO_4 и CaCuO_2 . С хорошей степенью точности фоновый спектр базового соединения оказался суммой спектров структурных составляющих, что говорит о слабости взаимодействия слоев между собой. Эти данные важны для теоретического моделирования свойств высокотемпературных сверхпроводников.

На спектрометре ДИН-2К продолжались экспериментальные исследования зависимости структуры спектра возбуждений квантовых жидкостей от температуры. Интерпретация полученных данных оказалась весьма непростой, поэтому одновременно велась расчетная работа по выбору модели аппроксимации структурного динамического фактора жидкого гелия. Поскольку конкретная модель оказывает значительное влияние на определяемые параметры однофононного рассеяния, ее выбор становится принципиально важным. Получены данные о том, что предпочтительной является модель затухающего гармонического осциллятора.

Теоретические исследования в ЛНФ ориентированы на формирование научной программы. В частности, начата разработка нового направления по изучению структурных и сверхпроводящих свойств соединений на основе фуллеренов [9,10].

Методические работы. В течение года на многих спектрометрах были проведены работы по их дальнейшему развитию.

Осуществлена комплексная настройка всех элементов рефлектометра REFLEX-P (включая электронику), а также выполнены измерения его основных физических параметров. На основании полученных данных во время летней остановки ИБР-2 была проведена некоторая корректировка взаимного расположения коллиматоров и нейтронно-оптической поляризующей системы. После дополнительных тестовых экспериментов REFLEX-P будет сдан в регулярную эксплуатацию в 1996 году.

На спектрометре СПН-1 проведены проверки новых оптических элементов: прямого и изогнутого соллеровских поляризаторов, а также суперзеркала. Все элементы оказались пригодными для дальнейшей эксплуатации, на их основе возможно расширение рабочей области длин волн в 2—3 раза. Кроме того, новые оптические элементы использовались для проверки режима измерения неупругого рассеяния поляризованных нейтронов в интервале энергий от 3 до 50 мэВ.

На дифрактометре высоких давлений ДН-12 [11] проведены испытания второго детекторного кольца, предназначенного для работы с охлаждаемым Ве-фильтром и графитовыми монохроматорами для анализа энергии неупруго рассеянных нейтронов. Для этого же дифрактометра начато изготовление зеркального нейтроновода, монтаж которого на пучке предполагается в середине 1996 года.

На фурье-дифрактометре ФДВР началась эксплуатация 20-элементного детектора при угле рассеяния 90° , разрешающая способность которого по межплоскостному расстоянию составляет $\sim 0,003$. Этот детектор позволит существенно расширить рабочий интервал d_{hkl} при исследованиях сложных структур, но в основном он предназначен для экспериментов по изучению внутренних напряжений в объемных изделиях с целью неразрушающего контроля промышленных изделий.

Большой объем методической работы выполнен на спектрометре НСВР. При этом появились новые возможности для проведения экспериментов на спектрометре, радикально улучшилась организация процесса накопления данных и их предварительной обработки. Новые возможности проведения экспериментов включают EPSILON setup, позволяющий вести анализ внутренних напряжений в объемных изделиях. Введенный в действие специализированный гониометр позволяет вращать образец вокруг вертикальной оси (точность поворота лучше чем $0,0025^\circ$) и осуществлять хуз-транс-

ляции с точностью не хуже чем 0,0025 мм. Электроника управления экспериментом и накопления данных на НСВР в 1995 году переведена на стандарт VME, работает под управлением системы OS-9/XWINDOW и позволяет использовать все преимущества многозадачного режима и работы в сети.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Экспериментальные исследования. В течение 1995 года проводились эксперименты по изучению нарушения симметрии фундаментальных взаимодействий, электромагнитных свойств нейтрона. Проведен ряд исследований в области физики деления, исследований высоковозбужденных состояний ядер, реакций с вылетом заряженных частиц (в том числе связанных с проблемами астрофизики). В течение года велись работы по модернизации существующих экспериментальных установок и созданию новых. Измерения проводились на пучках ИБР-30 и ИБР-2, а также с использованием нейтронных источников ряда центров России, Германии, США, Китая и Франции.

Первое измерение P -нечетного эффекта в пропускании неполяризованных нейтронов через продольно поляризованную мишень ^{139}La . Эксперимент [12] был выполнен на установке ПОЛЯНА

В завершающую стадию вступил проект SKAT, предусматривающий полную замену существующей детекторной системы НСВР на новую, наиболее полно адаптированную для измерения полюсных фигур от текстурированных образцов.

ЛНФ ОИЯИ. Образец ^{139}La весом 2 кг поляризовался методом «грубой силы» в криостате с растворением ^3He - ^4He с внешним магнитным полем 1 Тл. При температуре 0,07 К была достигнута ядерная поляризация $f_N = 0,0065$. Эффект пропускания ε_N представлен на рис.1. Из экспериментальных данных получена оценка для величины нарушающего четность матричного элемента слабого взаимодействия — $w_{sp} = (3,6 \pm 1,2)$ мэВ.

Это исследование было выполнено в рамках планирования эксперимента по поиску нарушения временной инвариантности P -нечетным, T -нечетным взаимодействием, которое приводит к появлению в полном сечении взаимодействия поляризованных нейтронов с поляризованной мишенью корреляции $s[k \times I]$, где s, k, I — спин нейтрона, его импульс и спин ядра соответственно.

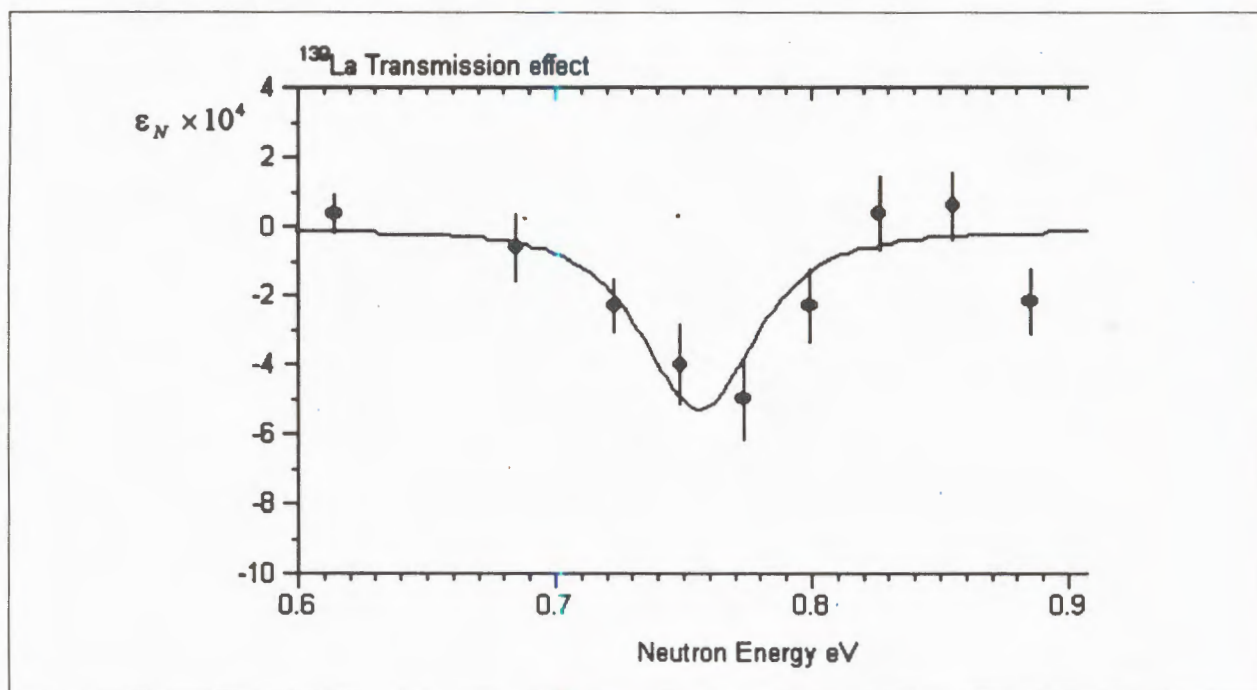


Рис.1. Эффект пропускания неполяризованных нейтронов через продольно поляризованную мишень ^{139}La

Нарушение пространственной четности: эксперименты коллаборации TRIPLE. Коллаборацией TRIPLE: LANL (Los Alamos), JINR (Dubna), KYOTO University, TUNL (Durham), TRIUMF (Vancouver), DELFT Technology University продолжены измерения эффектов нарушения пространственной четности в нейтронных резонансах ядер с $A \sim 100$ с целью изучения массовой зависимости матричного элемента слабого взаимодействия. Эксперименты проводились на продольно поляризованном пучке резонансных нейтронов импульсного источника LANSCE в области энергий до 2000 эВ. Методами пропускания и регистрации γ -лучей радиационного захвата измерялась спиральность асимметрия резонансного сечения для мишеней ^{106}Pd , ^{108}Pd , Sb, Cs, I. Эффекты нарушения четности обнаружены [13] во многих резонансах во всех исследованных ядрах. Начат анализ полученных данных. Анализ эффектов в 34 p -волновых резонансах ^{115}In с энергией до 300 эВ, измеренных ранее, дал значение матричного элемента $M(^{115}\text{I}) = 0,59^{+0,25}_{-0,15}$ мЭВ. В совокупности с другими данными для $A \sim 110$ и $A \sim 230$ этот результат указывает на примерное постоянство матричного элемента для ядер с одинаковой плотностью уровней. Разработан и практически реализован статистический метод получения матричного элемента из резонансных данных с неполной спектроскопической информацией о спинах и параметрах смеси каналов.

Исследование электромагнитных свойств нейтрона. Завершено [14] начатое в 1995 году прецизионное измерение полного нейтронного сечения σ_t на изотопной мишени ^{208}Pb . В анализе полученных σ_t для учета далеких s -резонансов был введен дополнительный параметр h , придающий радиусу рассеяния энергетическую зависимость в виде $R' = R'_0 - hE$ и выражающийся суммой по всем не учтенным прямо резонансам. Полученное неожиданно большое значение $h > 10^{-6}$ фм/эВ заставило снова обратиться к тщательному анализу σ_t для ^{208}Pb , измеренного ранее в Ок-Ридже и давшего результат $n = (1,20 \pm 0,15) \cdot 10^{-3}$ фм³ только по коэффициенту a разложения:

$$\sigma(k) = \sigma(0) + ak + bk^2 + ck^4. \quad (1)$$

В результате сравнения «математической» формулы (1) с физической [15]

$$\sigma(E) = \frac{4\pi}{k^2} \sin^2 [-k(R'_0 - hE + a_p Q)] + \frac{12\pi}{k^2} \sin^2 \delta_1 \quad (2)$$

к отмеченным ранее недостаткам (1) добавились еще два: отсутствие в сечении вклада p -волны (дефицит коэффициента c в (1)) и пренебрежение членом сечения с k^3 , зависящим только от α_n и составляющим при $E = 40$ кэВ $\sim 12\%$ от члена ak . Что же касается параметра h , то обработка окриджских данных с помощью выражения (2) дает для него $h = (20,4 \pm 0,3) \cdot 10^{-7}$ фм/эВ. Для сравнения: сильнейший (он же ближайший) резонанс ^{208}Pb с $E_0 = 507$ кэВ, $\Gamma_n^{(0)} = 74$ эВ дал бы только $h = 6,6 \cdot 10^{-7}$ фм/эВ. Таким образом, нужно констатировать наличие, по крайней мере, одного сильного неизвестного ранее резонанса. «Опробование» на эту роль единственного $1/2^\pm$ уровня ниже энергии связи нейтрона в ядре ^{209}Pb (отрицательный резонанс с $E_0 = -1,9$ МэВ) приводит при $h = 0$ к $\alpha_n = (2,08 \pm 0,19) \cdot 10^{-3}$ фм³ и ширине резонанса $\Gamma_n^{(0)} = (2640 \pm 30)$ эВ. Для сравнения: вигнеровский предел ширины (при радиусе ядра 8 фм) составляет ~ 2300 эВ. Подводя итог, надо сказать, что для точного определения α_n нужно либо искать одновременно k - и k^3 -составляющие $\sigma_t(k)$, либо получить дополнительную информацию о неизвестных s -резонансах ^{208}Pb .

Исследование высоковозбужденных состояний ядер. Были продолжены эксперименты по изучению каскадного распада тяжелых ядер на пучке тепловых нейтронов реактора ИБР-30. Изучены [16] γ -каскады, разряжающие компаунд-состояния ядер ^{198}Au , ^{192}Ir , ^{125}Te . В рамках международной коллаборации (Мюнхен — Гренобль — Дармштадт — Рига) построены [17] максимально полные и достоверные схемы распада этих ядер до энергии возбуждения $2 + 3$ МэВ. Продолжался анализ энергетических распределений интенсивностей каскадов с целью изучения свойств уровней в диапазоне энергий возбуждения ядер от нуля до энергии связи нейтрона. Показано, что наблюдавшиеся ранее эквидистантные «полосы» для интенсивных каскадов могут быть линейно связаны с числом бозонных пар в незаполненных нуклонных оболочках, что позволяет интерпретировать этот экспериментальный факт в рамках модели взаимодействующих бозонов как проявление фононных возбуждений ядер.

На установке «Ромашка» продолжались исследования радиационного захвата на изотопах ^{113}In , ^{115}In , ^{116}Sn , ^{117}Sn , ^{127}I , ^{175}Lu . Кроме определения параметров s -волновых резонансов, идентифици-

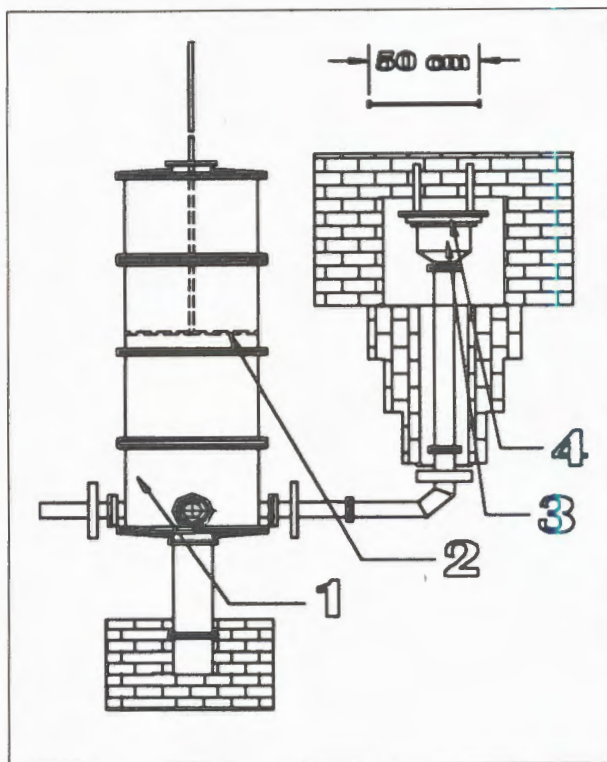


Рис.2. Блок-схема установки для поиска слабого нагрева ультрахолодных нейтронов

ровались p -волновые резонансы (^{116}Sn , ^{117}Sn) и определялись их спины. Методом спектрометрии множественности в реакции $^{177}\text{Hf} + n$ измерены неизвестные ранее спины 180-резонансов [18] Hf в области энергии нейтрона $300 + 700$ эВ.

Методические работы. Сооружение установки УГРА. Вакуумная камера с поворотной платформой доставлена из ОП ОИЯИ и смонтирована на базе 250 м нейтронного канала №6 ИБР-30 вместе с механизмом перемещения образцов и двумя блоками защиты детекторов. Установка готовится к тестовым измерениям.

Модернизация установки «Ромашка». Цель этой работы — перевести «Ромашку» в класс мини — «Crystal-Ball». Подписан Протокол № 2877-4-95/96 о сотрудничестве с БРВ «Физика» Болгарской Академии наук и вместе со специалистами БРВ сконструирована механическая часть новой установки. Подготовлен к заключению контракт о ее изготовлении за счет вноса Болгарии в ОИЯИ. Введены в эксплуатацию два новых измерительных модуля.

Модернизация установки выстроенных ядер для исследования угловой анизотропии осколков деления ^{235}U . Запущен новый рефрижератор, обеспечивающий непрерывное поддержание температуры 0,1 К на образце, установлены новые мо-

нокристаллы уран-рубидиевого нитрата, дающие двугорбое распределение осколков, смонтированы имплантированные Si-детекторы.

Исследования квантовых нестационарных явлений в нейтронной оптике. Закончено создание прототипа гравитационного спектрометра УХН с интерференционными фильтрами. Проведен первый цикл тестовых экспериментов на реакторе ИР-8 в РНЦ КИ. Параллельно совместно с НЭОФКС ведется работа по исследованию характеристик интерференционных фильтров на реакторе ИБР-2 методом нейтронной рефлектометрии и на ЭГ-2 методом резерфордского рассеяния. Продолжается подготовка к эксперименту по наблюдению динамического многолучевого отражения нейтронов при отражении от ферромагнитного зеркала, перематываемого на высокой частоте. Создана система генерации высокочастотного поля с частотой 10 МГц и напряженностью порядка 10 Гс.

Создание установки для поиска слабого нагрева ультрахолодных нейтронов. В 1995 году в коллаборации с ПИЯФ (Гатчина, Россия) создана и смонтирована на пучке УХН в ИЛЛ (Гренобль, Франция) установка (рис.2), состоящая из спектрального фильтра — объема хранения (1) с переменным по высоте поглотителем (2), позволяющая регистрировать ультрахолодные нейтроны, нагретые на образце (3) площадью до 2 м^2 . Регистрация осуществляется газовым детектором (4) на основе ^3He с переменной эффективностью. Камера с образцом и детектор окружены защитой из кадмия и борированного полиэтилена. Фон детектора, заполненного до давления 400 торр ^3He — что соответствует эффективности 50% для тепловых нейтронов — составил $0,02 \cdot \text{с}^{-1}$. Ожидаемый эффект при площади фольги-образца 1 м^2 и плотности УХН на образце $\sim 1 \cdot \text{см}^{-3}$ даст интенсивность $\sim 1 \cdot \text{см}^{-1}$ в случае, если вся аномалия в хранении УХН объясняется «слабым» нагревом. Измерение зависимости счета детектора от давления ^3He дает возможность восстановить спектр нагретых нейтронов. Измерения могут быть проведены при температуре образца от -195°C до 400°C . Такие же температуры может иметь и детектор нагретых нейтронов. Отличие новой установки от предшествующих в том, что ее конструкция позволяет регистрировать нагретые нейтроны, начиная с энергии $\sim 100 \text{ нэВ}$ (5 м/с), — это дает возможность проверить гипотезу о «слабом» нагреве УХН (нагреве до энергий $< 5 \cdot 10^{-5} \text{ эВ}$) как возможной причине аномалии во времени хранения УХН в экспериментах с различными веществ-

венными ловушками. Сочетание возможностей установки и рекордного потока УХН на источнике

ИЛЛ дает основания на однозначную проверку этой гипотезы.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прикладные исследования на ИБР-2 велись по следующим направлениям:

Нейтронный активационный анализ. В 1995 году проводились главным образом аналитические работы, связанные с решением задач в области охраны окружающей среды. В результате биомониторинга некоторых промышленных районов Кольского полуострова в сотрудничестве со специалистами Кольского научного центра Института промышленной экологии Севера выявлены мощные источники загрязнения окружающей среды редкоземельными элементами наряду с традиционными элементами-загрязнителями, присущими данному региону. В 1995 году завершен этап работ, проводимых совместно с Институтом литосферы РАН по изучению водных экосистем бассейнов рек Волги и Оки. В этом году начато сотрудничество с Институтом химической кинетики и горения СО РАН (Новосибирск) по многоэлементному анализу атмосферных аэрозолей некоторых регионов Сибири. Получены первые результаты по двум регионам Сибири — озера Байкал и Карасук.

Радиационные исследования. Исследовались неравновесные процессы под воздействием γ -излучения в кристаллах радиационно стойкого полупроводникового детекторного материала TlInSe_2 . Совместно с ЛЯП начаты испытания на радиационную стойкость детекторов в рамках программы АТЛАС.

НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Импульсный реактор ИБР-2. С 27 марта 1995 г. реактор начал плановую работу с новым подвижным отражателем ПО-2Р, который является третьим по счету с начала эксплуатации установки. Его конструкция не отличается от предыдущего подвижного отражателя, однако обладает более развитой системой диагностики состояния и контроля параметров. Подвижный отражатель обеспечивает импульсный режим работы реактора с частотой модуляции реактивности 5 и 25 Гц. Скорость вращения вала основного отражателя (ОПО)

Созданные на базе GaAs-технологии предусилители и сумматоры испытаны на пучке быстрых нейтронов реактора ИБР-2. Нейтронный флюенс около $2 \cdot 10^{14}$ нейтрона на см^2 оказался критическим для тестируемой электроники. Это показывает, что созданная электроника может быть использована для адронной калориметрии в эксперименте АТЛАС.

Научно-методические и технологические разработки. Подготовлено и сдано в КБ техническое задание на проектирование установки для облучения образцов в вертикальных каналах водяного замедлителя. Создана экспериментальная и технологическая база для исследований полупроводников в рамках проекта «Дефектообразование в сильноанизотропных полупроводниковых кристаллах», планируемых на 1996—1998 гг. В связи с модернизацией установки по измерению выхода запаздывающих нейтронов на урановых и трансурановых ядерных мишенях (работы проводятся совместно с НЭОФЯ ЛНФ) прецизионно отъюстирован изогнутый зеркальный нейтронный провод, что позволило в 4 раза увеличить поток тепловых нейтронов на выходе.

Совместно с Институтом неразрушающих методов контроля в Саарбрюкене (Германия), на фурье-дифрактометре высокого разрешения проведены первые эксперименты по определению внутренних напряжений в композитных материалах.

составляет 1500 об/мин, дополнительного (ДПО) — 300 об/мин.

В 1995 году завершены работы по оценке ресурса корпуса реактора, твэлов и ТВС активной зоны. Подготовлено решение на продление эксплуатации СУЗ реактора до 31 декабря 1996 г. с возможностью ее дальнейшего продления. Разработана концепция модернизации реактора ИБР-2 в период с 1995 по 2005 г.

В 1995 г. продолжались работы по созданию штатного криогенного замедлителя (КЗ) для ИБР-2. В I полугодии был выполнен рабочий проект КЗ с

учетом результатов экспериментов, проведенных в 1994 году с опытным образцом, заключены договоры с НИКИЭТ и другими организациями на изготовление КЗ, исследование полей деформации и напряжений, метрологическое обеспечение КЗ. К сожалению, темп работ сдерживался из-за несвоевременного финансирования.

Бустер ИБР-30. В 1995 году установка ЛУЭ-40+ИБР-30 отработала 1980 часов. Семь нейтронных пучков использовались для испытания отдельных узлов и систем ИРЕН, для реализации научной программы по нейтронной ядерной физике, а также для облучательных работ по проекту АТЛАС; в работе был задействован зал реактора ИБР-30. После испытаний на ИБР-30 установлен электрон-нейтронный конвертер новой конструкции, что позволило существенно понизить температуру конвертера.

Проект ИРЕН. В соответствии с рекомендацией 77 сессии Ученого совета ОИЯИ дирекцией Института утвержден план-график реализации проекта ИРЕН на 1995 год. Специальным приказом установлен порядок финансирования работ по проекту, выполняемых в лабораториях ОИЯИ. В связи с недостаточным наполнением бюджета и нерегулярным поступлением взносов стран-участниц ОИЯИ не удалось обеспечить финансирование работ согласно утвержденному плану-графику, что привело в итоге к сдвигу срока окончания выполнения проекта ИРЕН на конец 1998 года.

Тем не менее, в 1995 году удалось начать работы по договору с ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск), связанные с изготовлением ускорительных секций, группирователя и системы удвоения ВЧ-мощности.

РМИР (Санкт-Петербург) закончил работы над проектом реконструкции модуляторов М-250 — ОЛИВИН — в М-350, пригодных для клистронов типа 5045, которые в качестве штатных приняты для линака ИРЕН. Первый комплект оборудования станций ОЛИВИН доставлен из Еревана в Дубну. Силами ЛНФ ОИЯИ начат монтаж стенда модулятора М-350 в зд. 118. МИФИ совместно с ПО «Исток» (г. Фрязино) завершил изготовление элементов ВЧ-фидера. Проводятся холодные испытания фидера. В ЛЯП ОИЯИ закончено проектирование и моделирование системы магнитной фокусировки ускорителя. Коллаборация ЛЯП — ЛВЭ — ЛСВЭ — ИЯФ СО РАН завершила разработку и согласование технического задания электронного источника. Изготовлен ряд узлов системы ВЧ-питания. Совместно с ГСПИ разработано техническое задание на общий проект электронного ускорителя в зд. 43. НИКИЭТ совместно с ОИЯИ доработал и сдал технический проект размножающей мишени с улучшенными характеристиками нейтронного импульса. ПО «Маяк» начал изготовление твэлов на основе сплава плутония. По проекту ВНИИНМ начато изготовление комплектующих к твэлам — специальных тонкостенных труб из нержавеющей стали, тантала и других конструкционных элементов. На комплексе ЛУЭ-40+ИБР-30 проведены успешные испытания ряда вариантов принципиально нового электронного конвертера, разработанного для ИРЕН. Результаты испытаний позволяют начать изготовление штатного конвертера для ИРЕН. НИКИМТ (г. Обнинск) подготовил техническое задание на демонтаж ИБР-30.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЛНФ

В 1995 году в сеть включены пять новых рабочих станций (одна SPARCstation-5 и четыре SPARCStation-20), четыре X-терминала, четыре черно-белых и два цветных сетевых принтера, установленных в основных зданиях лаборатории. Выполнены работы по оптимизации локальной сети: выделены центральный сегмент, где располагаются основные серверы и рабочие станции с программным обеспечением общего пользования, и два сегмента отделов НЭО ФКС и НЭО ФЯ, ориентированные на обслуживание компьютеров, обеспечивающих проведение экспериментов, анализ и обработку данных на спектрометрах реакторов ИБР-2 и ИБР-30 соответственно.

На машинах SUN-кластера установлен FAX-сервер и три модема, которые обеспечивают доступ к компьютерам сети через телефонные линии. Подключена архивная система JukeBox на лазерных дисках общей емкостью 40 Гбайт и установлено фирменное программное обеспечение. На двух мощных рабочих станциях поставлен пакет для анализа и графического представления данных PV-Wave. Созданы программные средства для преобразования использующихся в настоящее время форматов данных на действующих спектрометрах в формат, позволяющий работать с этими данными в PV-Wave. Кроме того, для машин SUN адаптирован разработанный в RAL пакет Open GENIE, также

предназначенный для обработки и визуализации спектров. Приобретены и установлены пакеты программ Viewlogic и ALTERA для автоматизации проектирования электроники.

Наряду с работами по текущей модернизации и эксплуатации измерительных модулей спектромет-

ров выполнены разработки ряда электронных блоков и программных продуктов для нового поколения систем автоматизации экспериментов, базирующихся на использовании аппаратуры в стандарте VME и рабочих станций SPARCStation, включенных в сеть ETHERNET.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Действующий проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ЛНФ достаточно полно отражает все многообразие связей, установившихся с многочисленными центрами в странах-участницах и странах-неучастницах ОИЯИ. Один из показателей уровня этих связей — визиты 54 ученых из стран-неучастниц в ЛНФ в 1995 году.

В прошедшем году успешно развивались международные программы. В рамках программы долгосрочных грантов в Международном научном фон-

де (фонд Сороса) ЛНФ получила 8 грантов, в Российском фонде фундаментальных исследований — 14 грантов, в фонде Министерства науки РФ — 3 гранта, в фонде INTAS — 3 гранта.

Участие ЛНФ в российских национальных программах имело дальнейшее развитие. В дополнение к финансированию в рамках Российского фонда фундаментальных исследований в отчетном году продолжалось финансирование ЛНФ по Государственной научно-технической программе России «Нейтронные исследования вещества» (руководитель В.Л.Аксенов).

ОБРАЗОВАНИЕ

Успешно проходил процесс обучения студентов Учебно-научного центра (УНЦ) ОИЯИ, специализирующихся по тематике кафедры физики конденсированных сред (зав. кафедрой В.Л.Аксенов), для которой ЛНФ является базовой лабораторией. Основанная в 1991 г. как филиал кафедры физики твердого тела Московского инженерно-физическо-

го института, кафедра ФКС УНЦ в начале 1996 года осуществит 4-й выпуск студентов. 9 выпускников кафедры работают в лаборатории. Этот приток в заметной степени омолодил коллектив научно-экспериментального отдела физики конденсированных сред ЛНФ. В 1996 г. в ЛНФ будет распределено 2 человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aksenov V.L. et al. — *High Press. Res.*, 1995, v.44, p.127.
2. Balagurov A.M. et.al. — «Precision Neutron Diffraction Study of $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+y}$ Structure». (Submitted to *Physica C*).
3. Balagurov A.M. et.al. — «Neutron Diffraction Study of Phase Separation Phenomenon in $\text{La}_2\text{CuO}_{4+y}$ ». (Submitted to *Physica C*).
4. Balagurov A.M., Mironova G.M., Fuess H. — «Time-Resolved Neutron Scattering Study of Copper Oxidation», In: *Proceedings of ECM-16, 1995, Lund, Sweden*.
5. Gorsky N. et.al. — *Deutsche Neutronenstreutagung'95, Reinstorf/Luhenberg, 1995*, p.86.
6. Aksenov V.L., Dokukin E.B., Nikitenko Yu.V. — *Physica B*, 1995, v.213/214, p.100.
7. Аксенов В.Л. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1995, т.61, с.294.
8. Korneliev D.A. et.al — *Physica B*, 1995, v. 213, p.954.

9. Аксенов В.Л., Осипьян Ю.А., Шахматов В.С. — *Письма в ЖЭТФ*, 1995, т.62, сс.417-421.
10. Александров А.С., Кабанов В.В. — *Письма в ЖЭТФ*, 1995, т.62, с.920.
11. Aksenov V.L. et al. — *High Press. Res.*, 1995, v.14, p.181.
12. Alfimenkov V.P. — *JINR Preprint*, E3-95-244, Dubna, 1995.
13. Bowman J.D. et al. — *Chinese Journal of Physics*, 1995, v.32, p.989.
14. Enik T.L. et al. — In: *Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics*, JINR, E3-95-307, Dubna, 1995, p.238.
15. Koester L. et al. — *Phys.Rev.C*, 1995, v.51, N6, p.3363.
16. Georgii R. et al. — *Phys. Lett.*, 1995, v.B351, p.82.
17. Georgii R. et al. — *Nucl. Phys.*, 1995, v.A592, p.307.
18. Алфименков В.П. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58(5), с.799.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В соответствии с решениями Ученого совета ОИЯИ и рекомендациями программно-консультативных комитетов основные усилия коллектива лаборатории в 1995 году были направлены на решение следующих задач:

- сопровождения и развития сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ;
- разработки проекта развития сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ на 1996—1998 гг. (проект CONET-96/98); участия в разработке и реализации межведомственной программы:

«Создание национальной сети компьютерных телекоммуникаций для науки и высшей школы» (1995—1998 гг.);

- в исследованиях по проблемам вычислительной и математической физики;
- разработки математического обеспечения экспериментов в области физики высоких энергий;
- компьютерной, сетевой и программной поддержки Учебно-научного центра ОИЯИ;
- развития международного сотрудничества ЛВТА.

СЕТЕВАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

Несмотря на ряд трудностей, обусловленных отставанием возможностей сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ от быстро растущих потребностей экспериментальных и теоретических исследований, а также финансовыми трудностями, было обеспечено ее функционирование и даже некоторое развитие.

Данные об использовании центральных вычислительных серверов лабораториями Института приведены в таблице.

Центральные серверы

В 1995 году расширен состав центральных серверов ОИЯИ за счет:

- распределенного кластера рабочих станций на базе SUN SPARC20, необходимого для развертывания работ по проектам CMS и ATLAS;
- NICE-сервера, обеспечившего опытную эксплуатацию системы NICE в ОИЯИ. В настоя-

Таблица. Использование центральных вычислительных серверов ОИЯИ подразделениями Института (в часах)

	ЛВТА	ЛЯП	ЛТФ	ЛВЭ	ЛСВЭ	ЛЯР	ЛНФ	Прочие	Всего
CONVEX-кластер	4684	1420	927	1708	1522	421	1028	129	11839
VAX-кластер	1798	1917	159	3324	928	81	136	323	8666
ЕС-комплекс	4800	2377	1092	4010	177	1784	51		14291

щее время зарегистрировано 65 пользователей этой системы из всех лабораторий Института.

В состав центральных серверов, помимо уже указанных, входят:

- кластер интегрированных векторно-параллельных машин CONVEX-220 и CONVEX-120 с пиковой производительностью около 120 Mflops;
- кластер из трех двухпроцессорных ЭВМ типа VAX производительностью 17Mips;
- многомашинный комплекс ЕС ЭВМ производительностью 14 Mips.

В начале года из эксплуатации была выведена ЭВМ CDC-6500. В связи с этим произведен перевод программ ряда групп физиков с этой ЭВМ на ЭВМ ЕС, VAX и персональные компьютеры.

Локальная сеть ОИЯИ

Интенсивно развивалась локальная сеть ОИЯИ на базе ETHERNET. Эта сеть в настоящее время представляет собой достаточно сильно разветвленную структуру, состоящую из более чем сотни сегментов. Только в этом году к ней было подключено около 500 компьютеров. Общее число компьютеров, включенных в сеть, около 1700. В последнее время наблюдается достаточно высокая загрузка сети ETHERNET, в частности на сегменте ЛВТА. Обычная текущая загрузка — порядка $10 + 25\%$,

пиковая достигает $40 + 50\%$. В дальнейшем можно ожидать еще большего увеличения загрузки сети.

Передающая среда сети — двух типов: волоконная оптика (между зданиями) и тонкий коаксиальный кабель. Ветвление сети в основном производится при помощи репитеров и простых концентраторов. Логическое деление сегментов производится пятью бриджами (они отделяют крупные лабораторные сегменты от общего сегмента); имеется также несколько подсетей, где роль роутеров-разделителей играют PC или SUN Station.

Столь бурное развитие сети в 1995 году привело к практическому исчерпанию ее возможностей и необходимости ее реконструкции. В связи с этим был разработан соответствующий проект и начаты работы по его реализации.

Каналы связи ОИЯИ с INTERNET

В 1995 году введен в эксплуатацию наземный цифровой 64 К-битный канал связи до узла INTERNET в Москве. Таким образом, ОИЯИ имеет в настоящее время два спутниковых и один наземный канал связи с INTERNET (рис.1). Введен в эксплуатацию CISCO-маршрутизатор, который позволяет производить автоматическое переключение потока информации между каналами в случае отказа в работе какого-либо из них. Эти меры позволили существенно повысить надежность связей ОИЯИ с внешним миром. Созданы программные средства, которые через удобный пользовательский

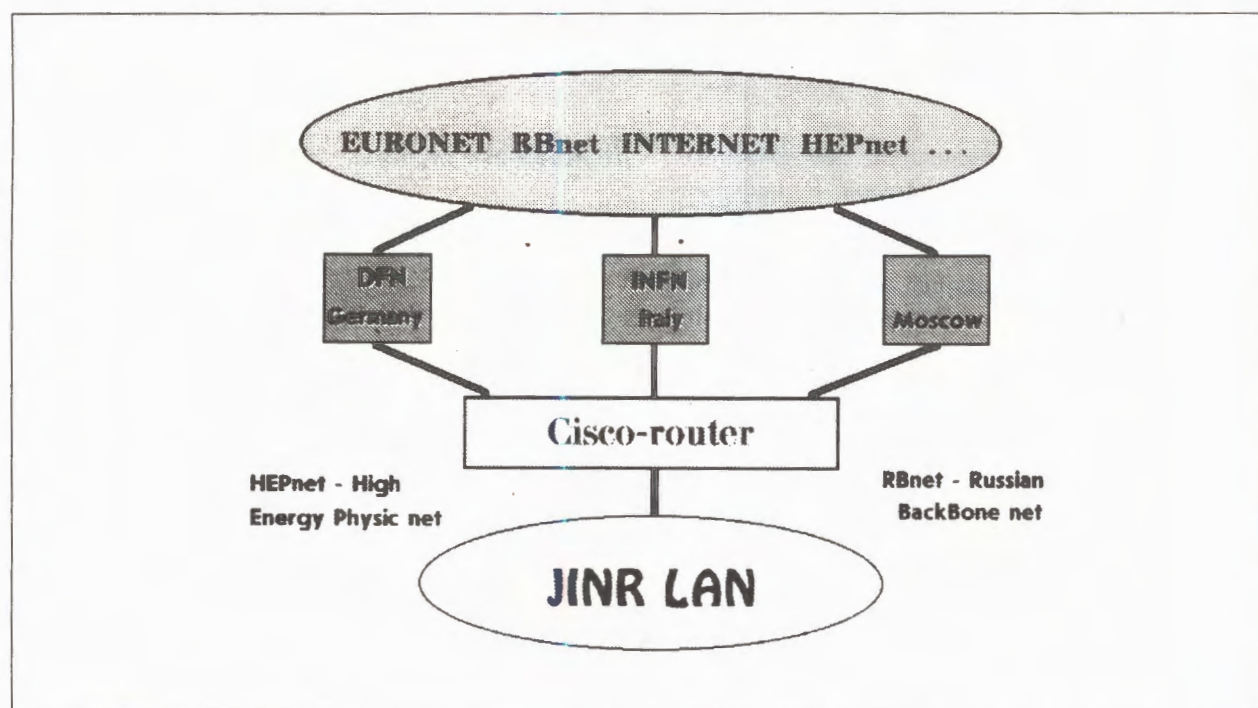


Рис. 1. Каналы связи ОИЯИ с INTERNET

интерфейс позволяют получать статистику о работе каналов связи за любой период. Средний трафик достиг в конце года около 1 Гбайта информации в день, причем выходной трафик превышает входной.

Программное обеспечение

В ОИЯИ начато внедрение нового поколения операционных систем: WINDOWS NT и WINDOWS 95.

Продолжались работы по адаптации библиотеки программ CERNLIB на платформы MS-DOS, WINDOWS NT, LINUX, а также по поддержке библиотеки MATHLIB на всех платформах. Наряду с традиционными работами по сопровождению и развитию на центральных вычислительных серверах библиотек ЦЕРН и различных программных систем производилось освоение программных систем для новых экспериментов на LHC (DICE, ATRECON, DICE'96), внедрение новых методов в практику физического эксперимента. Так, например, совместно с ЛЯП развивалась методика применения техники нейронных сетей для решения задач калориметрии. Была решена задача повышения эффективности разделения пионов и мюонов в адронном калориметре установки ATLAS с использованием нейросетевых классификаторов в области малых поперечных импульсов.

Информационное обеспечение

В ОИЯИ развернута широкая сеть серверов WWW, обеспечивающая оперативное знакомство мировой научной общественности с Объединенным институтом и проводимыми в нем исследованиями. Сотрудникам лабораторий оказываются консультации по вопросам подготовки гипертекстовой и гипермедиа информации для ее включения в специализированные страницы (разделы) лабора-

торных WWW-серверов. На WWW-серверах сформирована информационная «страница» ЛВТА с обзором основных работ, проектов, направлений исследований и некоторой другой общей информацией. Ведутся разделы: мультимедиа и информация сетевого координационного центра ЛВТА.

Создан интерфейс между системой WWW и СУБД ORACLE [1], который позволяет организовать простой доступ к информации, содержащейся в базе данных (к телефонному справочнику, к информации о журналах в НТБ и т.п.).

По проблемам использования системы WWW в ОИЯИ было проведено рабочее совещание с ответственными за WWW-серверы в лабораториях Института, организован демонстрационный общепрограммный семинар о предоставлении сервиса WWW в ОИЯИ с обзором информации, имеющейся на серверах.

Подготовлены и напечатаны в виде сообщений ОИЯИ: «Руководство для пользователей ЭВМ CONVEK» [2] и «Введение в WWW» [3].

Расширен состав документации по вопросам компьютеризации и программного обеспечения, организована библиотека с книгами и руководствами по современным операционным системам, текстовым редакторам, трансляторам, базам данных, информационно-поисковым системам и т.п. Для сотрудников Института прочитан курс из 9 лекций «Введение в базы данных».

В начале 1995 года совместно с НТБ АСУ ОИЯИ был составлен и к настоящему времени в основном реализован план-график работ по информационному обеспечению автоматизированных рабочих мест Управления ОИЯИ, касающийся как усовершенствования средств сетевого доступа к базам данных, так и широкого спектра проблем управленческой, административной и бухгалтерской деятельности. Продолжалось развитие программно-аппаратных комплексов НТБ и издательского отдела.

ПРОЕКТ РАЗВИТИЯ СЕТЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОИЯИ НА 1996—1998 ГГ.

Разработан проект развития сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ [4] (рис. 2), призванный вывести ее на уровень современных требований и обеспечить поддержку научной программы ОИЯИ адекватными компьютерными, сетевыми, программными и алгоритмическими ресурсами. Проект прошел институтскую и международную экспертизу и был в основном одобрен в лабораториях ОИЯИ и Программно-консультативными комитетами по ядерной физике и физике частиц.

Целью проекта является создание единого информационно-вычислительного пространства ОИЯИ, его кооперантов и институтов стран-участниц на основе развития сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ в соответствии с требованиями научно-исследовательских программ, современными тенденциями в области обеспечения рабочих мест исследователей, свободного доступа к мировым информационным и вычислительным ресурсам.

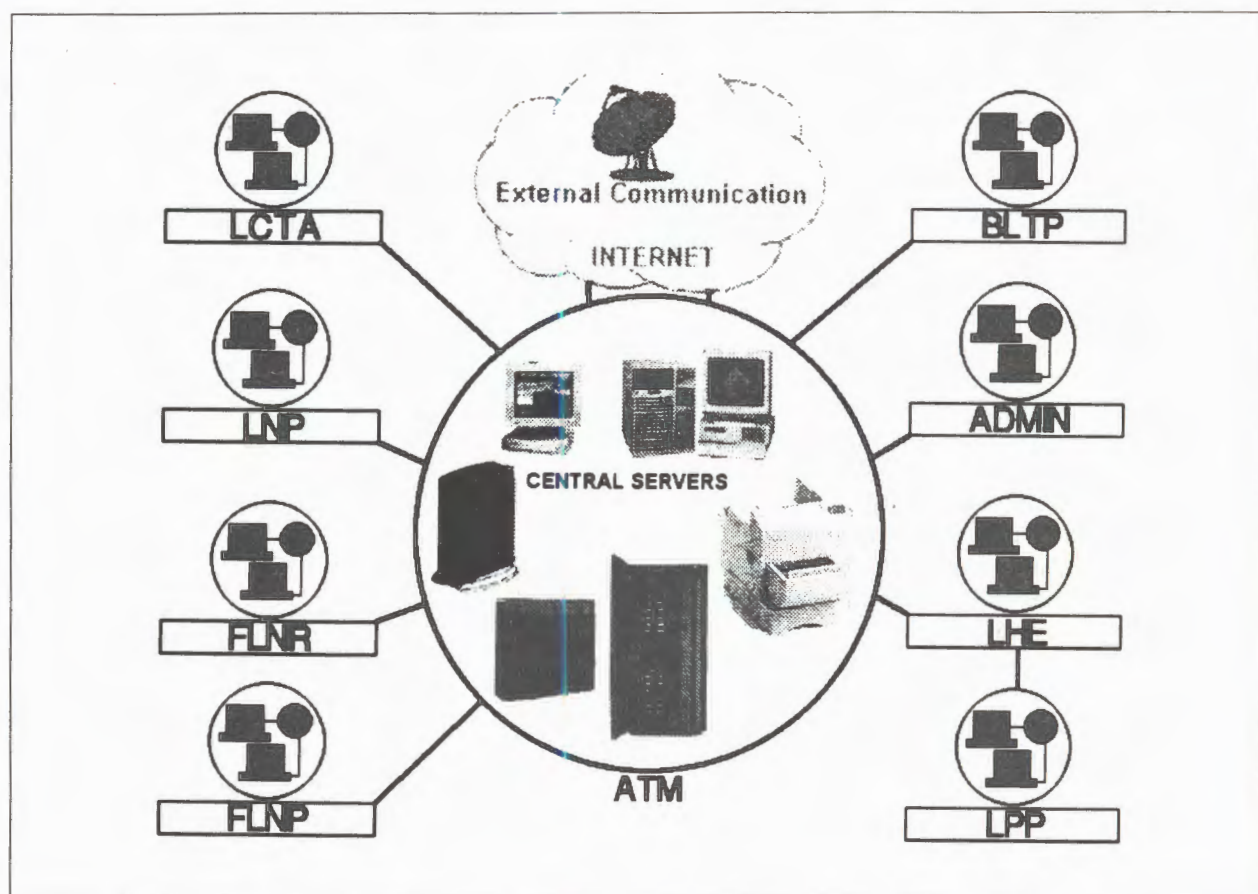


Рис. 2. Предполагаемая схема развития сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ

В рамках проекта предусматривается решение следующих задач:

- создания интегрированной программно-аппаратной компьютерной среды, объединяющей центральные и локальные серверы, кластеры рабочих станций, X-терминалы, персональные компьютеры и другое оборудование;
- развития высокоскоростной локальной сети ОИЯИ, улучшения ее топологии, применения новейших сетевых технологий для оперативного управления сетью и анализа ее работы;
- создания единого информационного пространства ОИЯИ и институтов стран-участниц ОИЯИ на основе INTERNET;
- активного участия ОИЯИ и институтов стран-участниц в системах распределенных вычислений;
- информационного, алгоритмического и программного обеспечения научно-исследовательской программы ОИЯИ и институтов стран-участниц.

Реализация проекта позволит вывести сетевую и информационно-вычислительную инфраструктуру ОИЯИ на уровень современных требований к международному научному центру и обеспечит под-

держку научной программы Института адекватными компьютерным, сетевыми, программными, алгоритмическими и информационными ресурсами, а также откроет новые возможности: распределенной обработки данных, объединения вычислительных ресурсов, оперативной организации телевидеоконференций, доступа к международным базам данных и информационным системам, совместного ведения банков данных, дистанционного обучения.

Создание национальной сети компьютерных телекоммуникаций для науки и высшей школы

Задачи информационного обеспечения научных учреждений и высшей школы находятся сейчас в ряду первоочередных. Для их успешного решения появилась техническая основа в виде локальных и глобальных компьютерных сетей, связывающих основные научные и образовательные центры, базовые средства для обмена информацией и информационные системы.

В середине октября 1995 г. была утверждена межведомственная программа создания национальной сети компьютерных телекоммуникаций для на-

уки и высшей школы России, разработанная на основе соответствующей концепции по инициативе Миннауки, РАН, РФФИ и Госкомвуза. Проекты программы финансируются Министерством науки и РФФИ.

Задача программы — объединить хаотически растущие сети в единую национальную систему, организованную по философии INTERNET.

Национальная сеть должна обеспечивать организациям, подключенным к ней, доступ к банкам данных, по умеренной цене или, по возможности, бесплатный. Поскольку мировое информационное пространство не может существовать «с одной стороны», то в России необходимо развивать мощные информационные центры и банки данных, дополняющие уже существующие.

В связи с этим ЛВТА ОИЯИ было предложено возглавить работы по проекту: «Создание распределенной сети баз знаний в области фундаментальных свойств материи и прикладной ядерной физики» (БАФИЗ-96). Целью этого проекта является создание единого научно-информационного пространства на основе распределенной сети баз знаний в области фундаментальных свойств материи и прикладной ядерной физики, обеспечивающего

единообразный, унифицированный доступ и представление информации на основе сети серверов WWW и реляционных систем баз данных и знаний на русском и английском языках.

Для его реализации свои усилия объединили помимо ОИЯИ шесть физических институтов России:

- Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ (Москва);
- Институт физики высоких энергий (Протвино),
- Институт теоретической и экспериментальной физики (Москва),
- Институт ядерных исследований (Троицк),
- Петербургский институт ядерной физики (С.-Петербург),
- Институт ядерной физики СО РАН (Новосибирск).

Проект прошел соответствующие экспертизы, был одобрен, и для его реализации в конце 1995 г. открыто финансирование.

ОИЯИ принимает участие в этой программе также с проектами развития сетевых коммуникаций.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Математическое моделирование и информационная поддержка

На основе квантовых эволюционных уравнений разработана предсказывающая новые эффекты точно решаемая модель процессов адронизации в высокоэнергетических столкновениях. Создана и протестирована программа на Фортране для расчета перехода радиационной энергии электронов в тепловую энергию колебаний решетки в треках заряженных частиц (в частности, в сверхпроводящих средах). Выполнены расчеты распада ядер в пучках высокоэнергетических ионов [5].

Проведен детальный анализ известных экспериментальных данных и теоретическое сравнение эффективности пучков протонов, дейтронов и тяжелых ионов в процессах генерации нейтронов. Выявлены аспекты, где прежде всего требуется дальнейшее экспериментальное исследование. Большой объем расчетов транспорта частиц в различных мишенях выполнен по методу Монте-Карло, в связи с интерпретацией измерений рождения частиц в малогабаритных мишенях. Разработана программа на Фортране для расчета коэффициента мультипликации K_{eff} в критических электродер-

ных системах [6]. Поддерживалась база данных по адрон- и ядро-ядерным сечениям взаимодействия в системе PPDS.

Алгоритмическое и программное обеспечение теоретических исследований

Разработан метод численного исследования квантовых систем со многими степенями свободы, основанный на приближенном вычислении функциональных интегралов. Получены термодинамические характеристики 3-D бозе-газа. Создан алгоритм вычисления функциональных интегралов, включающий в себя учет идентичности частиц и симметрии волновой функции [7]. Предложен численный метод решения обратной задачи квантовой теории рассеяния, основанный на двух асимптотических регуляризациях. Первая использует асимптотическое поведение фазового сдвига и модуля функции Йоста при больших значениях энергии, вторая — асимптотическое по шагу дискретизации обращение «почти» теплицевой и ганкелевой матриц, что позволило избежать неустойчивой процедуры численного дифференцирования [8].

Получены новые условия квантования асимптотического импульса продуктов двухчастичного распада резонанса [9]. Даны математические постановки граничных задач для уравнений Швингера — Дайсона и Бете — Солпитера в некоторых кварковых потенциальных моделях КХД и КХД-инспирированных кварковых моделях при конечной температуре. Разработаны алгоритмы численного исследования этих моделей [10]. Численно решены LLP уравнения для биполярона [11]. Проведено численное моделирование динамики переноса газа с учетом взаимодействия с активной поверхностью [12].

Разработаны алгоритмы и программное обеспечение, выполнено численное исследование некоторых характеристик теории мюонного катализа и экзотических атомов. Результаты доложены на Международном симпозиуме « μ CF-95» (Дубна). Разработаны алгоритмы и программы для расчета параметров квазиупругого рассеяния некоторых легких экзотических ядер [13]. Численно исследованы явления резонанса субатомной физики [14]. Разработаны программы и численно исследована квазичастичная фононная модель ядра [15].

Компьютерная алгебра

Разработан численно-символьный интерфейс для системы компьютерной алгебры Reduce, позволяющий вызывать программы на Фортране и С из лисповских функций как в режимах интерпретации, так и компиляции, и наоборот, то есть вызывать компилированные и интерпретируемые функции Лиспа из программ, написанных на Фортране и С. В дополнение к этому создан отладчик, позволяющий проводить отладку динамически загружаемых программ в процессе их выполнения [16].

Предложен новый алгоритмический подход универсального характера для инволютивного анализа полиномиальных идеалов и систем нелинейных алгебраических уравнений. В основе подхода лежит новое понятие инволютивного деления мономов. В рамках данного подхода разработан новый эффективный алгоритм для приведения систем нелинейных алгебраических уравнений к инволютивному виду, являющемуся определенной формой базиса Гребнера. Новый метод и алгоритм дает в руки пользователя инструментарий универсального характера для решения нелинейных алгебраических систем [17].

Разработан и реализован на языке С новый алгоритм для работы с конечно представленными алгебрами и супералгебрами Ли. Соответствующий программный пакет может быть использован для решения различных задач теоретической и математической физики, связанных с исследованиями в теории струн, квантовых групп и анализом

интегрируемости нелинейных дифференциальных уравнений [18].

В системе Reduce разработана программа нормализации Биригофа — Густавсона для полиномиальных гамильтонианов [19]. Развита новая алгоритмическая методика вычисления многопетлевых фейнмановских интегралов с массивными частицами и внешними импульсами. Данный метод позволил получить новые научные результаты в следующих актуальных задачах теоретической физики высоких энергий: вычисления трехпетлевых поправок к электрослабому параметру; расчета двухпетлевых поправок к тому же самому параметру с учетом влияния массивных хиггсовских бозонов и массивного топ-кварка; нахождения моментов структурных функций в двухпетлевом приближении с учетом масс частиц [20].

Нелинейные модели в теоретических исследованиях

Для феноменологического описания глюонно-цветовой трубки калибровочного поля в КХД предложена новая модель релятивистской струны с отрицательной жесткостью, свободная от трудностей, имеющих место в стандартной струне Полякова — Кляйнера.

Для новой модели пертурбативно получено выражение линейно-растущего межкваркового потенциала. Показано, что потенциал имеет люшеровскую поправку на больших расстояниях между кварками. В рамках $1/d$ -разложения найдены температурная зависимость эффективного натяжения струны и приближенная температура деконфаймента для малых и умеренных значений температур, значения которых находятся в хорошем согласии с результатами, полученными с помощью метода вычислений Монте-Карло в калибровочных моделях на решетке.

Для больших значений температуры новая модель корректно воспроизводит температурную зависимость эффективного натяжения струны КХД, давая тем самым убедительное свидетельство в пользу отрицательной жесткости адронных струн. Полученные результаты показывают, что предложенная модель релятивистской струны, в отличие от модели Полякова — Кляйнера, приводит к вполне удовлетворительному описанию кварковых сил в КХД [21].

Развита геометрическая методика для калибровочных моделей теории поля [22]. Исследуется геометрическое квантование полей на многообразиях [23]. Исследован случай самоорганизованной критичности. Вычислены критические экспоненты для двумерных абелевых моделей [24].

Новые методы и модели для систем обработки данных

На базе искусственных нейронных сетей, клеточных автоматов, методов деформированных шаблонов были разработаны новые математические методы и алгоритмы для быстрой и надежной обработки экспериментальных данных. Разработанные программы позволили решить следующие задачи: идентификации событий, распознавания треков, отсева фоновой информации. Созданные программы были включены в программное обеспечение обработки экспериментальных данных таких экспериментов, как DISTO, FOBOS [26], SINDRM [27], EXCHARM [28], STAR, CERES/NA-45, ATLAS. Например, робастный алгоритм для быстрой аппроксимации трека окружностью, после интенсивного тестирования на реальных данных эксперимента CERES, был включен в базовое программное обеспечение этого эксперимента [29]. Модель триггера второго уровня, примененная для задачи распознавания треков, поиска вторичных вершин и идентификации вторичных треков, реализована на базе RISK-процессоров, которые используются в спектрометре DISTO для сбора и on-line-анализа данных [30]. Были разработаны но-

вые программы для задачи распознавания треков. Созданное программное обеспечение успешно применено в экспериментах U-70 (Протвино) ОИЯИ и LHC (Женева) в режиме реального времени, обработки экспериментальных данных и моделирования детекторов.

Вычисление магнитных полей

Предложены эффективные алгоритмы численного решения двумерных и трехмерных граничных задач для эллиптических уравнений в частных производных, основанные на методе декомпозиции области. Разработаны асимптотически оптимальные многосеточные алгоритмы для решения гармонических и бигармонических граничных краевых задач в полигональных областях, как для квазирегулярных, так и локально сгущающихся сеток [31]. Проведены расчеты магнитных систем для нуклотрона ЛВЭ [32] и эксперимента ALICE (ЦЕРН). Предложены методы экстраполяции данных магнитных измерений [33] и проведены расчеты трехмерных магнитных полей спектрометра установки ЭКСЧАРМ [34].

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Для эксперимента ЭКСЧАРМ разработана и исследована модель передаточной функции дискретных детекторов типа пропорциональных камер в условиях больших сигнальных и фоновых нагрузок; созданы новые программы распознавания траекторий, новая версия пакета программ геометрической калибровки координатных детекторов методом максимума правдоподобия; предложен комбинированный метод определения параметров траекторий частиц; разработаны алгоритмы идентификации различных классов событий.

Получены новые результаты, связанные с проектированием CMS и разработкой программы физических исследований на LHC, разработана и

исследована модель физических процессов в катодно-стриповой камере, созданы программы обработки экспериментальных тест-калибровочных данных с траекторных детекторов. По результатам моделирования и обработки данных оценены координатные точности и временное разрешение прототипов координатных детекторов мюонных станций CMS, созданы программы моделирования и обработки комплексного интеграционного теста.

Создана система параллельной обработки данных ПАРИС-95 на базе кластера ПК типа AT-486/66 и PENTIUM-60, используемая для обработки данных эксперимента ЭКСЧАРМ.

ПРОГРАММНО-СЕТЕВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УНЦ ОИЯИ, УЧАСТИЕ В ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Подготовлено и сдано в опытную эксплуатацию сетевое и программное обеспечение в лекционной комнате и компьютерных аудиториях УНЦ ОИЯИ. Подсеть УНЦ имеет выход в локальную сеть ОИЯИ

для загрузки в PC программных продуктов с NICE-сервера, доступа к внешним каналам связи. Подсеть укомплектована NOVELL- и UNIX-серверами с устройствами для чтения информации с компакт-

дисков. ЛВТА обеспечивает эксплуатацию и развитие программного обеспечения подсети УНЦ.

Сотрудники ЛВТА участвовали в организации и проведении четырехнедельной международной школы-семинара по базам IAEA 5th Group

Fellowship Training in INIS Human Resources Development и обеспечении практической работы преподавателей и слушателей школы с этими базами.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Работы по развитию информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ и исследования в области вычислительной физики проводятся в сотрудничестве с ЦЕРН, ведущими институтами Германии и стран-участниц ОИЯИ.

Основные направления этих работ:

Компьютерная связь

- обеспечение работы спутниковых каналов связи с Италией и Германией (Национальный институт ядерной физики Италии (INFN), Институт компьютерной инженерии университета г.Потсдама (Германия)).

Базовое программное обеспечение

- обеспечение адаптации и поддержки, в соответствии с соглашениями с ЦЕРН, специалистами ЛВТА программного обеспечения ЦЕРН для операционных систем MS DOS и LINUX;
- внедрение совместно с ЦЕРН в ОИЯИ операционных систем WINDOWS'NT и WINDOWS 95;
- внедрение совместно с ЦЕРН в ОИЯИ программно-аппаратной среды, обеспечивающей единый подход в установке, сопровождении, развитии и использовании программного обеспечения персональных компьютеров (система NICE);
- автоматизация физических установок на базе пакета LabVIEW (совместно с ЦЕРН);
- повышение эффективности работы мощных компьютеров, рабочих станций и соответствующего программного обеспечения, применяемых при создании мощных распределенных информационных и вычислительных инфраструктур физических центров (FZ, Россдорф, Германия);

Автоматизация экспериментов

- разработка программного обеспечения систем контроля с использованием объектно-ориентированной техники (совместно с ЦЕРН);
- внедрение современных технологий программирования (software engineering) для развития прикладного программного обеспечения для LHC проектов (совместно с ЦЕРН);
- разработка алгоритмов для мюонного триггера второго уровня установки ATLAS (совместно с ЦЕРН).

Вычислительная физика

- разработка алгоритмов и программ для вычислительной физики (совместно с Konrad-Zuse-Zentrum fur Informationstechnik, Берлин);
- создание эффективных вычислительных схем для решения многомерных уравнений Швингера — Дайсона и спектральных уравнений Бета — Солпитера. Численные исследования эффективных КХД моделей для адронов и их взаимодействий при определенной температуре, плотности и спектра кварк-глюонной плазмы (University of Rostock, Германия);
- создание новой версии стандартного интерпретатора LISP (GSL) в GNU-программном окружении (Konrad-Zuse-Zentrum fur Informationstechnik, Берлин);
- развитие динамических методов для изучения структуры материи в физике адронов и астрофизике (Freie Universitat Berlin, Universitat Munchen, Германия);
- развитие программного обеспечения для спектрометра FOBOS (Forschungszentrum Rossendorf, Дрезден).

За 1995 год на сканирующем автомате типа НРД измерено 70270 событий, на полуавтоматической системе ПУОС-САМЕТ — 334,5 тыс. тре-

ков, на АЭЛТ-2/160 в режиме полутонных измерений обработано около 4 тыс. «слипшихся» треков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Окраинец К.Ф. — ОИЯИ, P10-95-50, Дубна, 1995.
2. Галактионов В.В. и др. — ОИЯИ, P11-95-221, Дубна, 1995.
3. Окраинец К.Ф. — ОИЯИ, P10-95-51, Дубна, 1995.
4. Кореньков В.В. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1995, № 2[70]-95, с.5.
5. Karnaukhov V.A. et al. — JINR, E7-95-321, Dubna, 1995.
6. Barashenkov V.S. et al. — JINR, E18-95-276, Dubna, 1995; Submitted to Kerntechnik.
7. Lobanov Yu.Yu., Selin A.V., Zhidkov E.P. — In: *Dynamical Systems and Chaos*. World Scientific, Singapore, 1995, p.538.
8. Айрапетян Р.Г., Жидков Е.Р., Шахбазян Р.Л. — Препринт ОИЯИ P11-95-252, Дубна, 1995; Математическое моделирование (accepted).
9. Airapetyan R.G., Gareev F.A., Kazacha G.S. et al. — JINR Preprint E2-95-9, Dubna, 1995. *Turkish Journal of Physics* (accepted).
10. Амирханов И.В. и др. — Мат. моделирование, 1995, 7, 7, с.34.
Амирханов и др. — ОИЯИ, P11-95-325, Dubna, 1995.
11. Амирханов и др. — Изв. Ак. наук. сер. физ., 1995, 59, 8, с.106.
12. Пузынин И.В. и др. — Журнал физ. хим., 1995, 69, 8, с.1480.
13. Князьков О.М. и др. — ОИЯИ, P7-95-359, Дубна, 1995.
14. Гареев Ф.А. и др. — ЯФ, 1995, 58, с.422.
15. Soloviev V.G., Sushkov A.V., Shirikova N.Yu. — *Phys. Rev. C*, 1995, 51, p.511.
16. Raportirenko A.M. — In: *Proceedings of International Conference «New Computer Technologies in Control Systems»* (August 13—19, Pereslavl-Zalessky, Russia). Pereslavl, 1995, p.58.
17. Gerdt V.P. — Publication IT-95-270, LIFL, Lille, 1995. — In: *«Computer Algebra in Science and Engineering»*. J. Fleischer et al (eds.). World Scientific, Singapore, 1995, p.117.
Gerdt V.P., Blinkov Yu.A. — Publication IT-95-271, LIFL, Lille, 1995. To be published in *Journal of Symbolic Computation*.
18. Gerdt V.P., Korniyak V.V. — JINR, E5-95-353, Dubna, 1995. Submitted to *Journal of Symbolic Computation*.
19. Basios V., Rostovtsev V.A., Vinitsky S.I. et al. — *Comp. Phys. Comm.*, 1995, 90, p.355.
20. Fleischer J., Tarasov O.V. — In: *«Computer Algebra in Science and Engineering»*. J. Fleischer et al (eds.), World Scientific, Singapore, 1995; Fleischer J., Jegerlehner F., Tarasov O.V. — *Phys.Rev.*, 1995, D50, p.2057.
21. Chervyakov A., Kleinert H., Nesterenko V. — Berlin preprint FU-101-95, 1995.
Chervyakov A., Kleinert H. — Berlin preprint FU-102-95, 1995.
Chervyakov A., Kleinert H. — Berlin preprint FU-103-95, 1995; *Phys. Rev. Lett.* (in press.)
22. Martina L., Pashaev O.K., Soliani G. — In: *Conf. Proc. «National Workshop on Nonlinear Dynamics»*. M. Costato, A. Degasperis and M. Milani (Eds.), vol. 48, SIF, Bologna, 1995.
Martina L., Pashaev O.K., Soliani G. — Preprint Lecce Univ. DFUL-1/06/95.
23. Karabegov A.V. — *Functional Analysis and Its Applications*, 1995, 29, p.76.
24. Ivashkevich E.V., Ktitarev D.V., Priezzhev V.B. — Preprint DIAS-STP 95-34. (Submitted in *Phys.Rev.Letters*.)
25. Ososkov G.A. — In: *Proc. IY Intern. Workshop on Software Engineering and Artificial Intelligence AIHENP'95*, Pisa, 1995.
26. Ortlepp H.-G. et al. — In: *Proceedings of the International Workshop on Physics with Recoil Separators and Detector Arrays*, New Delhi, India (Jan. 30 — Febr. 2, 1995). Allied Publishers Ltd., New Delhi, 1995 (submitted to the publisher); Andrassy M., A.A. et al. — JINR Preprint E7-95-148, Dubna, 1995.
27. Jungmann K. et al. — In: *Proc 23rd INS Intern. Symposium on Nuclear and Particle Physics with Meson Beams in 1 GeV/c Region*, Tokyo, 1995.
28. Bonushkina A.Yu., Ivanov V.V., Potrebenikov Yu.K. et al. — Presented at *International workshop on experiments in the experiment EXCHARM*, (Oct. 31 — Nov. 2, 1995). The article is under preparation.

29. Agakishiev G., Ososkov G.A., Ullrich T. et al. — Contribution to NIM (Proceedings of RICH '95 in Upsala); Nucl. Instr. Meth., 1995 (in press).
30. Bussa M.P., Fava L., ..., Pontecorvo G.B. — JINR Preprint E10-95-318, Dubna, 1995; presented at AIHENP'95, Pisa, Italy, 1995; submitted to Nuovo Cimento.
31. Khoromskij B.N., Mazurkevich G.E., Nikonov E.G. — «Cost-effective Commutations with Boundary Interface Operators in Elliptic Problems». Journal of Difference Equation and Application, 1995.
32. Ayrjan E.A., Fedorov A.V. — Presented at XXI Summer School «Application of Mathematics in Industry and Business», Varna, 1995.
33. Zhidkov E.P., Polyakova R.V., Yudin I.P. — Presented at Beam Dynamics and Optimization Workshops. St.-Petersburg, 04.07-08.07, 1995.
34. Zhidkov E.P. et al. — Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 1995, 365, p.308.

ОТДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отделение радиационных и радиобиологических исследований (ОРРИ) образовано в апреле 1995 г. на базе двух отделов ОИЯИ: отдела радиационных исследований и радиационной безопасности ОИЯИ и отдела биофизики ЛЯП. Основные направления исследований в области радиационной защиты и радиобиологии следующие:

- экспериментальные и теоретические исследования на базовых установках ОИЯИ механизмов взаимодействия ионизирующих излучений разного качества с веществом;
- изучение характеристик полей излучения на базовых установках ОИЯИ, совершенствование методов спектрометрии и дозиметрии излучений в сложных полях излучений широкого энергетического диапазона;
- разработка и совершенствование методов расчета прохождения излучений через веще-

ство и прогнозирования радиационной обстановки;

- исследования закономерностей и механизмов генетического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками;
- изучение биологических эффектов малых доз облучения;
- разработка моделей биологического действия ионизирующих излучений с разной линейной передачей энергии (ЛПЭ) на клетки различных организмов;

В структуру ОРРИ входят три отдела: научный отдел радиационных исследований, отдел радиобиологических исследований и отдел радиационной безопасности.

РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1995 году завершены работы по теме «Исследования функций чувствительности и дозиметрических характеристик средств радиационного контроля в опорных полях, автоматизация, совершенствование и методологические обеспечение систем радиационного контроля; исследование и прогнозирование характеристик полей излучений действующих, проектируемых и вводимых ядерно-физических установок, радиационный контроль на этих установках и в окружающей среде. Дозиметры и спектрометры излучений, экспериментальные и расчетные работы». Направление исследований определялось особенностями источников излучений ОИЯИ, и в первую очередь его базовых ядерно-физических установок. Поля излучений

ОИЯИ характеризуются широким диапазоном энергий, линейных передач энергии и сложным компонентным составом. Последние десятилетия в ОИЯИ усиленно развивается экспериментальная база исследований с тяжелыми ионами. Из-за недостатка информации о процессах образования вторичных частиц при взаимодействии ионов с толстыми мишенями (имитирующими источники вторичного излучения на ускорителях ионов) большое внимание уделялось получению экспериментальных данных по двойным дифференциальным распределениям адронов при взаимодействии ионов с такими мишенями, разработке методов расчета защиты ускорителей ионов и прогнозирования на них радиационной обстановки, а также экс-

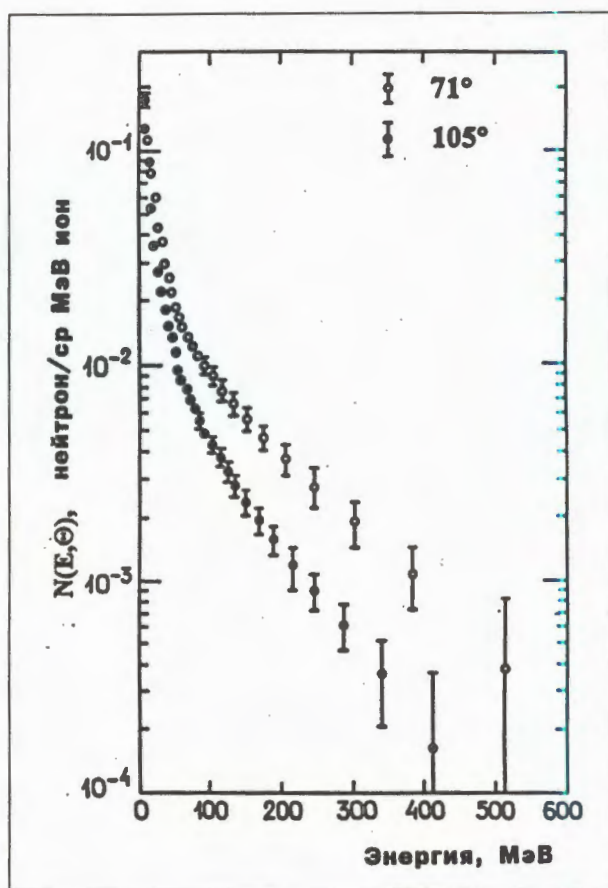


Рис.1. Спектры нейтронов из толстой медной мишени, облучаемой ионами углерода с энергией 3,65 ГэВ/нуклон

периментальной проверке результатов расчетов. На синхрофазотроне ЛВЭ выполнен цикл исследований полей излучения вокруг толстых Cu-, Pb-мишеней, облучаемых протонами, α -частицами и ионами ^{12}C с энергией 3,65 ГэВ/нуклон. Выполнены сравнительные измерения угловых распределений выходов адронов при облучении мишеней различными частицами. Спектры нейтронов с энергией более 10 МэВ (рис.1) были измерены методом времени пролета с запуском спектрометра от налетающих на мишень ионов. Выполнялись исследования радиоактивности, наведенной в мишенях легкими ядрами [1]. Для расчетов характеристик полей излучения вокруг мишеней и за защитами ускорителей ионов разрабатывались два подхода: программа на основе феноменологической модели ядро-ядерных взаимодействий для оперативной оценки радиационной обстановки и комплекс программ, основанный на термодинамической модели ядро-ядерных взаимодействий «файерстрик» и различных способах решения кинетического уравнения переноса излучений в веществе для получения более детальной информации о распределениях адронов за защитами. Расчетные методы

были проверены с помощью полученной информации об источниках вторичного излучения и с помощью специально выполненных для этой цели защитных экспериментов в различных геометриях «источник — защита». На основе развитых расчетных методов подготовлены рекомендации по защите синхрофазотрона и нуклотрона ЛВЭ и комплексов ускорителей тяжелых ионов ЛЯР.

Следующая проблема, связанная с исследованием полей излучений ОИЯИ, которой уделялось большое внимание в последние годы, — спектрометрия нейтронов широкого диапазона энергий (от тепловой области до энергий в несколько сотен МэВ). Предыдущие исследования показали, что нейтроны являются основным компонентом, определяющим радиационную опасность в смешанных рассеянных полях излучений на работающих ядерно-физических установках. Проблема спектрометрии нейтронов в столь широком диапазоне энергий может быть решена путем восстановления спектров нейтронов по показаниям нескольких спектрометров, перекрывающих различные энергетические диапазоны. В ОИЯИ накоплен большой опыт спектрометрии нейтронов методом их замедления в водородсодержащем веществе с последующей регистрацией различными типами детекторов тепловых нейтронов. Однако данный метод обладает низкой информативностью в области высоких энергий нейтронов. Для измерений спектров нейтронов с энергией более 10 МэВ был предложен и реализован на практике новый тип спектрометра нейтронов, принцип работы которого основан на зависимости эффективностей регистрации нейтронов органическими сцинтилляторами от величины порога регистрации импульсов. Данный метод обладает высокой чувствительностью и предназначен для работы в полях рассеянного излучения. С помощью прототипа спектрометра нейтронов высокой энергии были исследованы поля за защитами фазотрона и синхрофазотрона в различных режимах работы. Высокая чувствительность метода позволила измерить спектр высокоэнергетичных нейтронов космического происхождения вблизи земной поверхности.

Сложность полей излучения ОИЯИ создает значительные трудности для адекватного радиационного контроля, прежде всего по нейтронам. Поэтому для целей метрологии средств радиационного контроля в ОИЯИ создан набор опорных полей нейтронов с детально изученными характеристиками, перекрывающий широкий диапазон энергий нейтронов. В этот набор входят поля, формируемые мощным источником нейтронов ^{252}Cf в замедлителях, и два опорных поля на фазотроне ЛЯП: «мягкое» поле многократно рассеянных нейтронов в лабиринте цокольного этажа и «жесткое» поле за сплошной 2-метровой защитой

фазотрона (рис.2). В этих полях была выполнена в условиях, близких к реальным, градуировка средств оперативного и индивидуального дозиметрического контроля, проведено сличение средств дозиметрии и спектрометрии нейтронов, используемых в ОИЯИ, научных организациях РФ и других стран. Результаты сличения позволили оценить систематическую погрешность измерений интегральных величин (доза, флюенс) и повысить достоверность радиационного контроля в ОИЯИ. Институт принимал участие также в организованном МАГАТЭ сличении средств индивидуального радиационного контроля по γ -квантам.

Следующее направление работ связано с исследованием функций отклика различных типов детекторов, применяемых в дозиметрии нейтронов (термолюминесцентные и пузырьковые детекторы, детекторы следов повреждений и т.д.) на пучках частиц и в опорных полях нейтронов [2,3]. Создана и внедрена в практику автоматизированная система обработки показаний индивидуальных дозиметров на основе термолюминесцентных детекторов, создан банк данных индивидуальных доз персонала. Проводились исследования новых чувствительных биоиндикаторов для определения концентраций радионуклидов в окружающей среде, в частности, в иглах сосны.

Большие усилия приложены к созданию совместно с лабораториями ОИЯИ стационарных автоматизированных систем радиационного контроля, позволивших повысить качество и оперативность контроля и увеличить объем получаемой информации о радиационной обстановке. Для этих целей разработаны датчики нейтронов, блоки сопряжения с РС и соответствующее программное обеспечение.

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными задачами радиобиологических исследований в 1995 году были:

- изучение роли репарации ДНК в индукции точковых мутаций у клеток прокариот излучениями с разной ЛПЭ;
- отработка методов исследования индукции точковых мутаций у гаплоидных и диплоидных дрожжевых клеток;
- изучение закономерностей образования мутаций в GHPRT-локусе клеток млекопитающих в культуре при действии ускоренных тяжелых ионов;
- отработка методов и исследование закономерностей образования стабильных хромосомных aberrаций в лимфоцитах человека при γ -облучении;

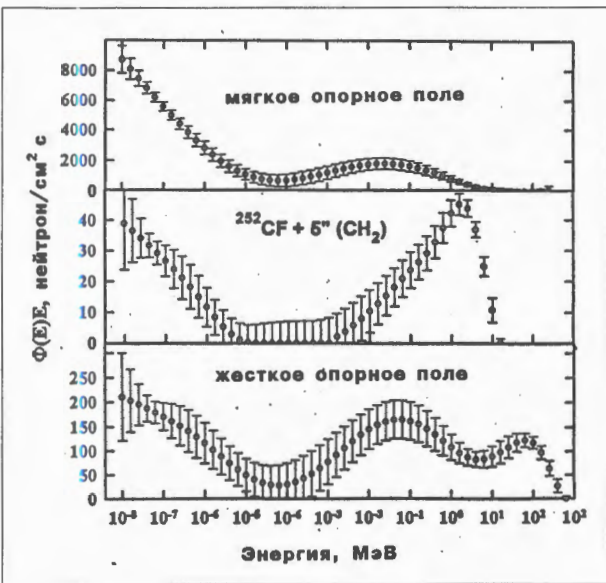


Рис.2. Спектры опорных полей нейтронов

В ряде случаев эксплуатация автоматизированных систем радиационного контроля позволила повысить эффективность работы ядерно-физических установок на физический эксперимент.

Основные результаты работ отражены в докладах, представленных на 9 Международный Конгресс (IRPA9) по радиационной защите (Вена, апрель 1996 г.) [4-7]. Совместно с сотрудниками BNL (США) и GSI (Германия) на IRPA9 подготовлен обзор для приглашенного доклада по радиационным проблемам на ускорителях тяжелых ионов [8].

- совершенствование метода SOS-люкс-теста для генетического мониторинга окружающей среды.

Радиационно-генетические исследования на бактериях [9] проводились в следующих направлениях:

- изучение закономерностей индукции мутаций в вегетативных клетках и спорах *Bacillus subtilis* ионизирующей радиацией с разной ЛПЭ;
- исследование индукции делеционных мутаций в клетках бактерий *Escherichia coli*;
- изучение закономерностей γ -индуцированного мутагенеза у *rec BC*-мутантов *Escherichia coli* в *lac I* гене;
- изучение мутагенного действия радиации и ДНК-тропных агентов методом SOS-люкс-теста.

В экспериментах с клетками *Bacillus subtilis* изучена индукция $his^- \rightarrow his^+$ мутантов в вегетативных клетках и спорах при γ -облучении и действии тяжелых ионов (ЛПЭ = 20 + 80 кэВ/мкм). Показано [10,11], что дозовые зависимости индукции мутаций (в отличие от спор) в вегетативных клетках могут быть описаны линейно-квадратичными функциями как в случае γ -облучения, так и при действии тяжелых ионов. Установлено, что в диапазоне доз (приблизительно до 80 Гр) все дозовые кривые носят линейный характер. Для более высоких доз линейные функции преобразуются в квадратичные. Зависимость относительной биологической эффективности (ОБЭ) излучений от их ЛПЭ для квадратичного компонента кривой мутагенеза у вегетативных клеток имеет локальный максимум. В экспериментах с репарационно-дефицитными мутантами частота мутагенеза была изучена в штаммах *polA1*, *rec E4*, *rec A*, *recP*, *add 5*, *rec H*. Показано, что радиационно-индуцированный мутагенез зависит от репарационной способности клеток *Bacillus subtilis*. Частота мутирования в *pol A1*-штамме выше, чем у клеток дикого типа. Эксперименты с *rec E4*-штаммом, облученным γ -квантами, свидетельствуют об экстремально низкой частоте мутагенеза у данного типа клеток.

Проведена серия экспериментов по получению стабильной бактериальной системы для отбора делеционных мутантов [12]. Система разработана в Йельском университете в лаборатории д-ра Хатчинсона и представляет собой *E.coli* лизоген фага $\lambda 8$, несущий ген *lac Z*. Фланкирующий участок фаговых генов, *tet^r*-ген, позволяет тестировать делеции как двойные *lac⁻-tet^r*-мутанты.

Изучены закономерности летального действия γ -излучения на клетки дикого типа, *rec BC*- и *rec BC sbcA*-мутантов. Показано, что радиочувствительность репарационно-дефицитного штамма-*rec BC* существенно выше по сравнению с клетками дикого типа. Супрессорная мутация *sbc A*, запускающая *rec E*-путь рекомбинационной репарации, обуславливает повышение радиорезистентности мутанта *rec BC*. Изучены дозовые зависимости образования *lacI⁻*-мутантов у клеток дикого типа при γ -облучении. Показано, что эта зависимость имеет квадратичный характер, обусловленный мутагенной ветвью SOS-репарации. Показано, что мутация в гене *rec BC* резко угнетает радиационно-индуцированный мутагенез в клетках *E.coli*. Это позволяет предположить, что продукт гена *rec BC* необходим для формирования мутаций в процессе рекомбинационной репарации. Супрессорная *sbc A*-мутация в *rec BC*-штамме вызывает повышение частоты индуцированного мутагенеза до уровня, сравнимого с клетками дикого типа. Это подтверждает предполо-

жение о решающей роли процессов рекомбинации в мутагенной ветви SOS-репарации.

В рамках международного проекта «SOS lux-test COPERNICUS» продолжены работы по разработке тест-системы для генетического on-line мониторинга [13–15] (рис.3). Методом SOS-lux-теста изучен SOS-ответ клеток *E.coli*, дефицитных по *uvr D*- и *umi C*-генам, после УФ- и γ -облучения. Данный метод основан на использовании клеток *E.coli* с высококопийной плазмидой *pPLS-1*, несущей гены люциферазного оперона люминесцентной бактерии *Photobacterium leoghathi* под промотором колицинового гена *cda* из *Col D-CA23* плазмиды. Свечение бактериальных клеток находится под контролем *lex A*-репрессора. Показано, что величина и кинетика SOS-ответа прямо зависит от продуктов *uvr D*- и *umi C*-генов. Изучение SOS-ответа после УФ- и γ -облучения позволяет предположить возможность различных механизмов данного процесса для этих видов радиации. Была изучена зависимость светового выхода от времени инкубации клеток после УФ- и γ -облучения. Установлено, что световой выход увеличивается с ростом времени пострadiационной инкубации и достигает максимума приблизительно через 75 + 90 мин для обоих типов радиации. Установлено, что световой выход прямо зависит от температуры инкубации. Максимальная и минимальная биолюминесценция наблюдается при 37 и 26°C, соответственно. Исследования показали, что SOS-ответ клеток существенно зависит от их репарационного генотипа. Так, *umi C*-мутанты более чувствительны к УФ- и γ -облучению, чем клетки дикого типа.

Разработана математическая модель SOS-ответа бактерий *E.coli* при действии ультрафиолетового облучения, описывающая последовательность событий регуляции работы SOS-системы [16–18]. Взаимодействие ключевых белков SOS-системы *RecA* и *LexA* характеризуется наличием отрицательной обратной связи. С учетом свойств систем с обратной связью и принципов биохимической кинетики получена и решена система дифференциальных уравнений для концентраций белков *RecA* и *LexA*. Проведена оценка параметров модели на основании доступных экспериментальных данных.

В радиационно-генетических экспериментах на дрожжевых клетках [19–22] начаты исследования закономерностей индукции точковых мутаций у клеток эукариот. Впервые использована новая тестерная система, позволяющая тестировать 6 типов замен пар оснований у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Эти штаммы сконструированы проф. Хэмпси из Университета штата Луизиана (США). Тест-система основана на том обстоятельстве, что положение 22-цистина в белке изоцитохром-с является критическим. Сконструированы 6 штаммов, имеющие в этом положении замены пар осно-

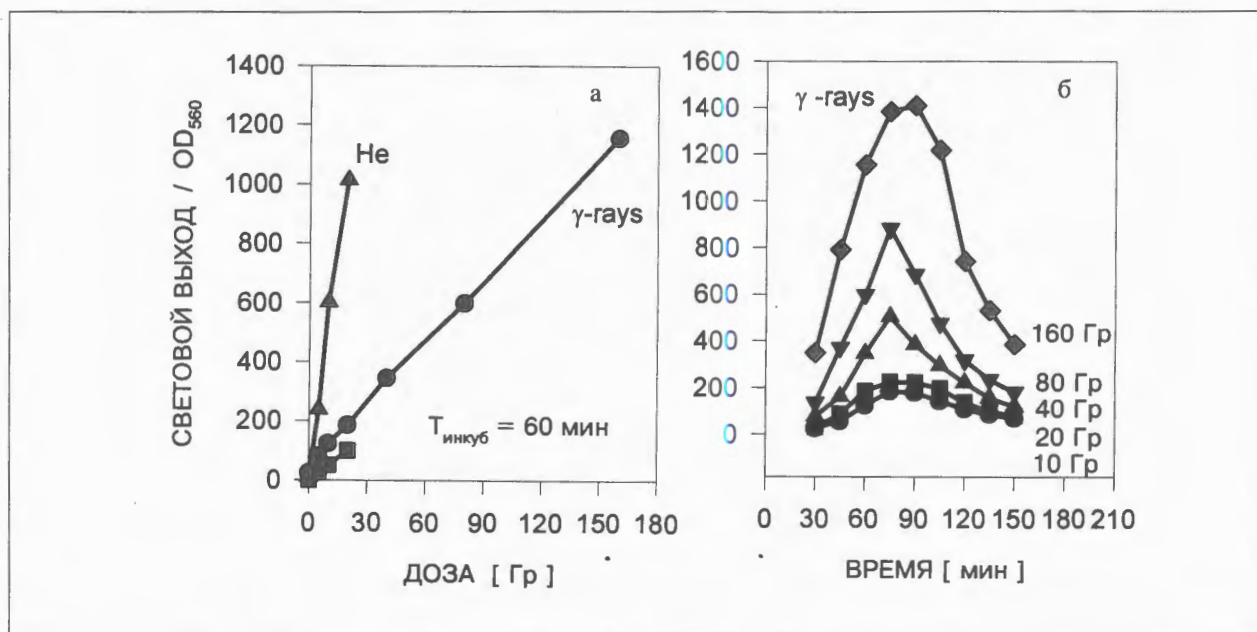


Рис.3. Зависимость интенсивности свечения клеток *E.coli* от дозы различных видов излучений (γ-лучи, ускоренные ионы гелия с энергией 4 МэВ/нуклон) (а) и времени пострadiaционной инкубации клеток (б)

ваний, что приводит к инактивации фермента и неспособности расти на среде с несбраживаемым источником углерода. Восстановление функциональной активности возможно только за счет истинных реверсий, восстанавливающих кодон цистеина в положении 22. Таким образом, получена простая и надежная система, позволяющая определять происходящие в клетке изменения нуклеотидной последовательности ДНК без использования сложных методик секвенирования ДНК. В истекшем году отработывались методы работы и проводился анализ частоты спонтанного и γ-индуцированного мутагенеза у диплоидных штаммов. Для 6 тестерных штаммов определяли частоты спонтанного мутирования, кривые выживания при γ-облучении. Для одного из штаммов получена зависимость частоты мутирования от дозы ионизирующей радиации. Начаты работы с гаплоидными штаммами. В дальнейшем планируется продолжить изучение индукции точковых мутаций у диплоидных и гаплоидных штаммов тестерной системы.

В последнее время интенсивно изучается взаимосвязь репарации ДНК с регуляцией клеточного цикла и репликацией ДНК. Оказалось, что некоторые гены радиочувствительности *rad*, предположительно участвующие в репарации поврежденных ДНК, по-видимому, скорее всего, участвуют в регуляции клеточного цикла в ответ на повреждение ДНК [19,20]. Соответствующие продукты генов *rad*, вероятно, сканируют целостность клеточной ДНК и останавливают прохождение клеточного цикла в случае обнаружения повреждений, позволяя клетке осуществить репарацию. Прохождение через кле-

точный цикл в отсутствие репарации летально для клетки. Эта система аналогична SOS-системе бактериальных клеток. Эксперименты на делящихся дрожжах *Schizosaccharomyces* показали, что возможной мишенью для checkpoint регуляции является белок p34. Хорошо известно, что эта высококонсервативная протеинкиназа играет ключевую роль в регуляции клеточного цикла. Однако у почкующихся дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* не удавалось выявить участие в регуляции гена *cdc28*. Нами изолирована температурнечувствительная мутантная аллель этого гена, а также выделены мутации в двух новых неизвестных генах, по-видимому, необходимых для успешной остановки клеточного цикла после повреждения ДНК. В истекшем году изучалось влияние мутаций *cdc28-srm*, *srm8* и *srm12* на остановку клеточного цикла в ответ на полученные клеткой повреждения и взаимодействие с известными генами, участвующими в checkpoint регуляции. Показано, что эти мутации повышают радиочувствительность клеток. По крайней мере две из них эпистатически взаимодействуют с *rad9*-мутацией. Мутации *cdc28-srm* и *srm8* влияют на остановку клеточного цикла в ответ на повреждение клетки. Таким образом, впервые получены свидетельства участия гена *cdc28* в checkpoint регуляции и выявлены новые гены, участвующие в этом процессе. В отделе планируется провести генетический анализ этих мутаций, изучение их влияния на летальное и мутагенное действие ионизирующих излучений.

В экспериментах на гаплоидном штамме *Saccharomyces cerevisiae* МКР-о начаты исследо-

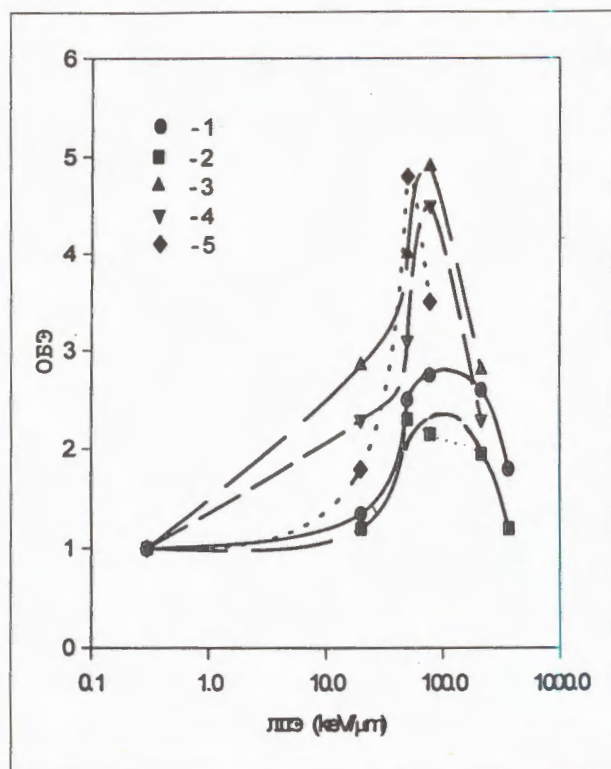


Рис. 4. Зависимость ОБЭ тяжелых ионов от ЛПЭ по выживаемости (1 — 10% уровень выживаемости; 2 — уровень D_0); по индукции мутаций (3 — уровень частоты мутирования 5×10^{-5} ; 4 — уровень частоты мутирования 1×10^{-4}); по индукции хромосомных аббераций (5)

вания мутагенного действия ионизирующих излучений с разной ЛПЭ. Этот штамм, разработанный проф. Кунцем (Канада), имеет мутантные аллели (*can* 1-100, *ade* 2-1, *lys* 2-1), и несет плазмиду *YCpMP2* с *SUP4-o* геном, который является *охр*-суппрессорной аллелью тирозинового *t-RNK*-гена дрожжей. Эта плазмида сохраняется как одноклеточная копия в гаплоидных клетках (особенность, необходимая для выделения мутантов) и воспроизводится в S-фазе. Клетки, несущие такую плазмиду, канаванин-чувствительные, белые и независимые от аденина и лизина, т.к. *SUP4-o* блокирует *can* 1-100, *ade* 2-1- и *lys* 2-1-мутации. Снижение в клетке подавляющей активности этого гена (в результате мутаций) приводит к образованию канаванин-резистентных красных или розовых колоний, не способных расти на среде, не содержащей лизина. На этом штамме получены интересные результаты по химическому мутагенезу, а также подробно исследована специфика и механизм мутагенеза, индуцированного УФ-излучением. Путем секвенирования определены основные повреждения, приводящие к независимым мутациям. Нами впервые получены результаты по возникновению мутаций в гене *МКР-o*-клеток при γ -облучении. Исследования проводились в интерва-

ле доз от 41 до 166 Гр. Результаты показали, что облучение в дозе 166 Гр уменьшает выживаемость клеток от 100 до 0,8%, а количество *SUP4-o*-мутантов по сравнению с контролем увеличивается в 500 раз. Частота мутирования линейно возрастает с дозой. Получены также характеристики канаванин-резистентных колоний для всех исследованных доз. Интересно заметить, что процентное содержание *SUP4-o* мутантов среди всех канаванин-резистентных мутантов при облучении в дозе 166 Гр по сравнению с контролем увеличивается в 6 раз.

В экспериментах на клетках млекопитающих [21–27] завершены исследования закономерностей летальных эффектов и индукции мутаций в локусе HGPRT у клеток китайского хомячка (линия *B11d-ii-FaF28*, клон 431) после облучения γ -лучами и тяжелыми ионами с ЛПЭ 50+367 кэВ/мкм. Как для инактивации, так и для индукции мутаций зависимость ОБЭ частиц от их ЛПЭ описывается кривой с локальным максимумом в области 80 ± 100 кэВ/мкм (рис. 4) [22]. Максимальная величина ОБЭ-излучения по мутагенному действию в два раза выше, чем по инактивации (5 и 2,5 соответственно). Зависимость между частотой индукции мутаций и величиной выжившей фракции не является линейной. Одинаковый вид зависимости ОБЭ (ЛПЭ) с максимумом при одних и тех же значениях ЛПЭ, так же, как и близкие величины ОБЭ для индукции мутаций и хромосомных аббераций, свидетельствуют о том, что в основе мутагенного эффекта, индукции хромосомных аббераций и летального действия излучения лежат одни и те же первичные повреждения, а именно, двунитевые разрывы ДНК.

Исследованы цитогенетические характеристики спонтанных и индуцированных γ -облучением мутантных линий, резистентных к 6-тиогуанину. Часть мутантов (~ 30%) имела цитогенетические параметры, близкие к контрольным клеткам. У другой части мутантов выявлена высокая гетерогенность по митотической активности, числу хромосом в клетках, количеству клеток с хромосомными абберациями, а также по скорости роста. Были обнаружены спонтанные мутанты с очень высоким уровнем хромосомных аббераций ($30 \pm 60\%$ абберантных клеток). Эти данные свидетельствуют о том, что мутанты характеризуются большой генетической нестабильностью. Обнаруженные различия между мутантными линиями, возможно, определяются типом возникающих мутационных повреждений.

На базе ускорителя тяжелых ионов UNILAC (GSI, Германия) проведены эксперименты по изучению хромосомных повреждений в клетках китайского хомячка (линия V79) после облучения γ -лучами и ионами аргона (4,6 МэВ/нуклон, ЛПЭ = 1850 кэВ/мкм). Установлена временная зависимость выхода хромосомных аббераций, что

важно для определения величины ОБЭ тяжелых ионов. Обработываются данные экспериментов по облучению клеток млекопитающих ионами золота (Au — 9,3 МэВ/нуклон, ЛПЭ = 12300 кэВ/мкм).

Совместно с Институтом биофизики (АН ЧР, Брно) начаты исследования индуцируемых радиа-

цией хромосомных aberrаций в клетках человека методом флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH-метод). Проведены первые эксперименты на лимфоцитах периферической крови человека с использованием γ -облучения. Результаты обрабатываются.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Основной задачей в 1995 году являлось поддержание (совместно с лабораториями ОИЯИ) состояния радиационной безопасности на уровне, обеспечивающем безопасные условия труда персонала в полях ионизирующих излучений и экологически безопасное состояние окружающей среды. Уровни внешнего излучения на базовых установках и в окружающей среде в 1995 году не превышали контрольных значений, и границы зон радиационного воздействия не изменялись. Превышения уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей и воздуха в технологических помещениях реакторов и в радиохимических лабораториях не зарегистрировано. Итоги контроля индивидуальных доз внешнего облучения персонала показывают, что дозы облучения не превышают установленного контрольного уровня. В 1995 году на индивидуальном дозиметрическом контроле состоял 2021 сотрудник ОИЯИ, включая прикомандированных лиц. Средняя индивидуальная годовая доза сотрудников, работающих в полях излучений ОИЯИ, не превысила 15 мЗв (0,3 ПДД). На осно-

вании результатов регулярного контроля в окружающей среде в районе расположения ОИЯИ установлено, что радиоактивность почвы, растительности и воды обусловлена естественными радионуклидами и продуктами глобальных выпадений. Какой-либо вклад в радиоактивность в окружающей среде от работы ядерно-физических установок ОИЯИ не зарегистрирован. Средняя мощность дозы в санитарно-защитной зоне и на территории города составила (9 ± 1) мкР/ч, а суммарная доза за год — (70 ± 8) мР.

С целью совершенствования радиационного контроля выполнены следующие мероприятия:

- переведен на автоматизированный дозиметрический контроль по γ -излучению персонал ЛНФ, ЛЯП и ЛЯР;
- оформлено в Госатомнадзоре право проверки средств радиационного контроля;
- продолжались работы по созданию стационарной автоматизированной системы радиационного контроля на циклотронном комплексе ЛЯР.

СОТРУДНИЧЕСТВО

В проблемно-тематическом плане научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОРПИ отражены научные связи ОИЯИ и других стран с научными центрами стран-участниц ОИЯИ.

В прошедшем году международное сотрудничество развивалось успешно. В рамках трехлетней программы, поддержанной международным грантом COPERNICUS, специалистами ОИЯИ, институтов Германии, Чехии и Болгарии проводятся совместные разработки нового высокочувствительного метода на основе SOS-люкс-теста для генетического мониторинга окружающей среды. На основе соглашения о научном сотрудничестве между ОИЯИ, DLR (Кельн), GSI (Дармштадт), IBP (Брно) проводились исследования генетического действия ионизирующих излучений с разными физическими

характеристиками на клетки различных организмов.

Во многих работах по этой теме принимали участие специалисты из Чехии, Польши, Вьетнама. В рамках международного сотрудничества с Институтом ядерной физики (Винча, Югославия) проводились расчеты и конструирование защиты циклотрона «Tesla». Развернута деятельность по организации в 1996 г. в ОИЯИ 9-недельных Международных учебных курсов МАГАТЭ по радиационной безопасности. В соответствии с соглашением между ОИЯИ и МАГАТЭ начато систематическое изучение параметров и оптимизация систем нейтронного мониторинга, используемых в программах контроля за нераспространением ядерного оружия.

Научные исследования в ОРПИ поддержаны 2 грантами Министерства науки и технической политики Российской Федерации.

ОБРАЗОВАНИЕ

В прошедшем году плодотворно велось обучение студентов Учебно-научного центра ОИЯИ по специальности «Радиационная биология» на кафедре, руководимой профессором Е.А.Красавиным. Со времени ее основания (1991 г.), как филиала кафедры физики дозиметрии и защиты Московского

инженерно-физического института, кафедра в начале 1996 г. осуществила четвертый выпуск студентов. В ОРПИ уже работает 6 выпускников кафедры, что значительно способствовало омоложению коллектива отделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Astapov A.A., Bamblevski V.P. — *Prog. of the 1995 Particle Accel. and Int. Conf. on High-Energy Accel. (1-5 May 1995, Dallas, Texas, USA). Bull. of the Amer. Phys. Soc., May 1995, vol.40, No.3, p.1208.*
2. Bamblevski V.P., Spurny F., Dudkin V.E. — *Radiat. Prot. Dosim. (to be published).*
3. Turek K. — *Radiat. Prot. Dosim., 1995, vol.59, No.3, p.205.*
4. Aleinikov V.E., Timoshenko G.N. — *Neutron Spectrometry for Radiation Protection at the JINR. Submitted to the IRPA9, Vienna.*
5. Mokrov Ju. — *Personnel Monitoring at the JINR. Submitted to the IRPA9, Vienna.*
6. Beskrovnaja L.G., Komochkov M.M. — *About the Radiation Environment and Shielding of the Heavy Ion Accelerators. Submitted to the IRPA9, Vienna.*
7. Pavlovic R., Aleinikov V.E., Beskrovnaja L.G. — *Shielding Calculation on the «TESLA» Accelerator Installation in the Institute of Nuclear Sciences VINCA. Submitted to the IRPA9, Vienna.*
8. Aleinikov V.E., Festag J.B., Musolino S.V. — *Radiation Safety Problems around Heavy Ion. Submitted to the IRPA9, Vienna. 9. Kozubek S. et al. — Radiation Research, 1995, vol.141, p.199.*
10. Boreyko A.V., Krasavin E.A. — *Tenth International Congress of Radiation Research, Wurzburg, Germany, 1995, p.163.*
11. Boreyko A.V., Krasavin E.A. — *In: Symposium on Radiation Biology and its Application in Space Research, Brno, Czech Republic, 1995 (in press).*
12. Boreyko A.V., Krasavin E.A. — *In: Workshop on Radiation Biology, Nedvedice, Czech Republic, 1995, p.4.*
13. Komova O.V. et al. — *In: Symposium on Radiation Biology and its Application in Space Research, Brno, Czech Republic, 1995, p.7.*
15. Комова О.В. и др. — *Направлено на Российско-американский конгресс «Экологическая инициатива». Воронеж.*
16. Аксенов С.В., Красавин Е.А. — *Сообщение ОИЯИ P19-95-485, Дубна, 1995.*
17. Аксенов С.В. и др. *Сообщение ОИЯИ P19-95-486, Дубна, 1995.*
18. Аксенов С.В. и др. *Сообщение ОИЯИ P19-95-487, Дубна, 1995.*
19. Koltovaya N.A., Devin A.V. — *Yeast. 1995, vol.11, p.72.*
20. Koltovaya N.A., Kadyshevskaya K.Y., Devin A.B. — *Yeast. 1995, vol.11, p.73.*
21. Norseyer Ju.V., Shmakova N.L. — *Nukleonika, 1995, vol.40, p.14.*
22. Govorun R.D. — *In: Workshop on Radiation Biology, July 1995, Nedvedice, Czech Republic.*
23. Шмакова Н.Л., Красавин Е.А., Говорун Р.Д., Фадеева Т.А. — *(в печати) Направлено в ж-л «Радиационная биология, радиоэкология».*
24. Nasonova E., Ritter S., Scholz M., Kraft G. — *In: Fifth Workshop on Heavy Charged Particles in Biology and Medicine. GSI, Darmstadt, August 23-25, 1995, p.36-38.*
25. Ritter S., Nasonova E., Scholz M., Kraft-Weyrather W., Kraft G. — *GSI-Preprint-95-81, Nov.1995, (To be published in Int. J. Radiat. Biol.)*
26. Ritter S., Fomenkova T., Kraft G. — *Helsinki, 25-28 october 1995, abstract.*
27. Lykasova E. et al. — *Accepted in «Radiation Research», 1995.*

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОИЯИ

Одним из важнейших итогов минувшего 1995 года стало открытие в УНЦ ОИЯИ аспирантуры по физико-математическим специальностям. Проведены вступительные экзамены, и первые 11 аспирантов приступили к занятиям.

Специальности аспирантуры: физика ядра и элементарных частиц (01.04.16); теоретическая физика (01.04.02); физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника (01.04.20); вычислительная математика (01.01.07); физика твердого тела (01.04.07); техника физического эксперимента, физика приборов, автоматизация физических исследований (01.04.01).

В весеннем семестре 1995 года на базе кафедр МГУ, МИФИ и МФТИ в УНЦ обучалось 96 студентов, 14 — из МГУ, 33 — из МИФИ, 18 — из МФТИ, 31 — из других вузов стран-участниц ОИЯИ (России, Украины, Белоруссии, Грузии, Армении, Узбекистана). В процессе обучения студентов участвовало 48 сотрудников Института.

В осеннем семестре занималось 86 студентов. Защищено 47 дипломных работ учащимися МГУ, МИФИ, МФТИ и других вузов. Учебный процесс велся с участием 36 преподавателей.

Два лектора УНЦ — Б.Н.Захарьев и И.А.Савин — удостоены звания «Соросовских профессоров». Стипендию фонда Сороса получил недавно пятикурсник физического факультета МГУ Василий Иванов, студент УНЦ, проходящий преддипломную практику в ЛТФ.

В 1995 году были проведены две школы для студентов: Школа по теоретической физике (совместно с ЛТФ) и Школа по нейтронной физике (совместно с ЛНФ).

Большое внимание руководством УНЦ ОИЯИ уделяется вопросу о налаживании международного студенческого обмена. Важность этой работы по достоинству оценена также зарубежными участниками уже осуществленных обменов и визитов такого характера. Стало традицией принимать студенческие группы и отдельных студентов, приезжающих в Дубну с ознакомительными визитами. В течение недели в ОИЯИ находилась группа немецких студентов из Университета им. Гумбольдта. Организовал визит профессор Д.Эберт. Студенты ознакомились с научными направлениями пяти лабораторий (ЛТФ, ЛЯР, ЛЯП, ЛНФ, ЛВЭ), прослушали цикл лекций по теоретическим исследованиям, проводимым в ЛТФ, встретились со студентами физических вузов, обучающимися в УНЦ. Две недели практиковался в ЛВЭ студент Университе-

та г.Орлеана (Франция) Б.Дюранд. Студент УНЦ Алексей Чурин был на летней стажировке в ЦЕРНе. На стажировку в Германию направлен пятикурсник из Саратова, также студент УНЦ, Иван Горбунов. В апреле состоялся ответный недельный визит группы студентов УНЦ в Карлов университет. С деятельностью университета связаны имена многих знаменитых европейских ученых, среди них — Ян Гус и Иоганн Кеплер. Наши студенты были гостями физико-математического факультета. Для них подготовили обзорные лекции по тематике факультетских кафедр, встречи с известными профессорами, экскурсии на небольшой ускоритель «Ван дер Грааф» и ознакомили с теми работами, что ведутся здесь совместно с ЦЕРН и Дубной. В завершение визита дубненских гостей пригласил проректор университета профессор И.Вильгельм. Было получено несколько приглашений в аспирантуру Карлова университета. Наши студенты посетили национальный Институт ядерной физики в Ржеже.

В апреле профессор Фредерик Олнесс из Южного методистского университета (г.Даллас, США) прочитал курс лекций «Introduction to Deeply-Inelastic Scattering (DIS)».

Четверо студентов УНЦ принимало участие в Международной школе по физике промежуточных энергий «Мезоны и кварки», проходившей с 6 по 19 декабря в Петербурге.

В рамках сотрудничества между МАГАТЭ и ОИЯИ в начале осени проведены рабочие курсы МАГАТЭ по изучению международной информационной системы INIS с использованием локальной сети УНЦ ОИЯИ. В течение месяца прошли обучение 12 человек из 10 стран — Белоруссии, Литвы, Сирии, Казахстана, Польши, Иордании, Хорватии, Ливана, Эфиопии, Нигерии.

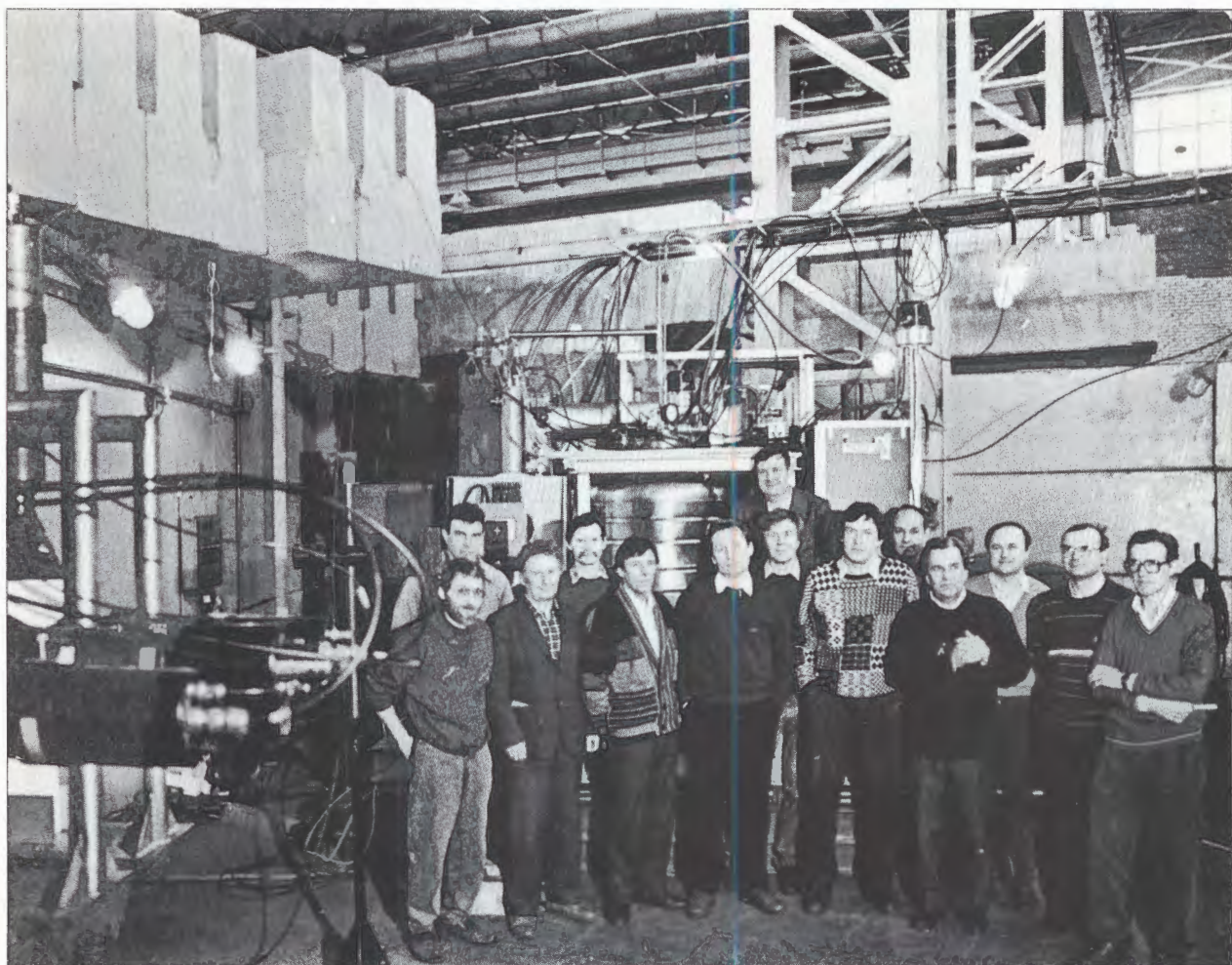
В 1996 году планируется провести еще один курс МАГАТЭ — по радиационной безопасности.

Развивается и материальная база УНЦ. В 1995 году введены в эксплуатацию современный компьютерный класс и лекционная аудитория на базе локальной сети УНЦ, включенная в глобальную сеть INTERNET через ETHERNET ОИЯИ. Оборудуется помещение под новую современную лекционную аудиторию.

Продолжается выпуск учебно-методических пособий УНЦ. Вышли в свет «Введение в теорию ядерных реакций с тяжелыми ионами» под номером УНЦ-95-2 и «Introduction to Theoretical Intermediate Energy Nuclear Physics» под номером УНЦ-95-3.

Объединенный
институт
продолжает
развиваться
как крупный
многоплановый
международный
научный
центр,
в котором
интегрированы
фундаментальные
исследования
в области
современной
ядерной
физики,
разработки
и применения
новейших
технологий
и университетское
образование
в соответствующих
областях
знаний.

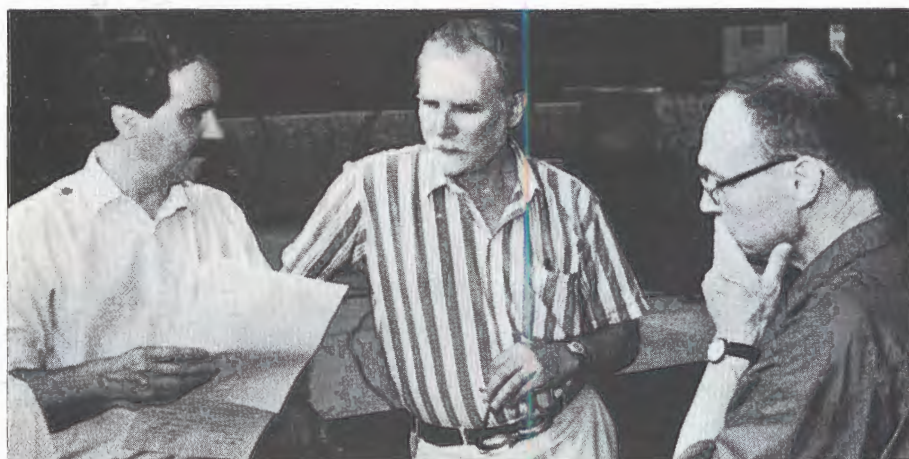
Лаборатория высоких энергий.
В работах по проекту «Сфера»
принимает участие группа
японских физиков
из университетов г. Нагои
и г. Миядзаки во главе
с проф. Т.Иватой (справа)



Участники первого эксперимента с масштабной поляризованной мишенью
на пучке поляризованных нейтронов синхротрона ОИЯИ



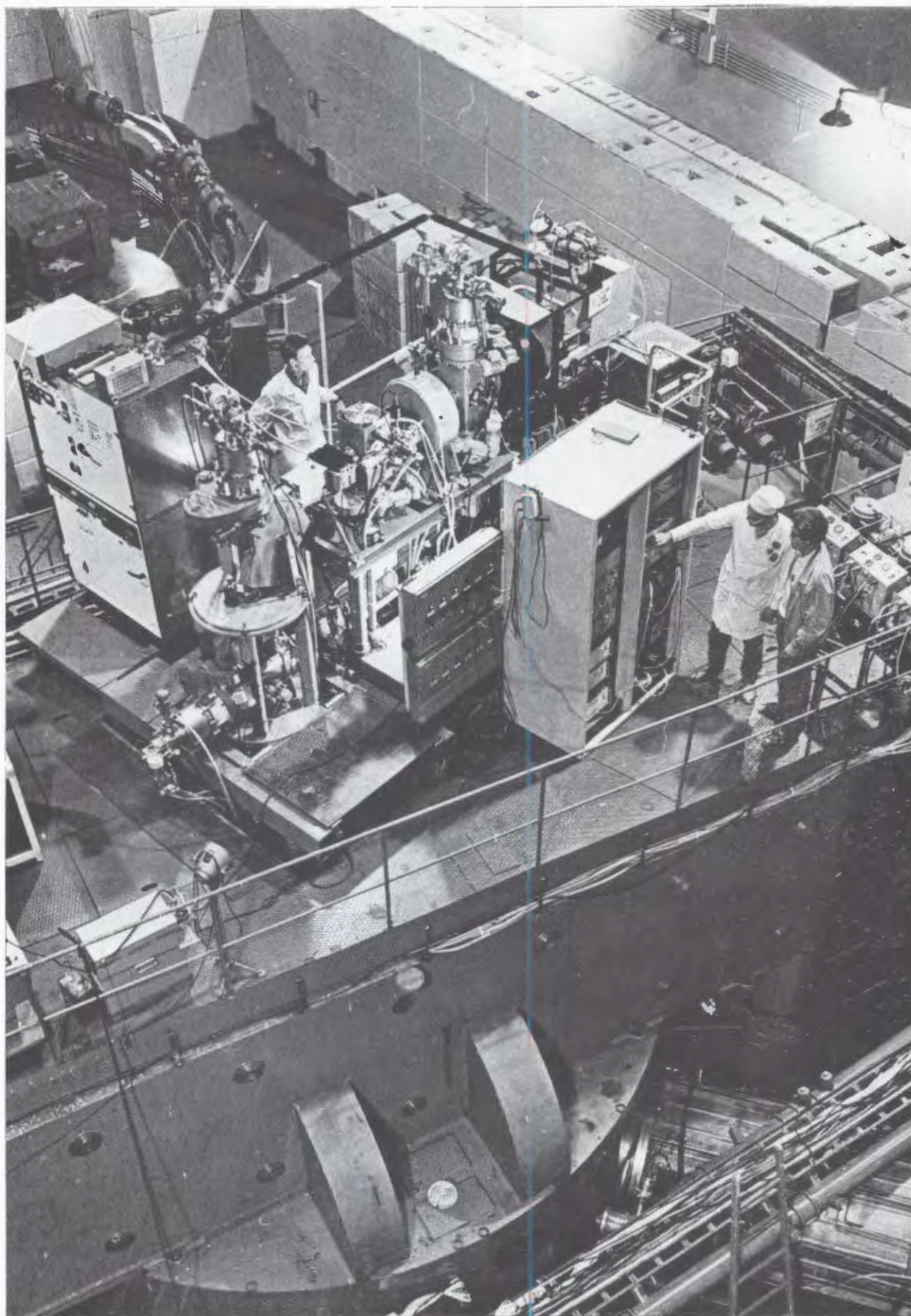
Лаборатория теоретической физики. Участники рабочего совещания по физике промежуточных и высоких энергий, организованного совместно учеными Дубны и Тайваня



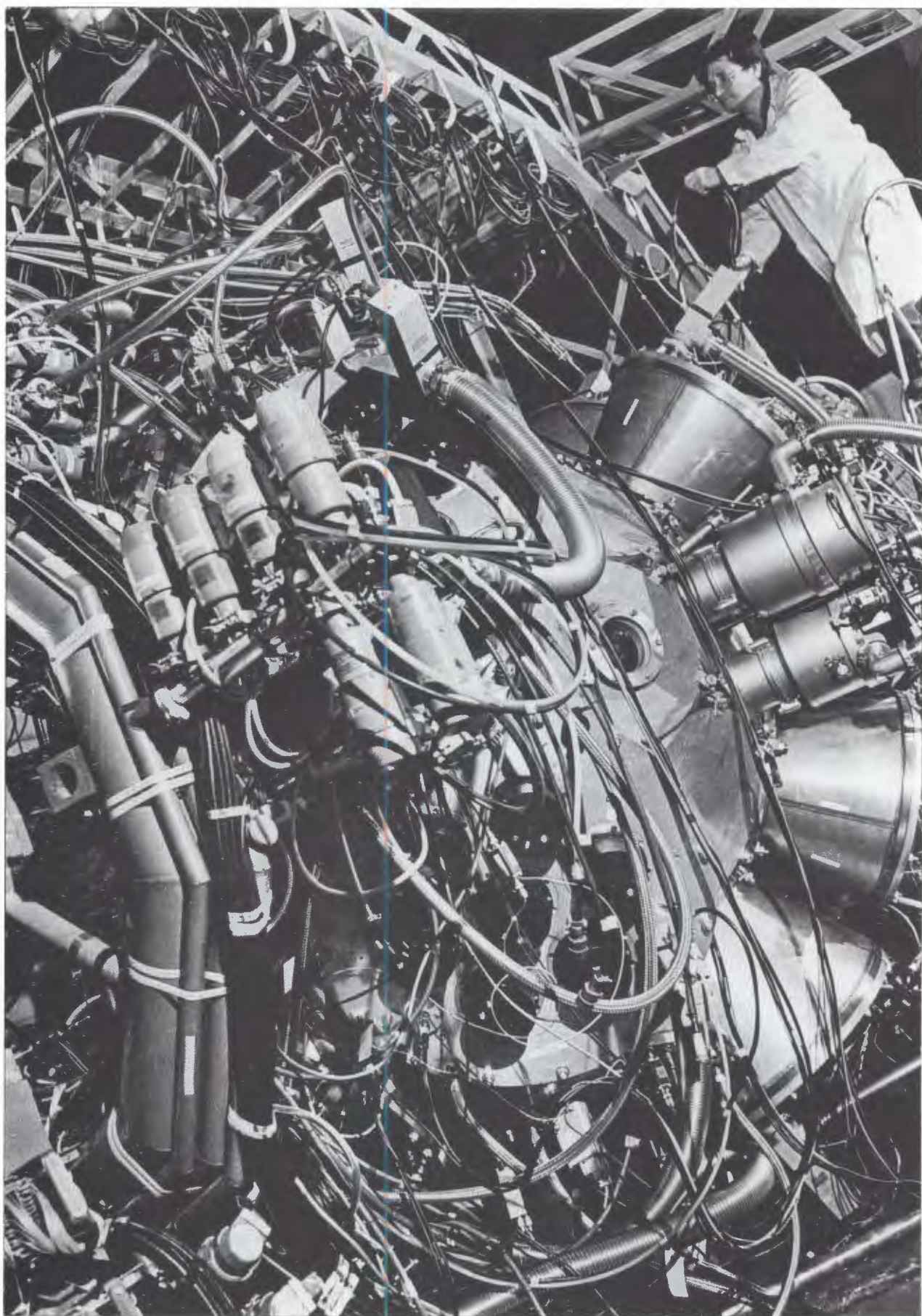
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации. Проф. А.Каро (Аргентина), директор ОИЯИ проф. В.Г.Кадышевский и директор ЛВТА проф. Р.Позе после общенститутского научного семинара



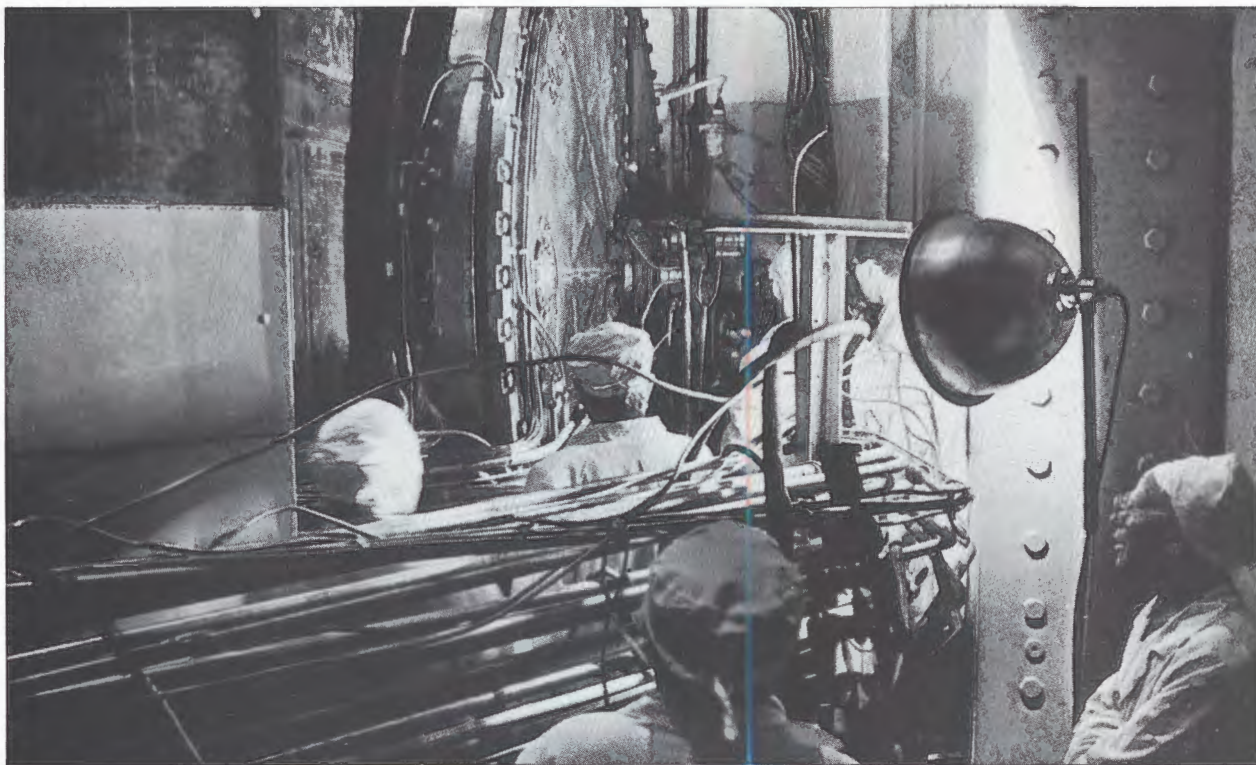
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации. Проф. Х.Гутьеррес (слева) из Университета Кантании (г. Сантандер, Испания) демонстрирует свои новые разработки в отделе вычислительной физики



Лаборатория ядерных реакций. Наладка внешнего ECR-источника **DECRIS-14**, созданного в лаборатории для циклотрона У-400М



Лаборатория ядерных реакций. Юстировка новой мишени на экспериментальной установке «Фобос»

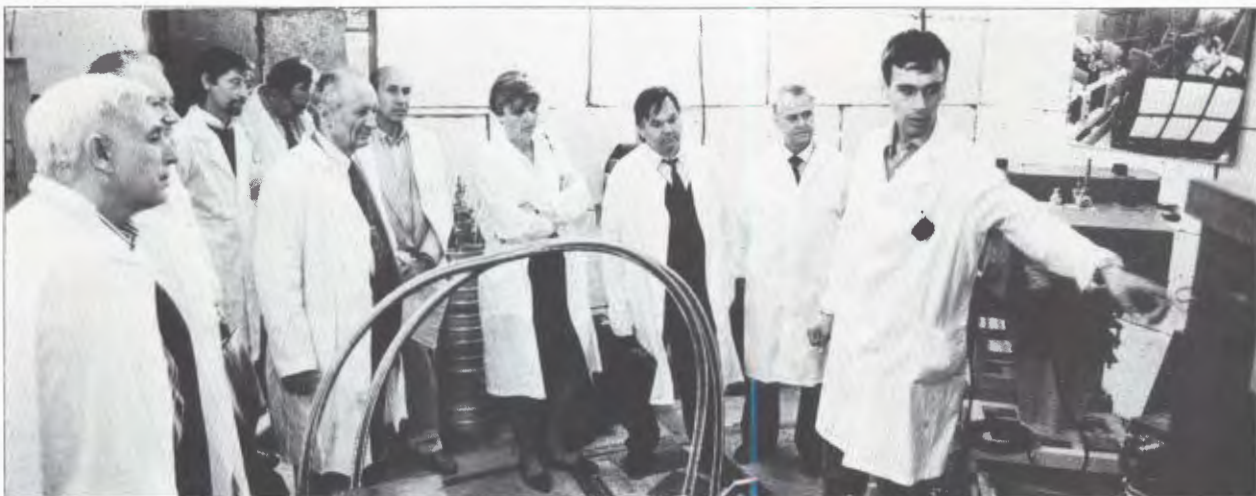


Лаборатория нейтронной физики. Новый подвижный отражатель ПО-2Р для реактора ИБР-2

Лаборатория нейтронной физики. Обсуждение технического проекта размножающей мишени источника резонансных нейтронов (ИРЕН)



Лаборатория нейтронной физики. Участники рабочего совещания по синхротронным и нейтронным исследованиям конденсированных сред знакомятся с экспериментальными установками на реакторе ИБР-2





Лаборатория сверхвысоких энергий. Семинар памяти профессора В.П.Саранцева. Открытие мемориальной доски



Дубна, 22 июля.
Рабочее совещание
по экспериментальному
комплексу CMS
на LHC (ЦЕРН)

Отделение радиационных
и радиобиологических
исследований ОИЯИ.
На снимке: измерения
на экспериментальном стенде





Лаборатория сверхвысоких энергий. Большой жидкокриптоновый калориметр, изготовленный в Государственном космическом научно-производственном центре им. Хруничева для совместного ОИЯИ — ЦЕРН эксперимента NA-48



Лаборатория ядерных проблем. Участники рабочего совещания по проблемам внедрения и развития позитронно-эмиссионной томографии знакомятся с клинико-физическим комплексом лаборатории

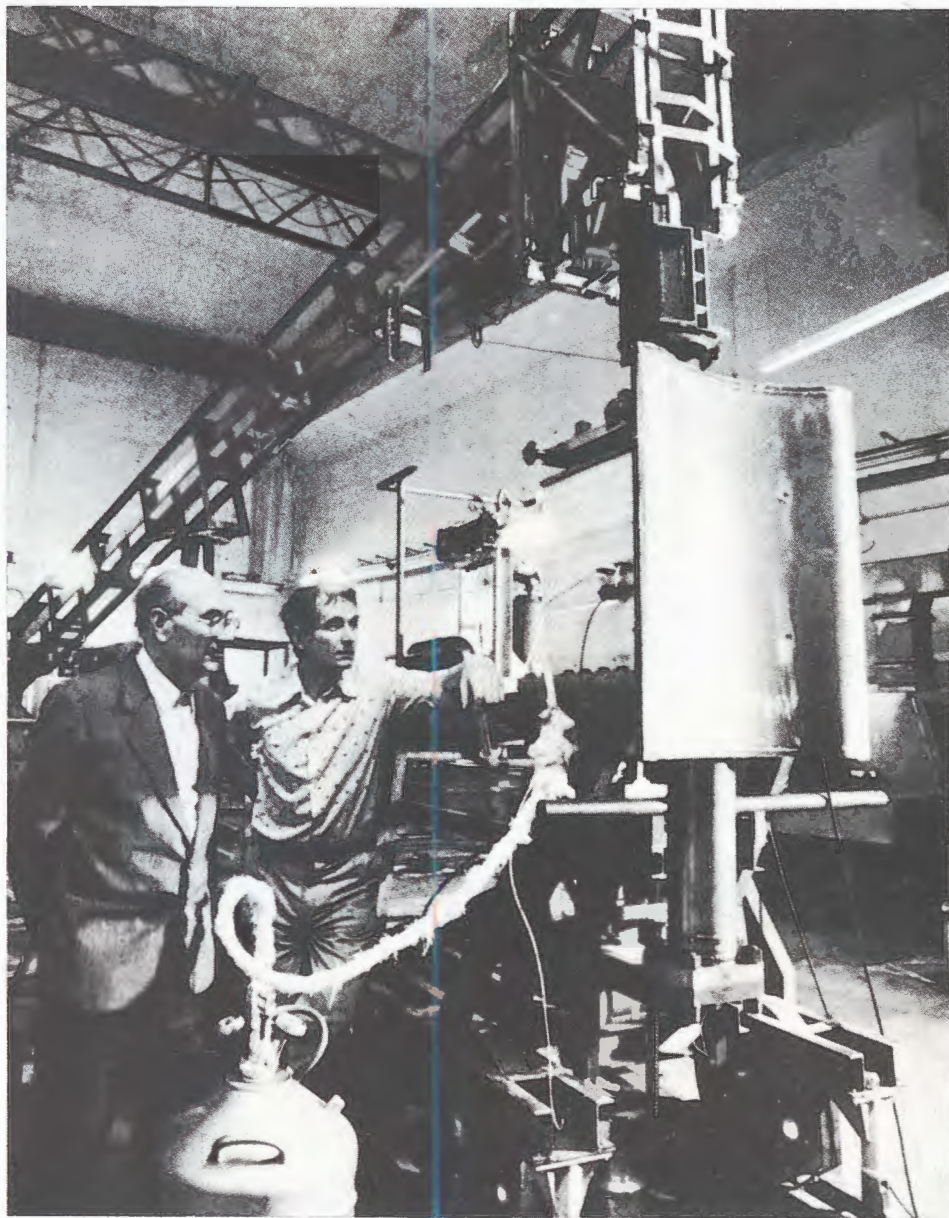


В марте Дубну посетила группа студентов-физиков Берлинского университета им. В.Гумбольдта (Германия). На снимке: немецкие студенты в Лаборатории ядерных реакций



Учебно-научный центр. Прием вступительных экзаменов в аспирантуру ОИЯИ

Лаборатория
нейтронной физики.
Установка для получения
пучка ультрахолодных
нейтронов высокой
плотности



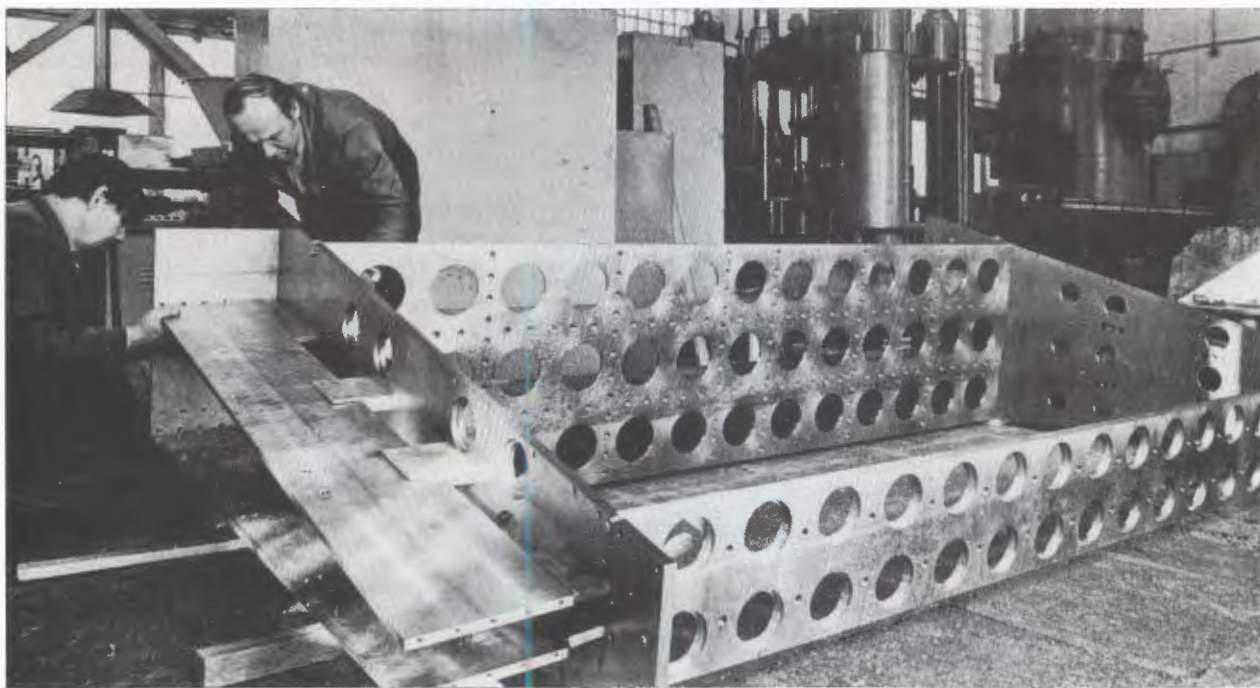
Лаборатория ядерных проблем. Заключительный этап сборки
первого субмодуля адронного калориметра установки ATLAS





Опытное производство ОИЯИ. Изготовление узлов циклотрона
для ускорительного комплекса «Тесла» в Белграде (Югославия)

Опытное производство. Сборка элементов конструкции установки NEMO



ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 1995 году издательский отдел выпустил в свет 570 наименований сообщений и препринтов ОИЯИ. Издано 208 служебных материалов.

Вышли из печати 36 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: труды III Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом, IV Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра (на английском языке), международного рабочего совещания по методам симметрии в физике памяти Я.А. Смородинского (в двух томах, англ. яз.), II Международного семинара по нейтрон-ядерным взаимодействиям «ISINN-2» (на английском языке), сборник лекций «VII школа по нейтронной физике», труды семинаров, посвященных 85-летию со дня рождения Д.И.Блохинцева, труды международного симпозиума «Физика и детекторы на LHC» (в трех томах, на английском языке), научные отчеты Лаборатории нейтронной физики, Лаборатории теоретической физики и Лаборатории ядерных реакций.

В 1995 г. вышли в свет шесть выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», в которые было включено 38 обзоров, и 6 сборников «Кратких сообщений ОИЯИ», в которые вошла 51 статья, содержащая оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты. Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы, совещания и школы, проводившиеся как в странах-участницах ОИЯИ, так и в других странах, издательским отделом было направлено 506 статей и докладов, содержащих результаты работ ученых Дубны. Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в таких журналах, как «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Теоретическая и математическая физика», «Приборы и техника эксперимента», «Ядерная физика», «Физика элементарных частиц и атомного ядра», «Physical Review», «Journal of Physics», «Physics Letters», «Zeitschrift für Physik», «Nuclear Physics», «Nuclear Instruments and Methods», «Modern Physics Letters» и др.

В 44 страны мира рассылались публикации Объединенного института.

Оперативному информированию читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ и отдела защиты интеллектуальной собственности. Увидели свет традиционный ежегодный «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1994 г.», «Отчет о деятельности ОИЯИ за 1994 г.» на русском и английском языках.

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование и переплетные работы. Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано более 300 тысяч различных бланков.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1995 г. число читателей НТБ и ее филиалов составило 4650 человек. Количество выданной за год литературы более 295 тыс. экземпляров. По заявкам читателей получено по межбиблиотечному абонементу 1091 издание. Выполнено 229 читательских заявок из других городов.

По всем источникам комплектования поступило более 11 тысяч книг, периодических изданий, препринтов, около 8 тысяч — на иностранных языках. Все поступившие издания отражались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. На 01.01.96 библиотечный фонд составил более 400 тысяч экземпляров, из них около 170 тысяч — на иностранных языках.

Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты». Выпущено 156 номеров, включивших информацию о 20268 изданиях. Эту информацию получают более 200 сотрудников Института, она рассылается по 77 ад-

ресам вне Института. Бюллетени заносятся в электронную почту.

Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, на них было представлено более 6000 названий. Подготовлен и издан «Библиографический указатель работ сотрудников Института за 1994 год».

За 1995 год в НТБ в порядке обмена на публикации ОИЯИ, выпускаемые издательским отделом, поступило 8334 издания из 37 стран, в том числе из:

Германии	— 1187,
России	— 750,
США	— 1395,
Японии	— 686,
ЦЕРН	— 2447.

Дополнительно в НТБ поступают научные журналы и книги (около 190 названий) из 28 стран.

ОТДЕЛ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

ИЗОБРЕТЕНИЯ

Оформлено и подано в Патентное ведомство Российской Федерации от имени Объединенного института ядерных исследований две заявки на патенты.

Шесть ранее поданных заявок на изобретения прошли положительную экспертизу, и на них получены охранные документы (патенты). Среди этих изобретений:

— «Способ формирования импульса ускоряющего электрического поля и устройство для его осуществления» (автор А.И.Сидоров),

— «Стабилизатор постоянного тока» (автор В.В.Калиниченко),

— «Способ получения микрофильтрационной мембраны» (В.А.Алтынов, П.Ю.Апель, Л.И.Кравец), которые планируется использовать в ОИЯИ.

РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Рационализаторы ОИЯИ решили несколько важных задач. Из них следует отметить следующие:

— «О наиболее короткой линии подачи воды для технических целей в зал ИБР-2» (ЛНФ),

— «Усовершенствование быстродействующего фоторегистратора установки СВД» (ЛСВЭ),

— «Модернизация линии связи датчиков магнитного поля канала установки «Альфа»» (ЛВЭ).

ПАТЕНТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

За 1995 год в отдел поступило 48 официальных патентных бюллетеней Российской Федерации и 60 патентных бюллетеней «Изобретения за рубежом» с информацией о патентах ведущих стран мира.

Все поступившие издания обрабатывались по тематике Объединенного института. На базе этого были выпущены 24 номера экспресс-бюллетеня «Патенты».

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1995 году в Опытном производстве ОИЯИ изготовлено продукции на 5155 млн руб. Около 50% производственных мощностей было занято заказами ОИЯИ. В основном для Института изготавливалось механическое оборудование:

- ловушка азотная для установки «Фобос»,
- электромагнит Д-15 и камера Д-30 для канала пучка тяжелых ионов У-400М,
- пневмодвигатель для У-400М,
- лавинный счетчик,
- вакуумная камера для нового циклотрона,
- механические элементы конструкции установки NEMO-3,
- кожуха зеркальных нейтроноводов 12-го канала ИБР-2.

Большой объем работ был выполнен по проектированию и изготовлению запасных частей, деталей и узлов оборудования для различных отраслей промышленности.

Серийно изготавливались в 1995 году цифровые телефонные станции, бытовые деревообрабаты-

вающие станки, различные виды печатных плат для электронных приборов.

Продукция, выпускаемая Опытным производством, поставляется в научные центры многих стран СНГ и Европы. Опытное производство располагает высококвалифицированными специалистами, имеет более 350 единиц различного оборудования. Здесь освоено свыше 80 технологических процессов. Сборочные цеха площадью 500—1000 м² оборудованы кранами грузоподъемностью от 10 до 30 тонн. Металлорежущие станки могут производить обработку деталей диаметром до 14 м.

Наличие гальванической механизированной линии «КОВО—ФИНИШ» (Чехия), размеры ванн 1200х300х600 мм, и специальных сушильных камер позволяет производить нанесение 12 видов защитно-декоративных и лакокрасочных покрытий.

Оборудование фотохимического участка позволяет изготавливать одно-, двух- и многослойные печатные платы, осуществлять золочение контактов, шелкографию, наносить защитную маску.

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 1995 год утвердил бюджет в сумме 30000,0 тыс. долларов США. Фактические расходы за год составили

22777,6 тыс. долларов США, или 75,9% по отношению к годовым ассигнованиям.

Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ Объединенного института ядерных исследований за 1995 год выполнялся как в сметной стоимости, так и по номенклатуре. Количество выполняемых тем в 1995 году было 66.

Фактические расходы характеризуются следующими показателями:

Наименование раздела	План годовых ассигнований, тыс. долл. США	Фактические расходы за 1995 г., тыс. долл. США	% к плану
I. Прямые расходы НИР по основным научным направлениям	14707,7	12697,0	86,3
II. Расходы на инфраструктуру лабораторий	7092,3	6298,9	88,8
III. Расходы на инфраструктуру ОИЯИ	4500,0	3781,7	84,0
IV. Резерв дирекции 5% бюджета	1500,0	—	—
V. Гранты полномочных представителей 8% долевого взноса стран-участниц	2200,0	—	—
Итого — расходы:	30000,0	22777,6	75,9

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

В состав Объединенного института ядерных исследований входят производственные, вспомогательные и обслуживающие подразделения.

Деятельность этих подразделений характеризуется основными показателями, приведенными в таблице:

Показатели	Годовой план	Фактически выполнено	% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг, тыс. долл. США	12425,8	13638,2	109,8%
2. Результат финансово-хозяйственной деятельности, тыс. долл. США	885,0	2204,3	249,1%
3. Затраты на один доллар выполненных работ и оказанных услуг, центы	0—92,9	0—83,8	
4. Численность работающих	1658	1547	

КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 1996 года составила 6074 человека (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают 8 академиков академий наук: В.Л.Аксенов, А.М.Балдин, И.А.Голутвин, В.Г.Кадышевский, В.И.Корогодин, А.М.Петросьянц, А.Н.Сисакян, Д.В.Ширков; 6 членов-корреспондентов академий наук: В.П.Джелепов, И.Звара, И.Н.Мешков, Р.М.Мир-Касимов, Ю.Ц.Оганесян, В.А.Халкин; 221 доктор наук, 661 кандидат наук, в том числе 85 профессоров и 4 доцента.

В 1995 году в ОИЯИ принято на работу 589 человек, уволено за этот период в связи с окон-

чанием срока работы и по другим причинам 742 человека.

В течение года присвоены ученые звания: профессора — 3 сотрудникам, старшего научного сотрудника — 26, младшего научного сотрудника — 7 сотрудникам. В специализированных советах ОИЯИ защитили диссертации 50 человек. Среди защитившихся сотрудники ОИЯИ (27), Азербайджанской Республики (1), Республики Армении (2), Белоруссии (1), Республики Болгарии (2), Республики Грузии (2), Республики Йемен (1), Монголии (2), Российской Федерации (7), Румынии (1), Республики Узбекистан (1), Украины (3).