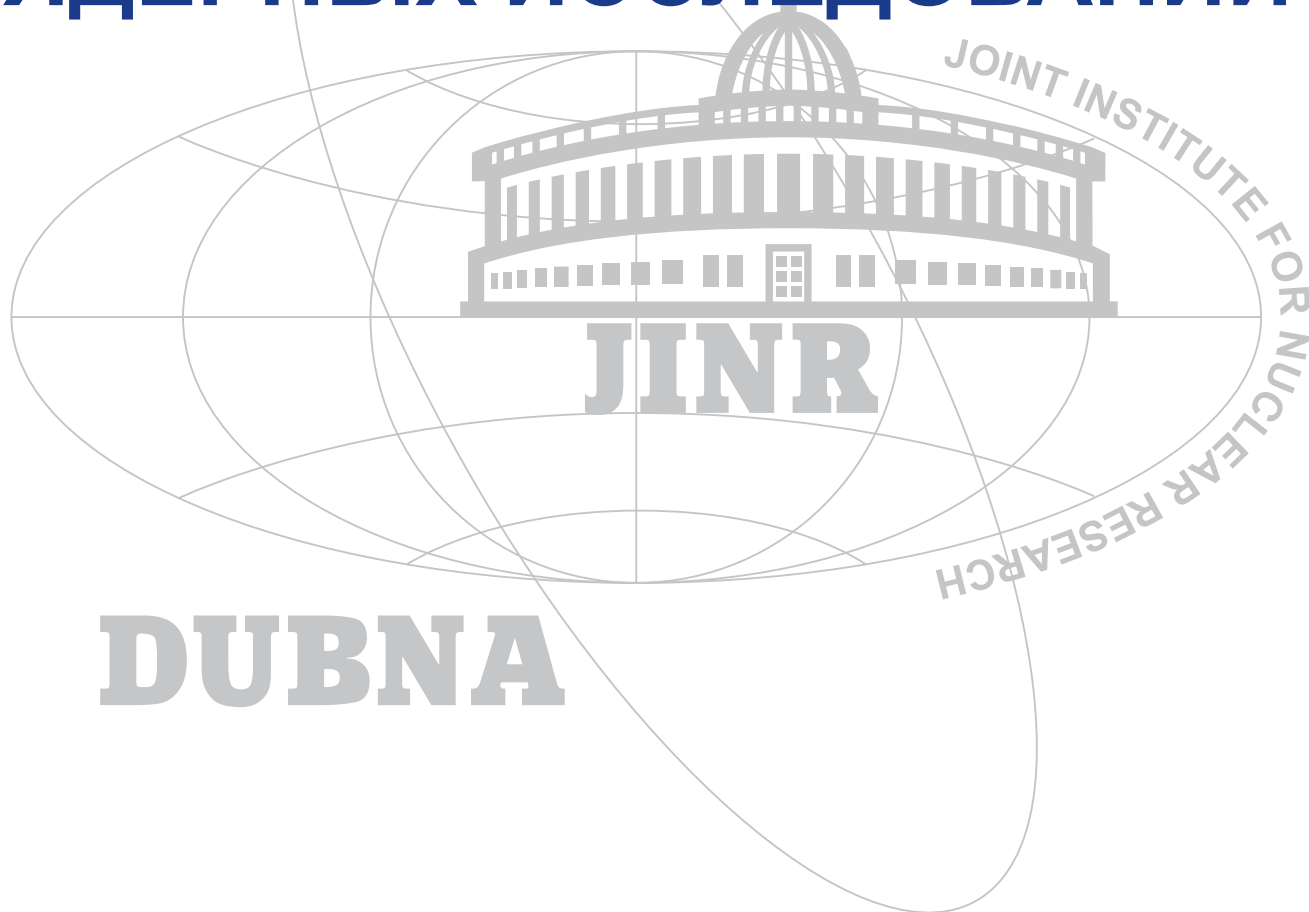
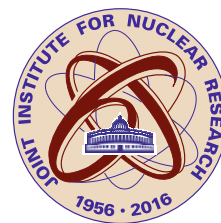


# 2014

## ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ





Объединенный институт ядерных исследований

Россия, 141980, Дубна, Московская обл.,  
ул. Жолио-Кюри, 6  
Телефон: (49621) 65-059  
Факс: (49621) 65-146, (495) 632-78-80  
E-mail: [post@jinr.ru](mailto:post@jinr.ru)  
Web <http://www.jinr.ru>

Электронная версия: [http://wwwinfo.jinr.ru/publish/Reports/Reports\\_rus.html](http://wwwinfo.jinr.ru/publish/Reports/Reports_rus.html)



### ГОСУДАРСТВА-ЧЛЕНЫ ОИЯИ:

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



### ГОСУДАРСТВА, С КОТОРЫМИ ЗАКЛЮЧЕНЫ СОГЛАШЕНИЯ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ НА ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОМ УРОВНЕ:

Венгерская Республика  
Федеративная Республика Германия  
Арабская Республика Египет  
Итальянская Республика  
Республика Сербия  
Южно-Африканская Республика



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ</b>	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ .....	11
Премии и гранты .....	30
<b>МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО</b>	
Научно-техническое сотрудничество .....	35
<b>НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ</b>	
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова .....	57
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ..	66
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова .....	75
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова .....	82
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка .....	88
Лаборатория информационных технологий .....	94
Лаборатория радиационной биологии .....	105
Учебно-научный центр .....	114
<b>ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ</b>	
Издательский отдел .....	121
Научно-техническая библиотека .....	123
Отдел лицензий и интеллектуальной собственности .....	124
<b>АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</b>	
Финансовая деятельность .....	129
Кадры .....	130



## ВВЕДЕНИЕ

Для Объединенного института 2014 г. стал результативным по целому ряду важнейших направлений. Состоявшийся в ноябре Комитет полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ высоко оценил научную значимость и перспективность проектов, над которыми работает наш интернациональный коллектив, а также значительные усилия по достижению ярких научных результатов и расширению международного научного сотрудничества.

В 2014 г. в фазу интенсивной реализации вступил проект создания сверхпроводящего коллайдера тяжелых ионов NICA — флагманский проект ОИЯИ. В стадии серийного производства находятся ключевые элементы криогенной системы комплекса, изготовлен новый инжектор. По разработанной в ОИЯИ оригинальной технологии начато производство сверхпроводящих магнитов для бустера проекта NICA и синхротрона проекта FAIR (Дармштадт). Работы по созданию уникального научного оборудования ведутся в тесном партнерстве со странами-участницами Института.

Впервые на нуклотроне реализован режим работы с двумя параллельными пользователями. Обеспечена циркуляция распущенного (бесструктурного) пучка последовательно на двух «столах» магнитного поля — для экспериментов на внутренней мишени и на выведенном пучке. Проведен первый сеанс работы с новым источником тяжелых ионов КРИОН-6Т в составе ускорительного комплекса. Оптимизировались режимы работы источника и ускорителя ЛУ-20 для получения ионов нескольких видов. Ускоренные и выведенные пучки ядер Ag использовались для проведения физических экспериментов.

Не менее успешно велись работы по комплексу DRIBs и сооружению ключевого элемента этого проекта — фабрики сверхтяжелых элементов. Как проект в целом, так и его базовый элемент — новый циклотрон ДЦ-280 выполняются на высочайшем технологическом уровне, что в дальнейшем обеспечит Институту лидирующие позиции в исследованиях по физике тяжелых ионов.

В ходе экспериментов по изучению свойств сверхтяжелых элементов в окрестности острова стабильности в реакции слияния кальция-48 с мишенными ядрами плутония-239 и плутония-240 впервые были синтезированы новые нейтронодефицитные изотопы флеровия:  $^{284}\text{Fl}$  и  $^{285}\text{Fl}$ .

Развернутая на спектрометрах реактора ИБР-2 широкая пользовательская программа позволила в 2014 г. принять на реализацию 150 заявок от ученых из разных стран для проведения экспериментов по физике, химии, биологии и биофизике, геологии, материаловедению, прикладным исследованиям. Была создана станция нейтронной радиографии и томографии, на которой получены первые результаты по исследованию внутренней структуры различных объектов: технологических, инженерных, палеонтологических, геофизических и др.

Нельзя не отметить существенный прогресс, достигнутый в модернизации инфраструктуры здания комплекса ИРЕН, а также успешные испытания новых модуляторов клистронов для этой установки.

В области теоретической физики среди значимых результатов можно выделить следующие. Предсказан новый эффект расщепления направленного потока заряженных пионов, каонов, протонов и антипротонов в асимметричной системе  $\text{Cu} + \text{Au}$  при нецентральных столкновениях с энергией  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  ГэВ. Показано, что это расщепление как функция поперечного импульса характеризуется электромагнитный отклик ранней неравновесной фазы адронной материи, возникающей в релятивистских столкновениях тяжелых ионов.

Впервые были рассчитаны поправки квантовой электродинамики в порядке  $m_e \alpha^7$  для трехчастичной кулоновской системы, что привело к рекордному 10-кратному улучшению результата для энергий перехода молекулярного иона водорода и антипротонного гелия. Это позволило достичь точности  $1,5 \cdot 10^{-11}$  в определении отношений масс электрона и протона.

В рамках активно развиваемой в Институте нейтринной программы начат первый этап строитель-

ства глубоководного гигатонного нейтринного телескопа GVD на озере Байкал, который станет новой исследовательской базой ОИЯИ для изучения потока нейтрино от астрофизических объектов.

На детекторе «Borexino» (Гран-Сассо, Италия) при весомом участии физиков ОИЯИ с рекордной точностью реализовано измерение потока солнечных нейтрино из  $pp$ -реакции в режиме реального времени. Результат находится в хорошем согласии с предсказаниями Стандартной солнечной модели и подтверждает явление осцилляций нейтрино.

Коллаборация BES-III (ИФВЭ КАН, Китай), в которую входит группа ОИЯИ, сообщила об интересном результате — наблюдении нового, чармониеподобного состояния  $Z_c(3900)$ . В этом эксперименте были найдены новые моды распада заряженных состояний  $Z_c^\pm$ , а также обнаружена нейтральная частица  $Z_c^0(4020)$ , предположительно являющаяся изоспиновым партнером заряженного состояния  $Z_c^\pm(4025)$ . Было получено значение массы тау-лептона, точность которого практически не уступает всем прежним измерениям.

В области информационных технологий специалистами ОИЯИ разработана новая система моделирования грид- и облачных сервисов, ориентированная на повышение эффективности разработки системы хранения и обработки данных ускорительного комплекса NICA. Был введен в эксплуатацию гетерогенный вычислительный кластер HybridIT, который, являясь эффективным компонентом многофункционального центра хранения, обработки и анализа данных, представляет собой крайне востребованную установку для решения ресурсоемких задач, возникающих в ходе научно-исследовательских работ в ОИЯИ.

В рамках развиваемого в Институте нового направления — астробиологии, которое сейчас привлекает внимание всего научного мира, было продолжено исследование реакции синтеза химических соединений из формамида при действии излучений с разной линейной передачей энергии. Реакции синтеза осуществлялись при облучении ускоренными протонами и ионами  $^{11}\text{B}$  и  $^{12}\text{C}$  в присутствии катализаторов, полученных из метеоритов различных классов. Получены представители всех классов молекул, необходимых для образования жизни на Земле: карбоновые кислоты, аминокислоты, сахара, нуклеиновые основания, нуклеозиды и другие сложные соединения. Данные исследования приближают нас к ответу о возможном происхождении жизни во Вселенной. Эксперименты выполнены в коллаборации с научными группами из Италии.

Радиобиологами ОИЯИ совместно с итальянскими коллегами из университетов Удине и Неаполя выполнены эксперименты по изучению защитного действия нового радиопротектора, синтезированного в Университете Неаполя. В результате облучения лабораторных животных пучком протонов с энергией

170 МэВ после введения радиопротектора выявлено его эффективное защитное влияние на организм облученных животных.

В 2014 г. в Учебно-научном центре проходили обучение более 400 студентов и аспирантов базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИРЭА, университета «Дубна» и университетов стран-участниц ОИЯИ. В аспирантуре ОИЯИ обучались около 40 человек. Летняя студенческая практика по направлениям исследований ОИЯИ проводилась в три этапа, в ней участвовали 140 человек.

Одной из первоочередных и чрезвычайно важных задач и для Института, и для стран-участниц является подготовка инженеров высокой квалификации. С этой целью при Учебно-научном центре ОИЯИ были созданы две новые структуры: научно-инженерная группа и отдел разработки и создания образовательных программ.

В прошедшем году усилия руководства Института были направлены на развитие связей как со странами-участницами, так и с государствами, которые выражают заинтересованность в укреплении сотрудничества с ОИЯИ. Объединенный институт посетили представительные делегации из Китая, Индии, Аргентины, Японии, Франции. Подписаны меморандумы о сотрудничестве и контракты, активизируется обмен учеными и специалистами. В декабре в Дубне состоялся крупный научный форум по вопросам участия китайских организаций в проектах мегасайенс на территории России и российского участия в аналогичных проектах на территории Китая. Он собрал представителей Министерства науки и образования РФ, Министерства науки и технологий КНР, научных центров России, Китая, Германии, Польши, Италии, Египта.

В 2014 г. ЦЕРН и ОИЯИ приняли важные решения о взаимном предоставлении статуса наблюдателя: для ОИЯИ — в Совете ЦЕРН и для ЦЕРН — в Комитете полномочных представителей правительств государств-участников ОИЯИ. С недавнего времени ОИЯИ имеет также своего представителя в Экспертном комитете Европейского научного фонда (NuPECC).

Отрадно отметить тот факт, что Россия как страна-участница и, одновременно, страна местопребывания ОИЯИ, несмотря на очень непростое экономическое положение, выступает гарантом стабильного развития ОИЯИ. Такая твердая позиция правительства России оказывает определенное влияние и на решения других стран-участниц.

Одним из приятных событий года стала победа сотрудника Лаборатории теоретической физики ОИЯИ А. В. Беднякова в конкурсе на право получения гранта Президента РФ в рамках государственной поддержки молодых российских ученых, кандидатов наук, в области «Физика и астрономия». Научная школа академика Д. В. Ширкова получила право на заключение госконтракта на грант Президента РФ

для поддержки ведущих научных школ в области «Физика и астрономия».

К сожалению, в 2014 г. наш Институт пережил и ряд тяжелых утрат. 24 сентября скоропостижно скончался Владимир Георгиевич Кадышевский — выдающийся российский ученый, физик-теоретик, академик РАН, научный руководитель Объединенного института, который с 1992 по 2005 г. являлся директором ОИЯИ. В памяти коллег он навсегда останется человеком, который был истинно предан науке и очень тепло, отзывчиво относился к людям.

Завершен пятый год Семилетней программы развития Института, и, оглядываясь на пройденный путь, мы видим, сколько уже сделано, и ясно оцениваем то, что еще предстоит. Для достижения поставленных целей нам понадобится не только высокий про-



фессионализм, но и умение сосредоточиться на магистральных задачах как в науке, образовании, инновационной деятельности, так и в совершенствовании научной и социальной инфраструктуры, без которой невозможен дальнейший прогресс.

Всего один год остается до 60-летия образования «нашего Института, нашего дома на берегу Волги», как часто называют его коллеги из стран-участниц, чья жизнь на протяжении многих лет была связана с Дубной. Мы начинаем подготовку к этому юбилею, понимая, что круглая годовщина со дня основания Института должна стать поводом для укрепления его престижа в мировом научном сообществе, еще большего сплочения всех поколений сотрудников для достижения единых целей. Мы по-прежнему смотрим с надеждой в будущее и осознаем необходимость выполнить все, что намечено.

В. А. Матвеев,  
директор Объединенного института  
ядерных исследований

# 2014

**РУКОВОДЯЩИЕ  
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ  
ОРГАНЫ ОИЯИ**

JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH  
JINR







# РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

## СЕССИИ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

**Весенняя сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 25–26 марта под председательством представителя Российской Федерации Л. М. Огородовой.**

КПП заслушал доклад директора Института В. А. Матвеева «О рекомендациях 115-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2014 г.). О результатах деятельности ОИЯИ в 2013 г.», принял к сведению рекомендации 115-й сессии Ученого совета ОИЯИ, а также информацию дирекции ОИЯИ по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 2013 г. и о планах Института на 2014 г., поддержал инициативу дирекции ОИЯИ, одобренную Ученым советом, по консолидации программы исследований в области физики нейтрино и астрофизики, поручив дирекции ОИЯИ представить Ученому совету и КПП перспективный план реализации этой программы с учетом внутренних и внебюджетных источников.

КПП одобрил дальнейшее развитие контактов между ОИЯИ и европейскими органами, такими как Европейский стратегический форум по исследовательским инфраструктурам (ESFRI) и Стратегическая рабочая группа по вопросам физических наук и технологий ESFRI, и поддержал инициативу Ученого совета об обращении в Совет ЦЕРН с предложением о взаимной договоренности об установлении статуса наблюдателя ОИЯИ в ЦЕРН и ЦЕРН в ОИЯИ, что будет способствовать дальнейшему укреплению и активизации сотрудничества между этими международными организациями.

КПП поддержал деятельность по созданию учебных установок на базе имеющегося в ОИЯИ оборудования, для чего рекомендовал создать научно-инженерное подразделение на базе УНЦ. Это позволит создать дополнительные условия для реализации

современных образовательных программ по подготовке научно-технических кадров для исследовательских центров стран-участниц и ОИЯИ.

Заслушав доклад главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2013 г.», КПП принял к сведению представленную информацию и распорядился провести заседание рабочей группы с участием председателя Финансового комитета по вопросу проработки принципов новой методики расчета взносов государств-членов в бюджет ОИЯИ до ноября 2014 г.

КПП отложил принятие решения по задолженности государств-членов ОИЯИ, возникшей в 2002–2003 гг., до утверждения новой методики расчета взносов в 2015 г. в связи с риском возникновения в дальнейшем чрезмерной финансовой нагрузки на ряд государств, имеющих такую задолженность.

В соответствии с Уставом ОИЯИ КПП приостановил прием новых специалистов, направляемых полномочными представителями правительств Кореической Народно-Демократической Республики и Республики Узбекистан, участвующих в работе Института, в связи с наличием у этих государств-членов многолетней финансовой задолженности по уплате взносов в бюджет Института.

КПП рекомендовал полномочным представителям правительств государств-членов в целях планомерной подготовки к очередному финансовому году заключать соглашения с дирекцией Института на очередной финансовый год не позднее ноября предшествующего года.

Заслушав доклад председателя Финансового комитета С. Кулганека «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 21–22 марта 2014 г.», КПП утвердил протокол заседания и отчет ОИЯИ за 2013 г.: об исполнении бюджета по расходам — 127 011,7 тыс. долларов США, об исполнении бюджета по доходам — 139 948,2 тыс. долларов США.

КПП утвердил предложенную редакцию «Положения о внутреннем аудите ОИЯИ» с учетом рекомендаций рабочей группы, Финансового комитета и Комитета полномочных представителей и уполномочил директора Института утвердить «Положение о закупочной деятельности ОИЯИ» и провести необходимые мероприятия для введения в действие данного положения. КПП поручил дирекции Института продолжить совершенствование документов, регламентирующих финансовую деятельность ОИЯИ, и представить их на заседание Финансового комитета в ноябре 2014 г.

По предложению директора Института В. А. Матвеева и на основании результатов голосования КПП утвердил в должности вице-директора доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН Г. В. Трубникова на срок полномочий директора ОИЯИ по 31 декабря 2016 г.

КПП принял к сведению информацию о расторжении Инвестиционного соглашения между ОИЯИ и ОАО «Роснано», заключенного 20 сентября 2010 г., о реализации проекта «Расширение производства многоцелевых детекторов для идентификации широкого спектра веществ на основе технологии меченых нейтронов», а также одобрил выход ОИЯИ из состава участников ООО «Нейтронные технологии», рекомендовав дирекции ОИЯИ согласовать возможность возврата доли Института в виде недвижимого имущества, внесенного в качестве вклада в уставной капитал общества при его учреждении.

Заслушав доклад вице-директора Института Г. В. Трубникова «Научная инфраструктура ОИЯИ в области исследований на пучках тяжелых ионов: статус и перспективы», КПП одобрил представленную долгосрочную стратегическую программу исследований ОИЯИ на пучках тяжелых ионов, а также отметил прогресс в реализации проектов NICA и DRIBs-III. КПП поддержал дирекцию в ее следовании графикам осуществления проектов и приоритетах, базирующимся на рекомендациях программно-консультативных комитетов и Ученого совета, а также в соблюдении формата распределения ресурсов по представленным научным направлениям.

КПП также заслушал доклад директора ЛЯП В. А. Беднякова «Нейтронная физика и астрофизика в ОИЯИ» и информацию начальника сектора ЛНФ М. В. Фронтасевой «Об участии ОИЯИ в Конвенции ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния».

**Осенняя сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 21–22 ноября под председательством полномочного представителя правительства Республики Болгарии Л. Костова.**

Комитет полномочных представителей выразил соболезнования коллективу Института в связи с кончиной академика РАН В. Г. Кадышевского, науч-

ного руководителя ОИЯИ, директора ОИЯИ с 1992 по 2005 г., внесшего огромный вклад в обеспечение успешной работы и в дальнейшее развитие ОИЯИ на основе широкого международного сотрудничества.

КПП заслушал и обсудил доклад директора Института В. А. Матвеева «О рекомендациях 116-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2014 г.)». Краткий обзор результатов деятельности ОИЯИ в 2014 г. и планы на 2015 г., утвердил рекомендации 115-й и 116-й сессий Ученого совета, Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2015 г.

Комитет отметил достижения интернационального коллектива ученых и специалистов ОИЯИ в исполнении одобренных Ученым советом ОИЯИ планов научно-исследовательских работ и международного научного сотрудничества, в решении задач Семилетнего плана развития ОИЯИ, в том числе получение в 2014 г. ряда важных результатов в области фундаментальных физических исследований мирового уровня, таких как: вклад в экспериментальное измерение с рекордной точностью в международном проекте «Vogelino» (LNGS, INFN) потока солнечных  $pp$ -нейтрино; впервые осуществленный синтез нейтронодефицитных изотопов флеровия  $^{284}\text{Fl}$  и  $^{285}\text{Fl}$  в слиянии изотопа  $^{48}\text{Ca}$  с мишенными ядрами плутония  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{240}\text{Pu}$ ; успешная реализация технологии стохастического охлаждения пучка ионов на нуклотроне-М; создание и запуск производственной линии изготовления и наладки сверхпроводящих магнитов для бустера проекта NICA и для синхротрона проекта FAIR (Дармштадт, Германия); получение новых результатов в исследовании конденсированных сред с использованием методов нейтронографии; развитие новых ядерно-физических подходов к исследованию проблем астробиологии и вопросов происхождения жизни на Земле.

КПП поддержал усилия дирекции ОИЯИ по развитию связей с китайскими, индийскими, латиноамериканскими и другими научными организациями и исследовательскими центрами, выражающими намерение присоединиться к научной программе Института.

КПП выразил признательность Совету ЦЕРН за принятое им решение о наделении ОИЯИ статусом наблюдателя в этой крупнейшей международной организации и о готовности принять статус наблюдателя в ОИЯИ.

КПП отметил результаты эффективной работы созданной службы внутреннего аудита ОИЯИ, позволившие выработать пути улучшения исполнительской дисциплины и экономических показателей работы проверяемых подразделений, поддержал действия дирекции ОИЯИ по внедрению современных методов и инструментов закупочной деятельности, рекомендовав продолжить совершенствование документов, регламентирующих финансовую деятельность ОИЯИ, а также одобрил планы

дирекции Института по разработке программы совершенствования структуры и системы управления ОИЯИ.

Комитет одобрил деятельность Учебно-научного центра ОИЯИ по созданию научно-инженерной группы УНЦ для учебных и практических программ по подготовке научно-технических кадров для лабораторий Института и исследовательских центров государств-членов ОИЯИ.

КПП поручил дирекции Института подготовить план проведения мероприятий по празднованию 60-летия со дня образования ОИЯИ в странах-участницах и странах, с которыми Институт имеет соглашения о международном научно-техническом сотрудничестве.

КПП поддержал просьбу дирекции ЛФВЭ, одобренную участниками международного симпозиума «70-летие открытия принципа автофазировки» (Дубна, 10–15 ноября 2014 г.), о присвоении имени В. И. Векслера площади перед корпусом № 3 на территории лаборатории.

Комитет поздравил профессора Л. Костова с присвоением ему Ученым советом звания «Почетный доктор ОИЯИ» за выдающийся вклад в развитие науки и в подготовку молодых ученых.

По докладу «О проекте бюджета ОИЯИ на 2015 г., о проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2016, 2017, 2018 гг.», представленному главным бухгалтером Института С. Н. Доценко, КПП утвердил бюджет ОИЯИ на 2015 г. с общей суммой расходов 180,86 млн долларов США и взносы государств-членов ОИЯИ на 2015 г. КПП определил ориентировочный размер бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2016 г. в сумме 207,53 млн долларов США, на 2017 г. — в сумме 212,58 млн долларов США, на 2018 г. — в сумме 217,82 млн долларов США и принял ориентировочные суммы взносов и выплаты задолженностей государств-членов ОИЯИ на 2016, 2017, 2018 гг.

КПП разрешил дирекции ОИЯИ проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета Института на 2015 г., в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2014–2017 гг.

Комитет одобрил предложение Республики Белоруссии об обращении ОИЯИ в правительства государств-членов ОИЯИ, являющихся членами Таможенного союза, — Республики Белоруссии, Республики Казахстан и Российской Федерации и непосредственно в органы Таможенного союза о включении ОИЯИ в перечень организаций, для которых применяется льготная ставка НДС.

Заслушав доклад директора аудиторской фирмы «МС-Аудит» А. П. Седышева «Об итогах аудиторской проверки финансово-хозяйственной деятельности Института за 2013 г.» и рекомендации Финансового комитета, КПП утвердил аудиторское заключение за 2013 г.

По докладу председателя Финансового комитета С. Кулганека «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 18–19 ноября 2014 г.» КПП утвердил протокол заседания, а также отчет ОИЯИ за 2013 г.: об исполнении бюджета по расходам — 127 011,7 тыс. долларов США, с суммой заключительного баланса на 01.01.2014 г. — 665 022,0 тыс. долларов США.

КПП создал рабочую группу при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ из представителей Республики Белоруссии, Республики Болгарии, Грузии, Республики Казахстан, Республики Польша, Российской Федерации, Чешской Республики.

По рекомендации Финансового комитета КПП принял принципы новой методики за основу расчета шкалы взносов государств-членов в бюджет ОИЯИ и поручил дирекции Института и рабочей группе подготовить окончательную редакцию данной методики для утверждения КПП в марте 2015 г.

По информации главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича о довыборах в состав Ученого совета ОИЯИ КПП удовлетворил просьбу профессора Г. Пираджино (Туринский университет, Италия) о сложении полномочий, объявил ему благодарность за плодотворную деятельность в качестве члена Ученого совета и избрал членом Ученого совета профессора А. Маджору (INFN, Турин, Италия).

Заслушав и обсудив информацию Н. А. Русаковича «О перспективах развития взаимоотношений ОИЯИ с ЦЕРН и органами научной политики Евросоюза», КПП принял к сведению информацию о решении Совета ЦЕРН по предоставлению ОИЯИ статуса наблюдателя. КПП предоставил Европейской организации ядерных исследований статус наблюдателя в Комитете полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ и пригласил представителя ЦЕРН принять участие в заседании КПП в марте 2015 г. и последующих совещаниях КПП.

КПП приветствовал решение Экспертного комитета Европейского научного фонда (ESF NuPECC) о включении представителя ОИЯИ в состав этого комитета, отметив, что участие ОИЯИ в работе NuPECC, несомненно, будет способствовать интеграции базовых установок ОИЯИ в общеевропейскую научную инфраструктуру.

КПП обратился с просьбой к полномочным представителям государств-членов ОИЯИ, являющихся членами Евросоюза, организовать через представителей своих стран в Европейском стратегическом форуме по исследовательским инфраструктурам выдвижение и поддержку предложения о включении проекта NICA в новую редакцию Европейской дорожной карты по исследовательским инфраструктурам.

По информации заместителя руководителя Управления научно-организационной работы и международного сотрудничества Института Д. В. Каманина

# РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Азербайджанская Республика	– Н. Тимур-оглы Мамедов	Республика Куба	– Ф. К. Диас-Баларт
Республика Армения	– С. Г. Арутюнян	Республика Молдова	– И. Тигиняну
Республика Белоруссия	– А. Г. Шумилин	Монголия	– С. Даваа
Республика Болгария	– Л. Костов	Республика Польша	– М. Валигурски
Социалистическая		Российская Федерация	– Д. В. Ливанов
Республика Вьетнам	– Ле Хонг Кхьем	Румыния	– Н. В. Замфир
Грузия	– А. Хведелидзе	Словацкая Республика	– С. Дубничка
Республика Казахстан	– К. К. Кадыржанов	Республика Узбекистан	– не назначен
Корейская Народно-		Украина	– Б. В. Гринев
Демократическая Республика	– Ли Че Сон	Чешская Республика	– Я. Добеш

### Финансовый комитет

По одному представителю от  
каждой страны-участницы ОИЯИ

## УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Председатель – В. А. Матвеев  
Сопредседатель – М. Валигурски (Республика Польша)  
Ученый секретарь – Н. А. Русакович

О. Бахрам-оглы Абдинов	– Азербайджанская Республика	Нгуен Мань Шат	– Социалистическая Республика Вьетнам
Ц. Баатар	– Монголия	Г. Пираджино	– Италия
К. Борча	– Румыния	И. Повар	– Республика Молдова
М. Будзыньски	– Республика Польша	Г. С. Погосян	– Республика Армения
М. Валигурски	– Республика Польша	С. Поспишил	– Чешская Республика
И. Вильгельм	– Чешская Республика	Э. Рабинович	– Израиль
С. Галес	– Франция	В. А. Рубаков	– Российская Федерация
М. Гнатич	– Словацкая Республика	К. Русек	– Республика Польша
Б. В. Гринев	– Украина	А. Н. Скринский	– Российская Федерация
Н. Джокарис	– Греция	М. Спиро	– Франция
И. П. Диас	– Республика Куба	Ч. Стоянов	– Республика Болгария
А. Дубничкова	– Словацкая Республика	В. И. Стражев	– Республика Белоруссия
М. Ежабек	– Республика Польша	Г. Стратан	– Румыния
А. Г. Загородний	– Украина	Н. Тончев	– Республика Болгария
Г. М. Зиновьев	– Украина	Н. Е. Тюрин	– Российская Федерация
П. Йенни	– Швейцария	П. Фре	– Италия
В. Г. Кадышевский	– Российская Федерация	Э. Харрисон	– Франция
Е. А. Кенжин	– Республика Казахстан	Г. Хуухэнхуу	– Монголия
С. Я. Килин	– Республика Белоруссия	Чан Дык Тхиеп	– Социалистическая Республика Вьетнам
Ким Сон Хиок	– Корейская Народно-Демократическая Республика	Л. Чифарелли	– Италия
М. В. Ковальчук	– Российская Федерация	Б. Ю. Шарков	– Российская Федерация
Г. Н. Кулипанов	– Российская Федерация	Х. Штёкер	– Германия
В. А. Матвеев	– Российская Федерация	Н. М. Шумейко	– Республика Белоруссия
И. Мних	– Германия	М. Элиашвили	– Грузия
Д. Л. Надь	– Венгерская Республика	Не назначен	– Республика Узбекистан

### Программно-консультативный комитет по физике частиц

Председатель – И. Церруя (Израиль)  
Ученый секретарь – А. П. Чеплаков

### Программно-консультативный комитет по ядерной физике

Председатель – В. Грайнер (Германия)  
Ученый секретарь – Н. К. Скобелев

### Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

Председатель – В. Канцер (Молдова)  
Ученый секретарь – О. В. Белов

# СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## ДИРЕКЦИЯ

Директор В. А. Матвеев  
Вице-директор М. Г. Иткис  
Вице-директор Р. Ледниcki  
Вице-директор Г. В. Трубников  
Главный ученый секретарь Н. А. Русакович  
Главный инженер Г. Д. Ширков

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова
Директор В. В. Воронов
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– свойств симметрии элементарных частиц</li><li>– структуры теории поля</li><li>– взаимодействий элементарных частиц</li><li>– теории атомного ядра</li><li>– теории конденсированных состояний</li></ul>

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка
Директор В. Н. Швецов
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– ядер методами нейтронной спектроскопии</li><li>– фундаментальных свойств нейтронов</li><li>– атомной структуры и динамики твердых тел и жидкостей</li><li>– высокотемпературной сверхпроводимости</li><li>– реакций на легких ядрах</li><li>– материалов методами рассеяния нейтронов, нейтронно-активационного анализа и нейтронной радиографии</li><li>– динамических характеристик импульсного реактора ИБР-2</li></ul>

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина
Директор В. Д. Кекелидзе
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– взаимодействий многозарядных ионов в широкой области энергий</li><li>– в области релятивистской ядерной физики</li><li>– структуры нуклонов</li><li>– сильных взаимодействий частиц</li><li>– резонансных явлений во взаимодействиях частиц</li><li>– электромагнитных взаимодействий</li><li>– методов ускорения частиц</li></ul>

Лаборатория информационных технологий
Директор В. В. Кореньков
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– по обеспечению развития и функционирования компьютерно-сетевой инфраструктуры ОИЯИ</li><li>– оптимальных возможностей использования международных компьютерных сетей и информационных систем</li><li>– современных средств вычислительной физики, создание и развитие стандартного математического обеспечения</li></ul>

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова
Директор В. А. Бедняков
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– нейтрино и редких процессов</li><li>– сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий</li><li>– структуры ядер мезоатомных процессов и ядерная спектроскопия</li><li>– методов ускорения частиц</li><li>– прикладные, радиобиологические и медицинские</li></ul>

Лаборатория радиационной биологии
Директор Е. А. Красавин
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– по радиационной генетике и радиобиологии</li><li>– по фоторадиобиологии</li><li>– по астробиологии</li><li>– по физике защиты от излучений</li><li>– математическое моделирование радиационно-индуцированных эффектов</li></ul>

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова
Директор С. Н. Дмитриев
<b>Исследования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– свойств тяжелых элементов, слияния и деления сложных ядер, кластерной радиоактивности, реакций на изомерной мишени гафния</li><li>– реакций на пучках радиоактивных ядер, структуры нейтроноизбыточных легких ядер, неравновесных процессов</li><li>– взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами</li><li>– методов ускорения частиц</li></ul>

Учебно-научный центр
Директор С. З. Пакуляк
<b>Направления деятельности:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– обучение студентов старших курсов вузов</li><li>– аспирантура ОИЯИ</li><li>– работа со школьниками</li><li>– подготовка и переподготовка кадров по специальностям</li><li>– проведение школ и практик по направлениям исследований ОИЯИ</li></ul>

Общеинститутские службы
<ul style="list-style-type: none"><li>– общеинститутские научные и информационные отделы</li><li>– административно-хозяйственные подразделения</li><li>– производственные подразделения</li></ul>

«О перспективах привлечения новых стран в ОИЯИ» КПП поддержал усилия дирекции Института по привлечению Бразилии, Индии, КНР, Франции, а также Таджикистана к участию в ОИЯИ на основе соглашений с их правительствами.

КПП заслушал и обсудил доклад директора ЛЯП В. А. Беднякова «Перспективы реализации

нейтринной программы ОИЯИ», а также принял к сведению информацию полномочного представителя правительства Румынии Н. В. Замфира о проекте Евросоюза в Румынии «Extreme Light Infrastructure — Nuclear Physics» и поблагодарил докладчиков за интересные и содержательные доклады.

## СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

**20–21 февраля состоялась 115-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством вице-директора Института Р. Ледницкого и профессора Института ядерной физики им. Г. Неводничанского и Центра онкологии М. Валигурского (Краков, Польша).**

Главный ученый секретарь ОИЯИ Н. А. Русакович проинформировал участников сессии о решениях Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2013 г.), а также представил обзор основных результатов деятельности Института в 2013 г. и планы на 2014 г.

Вице-директором ОИЯИ М. Г. Иткисом были освещены перспективы исследований в области физики тяжелых ионов. Директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе представил участникам сессии перспективы исследования плотной барионной материи на комплексе «Нуклотрон–NICA»: проекты BM@N и MPD. Директор ЛНФ В. Н. Швецов проинформировал о современном состоянии детекторных систем для нейтронной ядерной физики в ЛНФ.

Ученый совет заслушал научные доклады «Нерешенные проблемы физики нейтрино и астрофизики и потенциал эксперимента на Байкале», представленный В. А. Рубаковым, и «От одноуглеродных атомных соединений до спонтанного образования РНК. Каков источник энергии?», представленный Э. Ди Мауро.

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили: И. Церруа (ПКК по физике частиц), В. Грайнер (ПКК по ядерной физике), П. А. Алексеев (ПКК по физике конденсированных сред).

Состоялось утверждение в должностях заместителей директоров ЛЯП и ЛНФ. На сессии были представлены предложения о присуждении звания «Почетный доктор ОИЯИ». Состоялось вручение премии им. Б. М. Понтекорво и дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2013 г.

Ученый совет заслушал лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

**Общие положения резолюции.** Ученый совет принял к сведению информацию о решениях сессии Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2013 г.),

представленную главным ученым секретарем ОИЯИ Н. А. Русаковичем, а также с удовлетворением отметил существенный прогресс в реализации Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг., который касается, в частности, проведения подготовительных работ на площадке ускорительного комплекса NICA, строительства здания для фабрики сверхтяжелых элементов и ввода в действие новых современных спектрометров для установки ИБР-2. Ученый совет поддержал поручение в адрес дирекции ОИЯИ, данное Комитетом полномочных представителей, начать работу по подготовке перспективного плана развития ОИЯИ на период до 2020 г.

Ученый совет приветствовал инициативу дирекции ОИЯИ, поддержанную ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике, провести оценку и консолидировать программу по физике нейтрино и астрофизике ОИЯИ (особенно с учетом двух крупных флагманских проектов — Байкальской нейтринной обсерватории и нейтринных экспериментов на базе Калининской атомной станции) и рекомендовал пригласить ведущих мировых экспертов для участия в оценке этой программы.

Ученый совет дал высокую оценку сотрудничеству ученых по проекту FAIR и проекту NICA в области релятивистских столкновений тяжелых ионов.

Ученый совет с удовлетворением отметил развитие контактов между ОИЯИ и европейскими органами, такими как Европейский стратегический форум по исследовательским инфраструктурам (ESFRI) и Стратегическая рабочая группа по вопросам физических наук и технологий ESFRI, в которых ОИЯИ получил статус наблюдателя. Ученый совет выразил мнение, что статус наблюдателя ОИЯИ в ЦЕРН и ЦЕРН в ОИЯИ будет способствовать дальнейшему укреплению и активизации сотрудничества между этими международными организациями, и рекомендовал дирекции ОИЯИ обратиться в Совет ЦЕРН с предложением по достижению такой взаимной договоренности.

**Рекомендации по докладам.** Приняв к сведению доклад вице-директора ОИЯИ М. Г. Иткиса «Перспективы исследований в области физики тяжелых ионов», Ученый совет всецело поддержал планы реа-

лизации проекта DRIBs-III, включая создание фабрики сверхтяжелых элементов и новых экспериментальных установок, и намеченную программу исследований сверхтяжелых элементов и легких экзотических ядер при условии, что сроки выполнения проекта DRIBs-III будут соблюдены, и рекомендовал дирекции ОИЯИ и Комитету полномочных представителей предпринять необходимые меры для реализации этого важного проекта.

По докладу директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «Перспективы исследования плотной барионной материи на комплексе “Нуклотрон–NICA”: проекты BM@N и MPD» Ученый совет отметил успехи в подготовке программы в данной области исследований и в создании экспериментальных установок и подчеркнул приоритетность выполнения этих проектов.

Заслушав доклад «Современное состояние детекторных систем для нейтронной ядерной физики в ЛНФ», представленный директором ЛНФ В. Н. Швецовым, Ученый совет отметил значимость научных результатов, полученных в области нейтронной ядерной физики, и рекомендовал продолжать развитие современной приборной базы для сохранения достигнутых позиций.

**Рекомендации в связи с работой ПКК.** Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в январе 2014 г. и представленные профессорами И. Церруя, В. Грайнером и П. А. Алексеевым.

**По физике частиц.** Ученый совет принял к сведению комментарии, сделанные ПКК по докладам директоров ЛФВЭ, ЛЯП и ЛИТ, в частности, отметил следующее:

— Ученый совет дал высокую оценку уровню научных исследований, проводимых коллективом ЛФВЭ, и выразил поддержку усилиям руководства лаборатории, направленным на более широкое вовлечение сотрудников в программу исследований на ускорительном комплексе «Нуклотрон–NICA» при сохранении сбалансированного, но значимого участия во внешних проектах;

— Ученый совет признал важность научных программ, выполняемых в ЛЯП по нейтринной физике и астрофизике, и обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой рассмотреть возможность обсуждения всех проектов, относящихся к нейтринной физике, либо на заседании одного из программно-консультативных комитетов, либо на совместной сессии ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике с целью оценки приоритетов нейтринной программы ОИЯИ. Эта рекомендация, в частности, справедлива и к принятию решения об участии в новых проектах NOvA и COMET, предложенных ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике соответственно;

— Ученый совет поддержал усилия руководства ЛИТ по концентрации людских и материальных ресурсов для наилучшего обеспечения основных инте-

ресов ОИЯИ и стран-участниц. Что касается сервисных услуг, оказываемых сотрудниками ЛИТ другим исследовательским группам в ОИЯИ, Ученый совет обратился к дирекции лаборатории с просьбой прояснить свой подход в распределении ресурсов, в выборе направлений исследований, а также в том, каким образом пользователи участвуют в покрытии расходов на эту поддержку.

Ученый совет высоко оценил дальнейшее улучшение работы нуклотрона, продемонстрированное в ходе 48-го сеанса, и одобрил начало работ по подготовке территории для строительства комплекса NICA. Ученый совет с удовлетворением отметил, что экспертный комитет по ускорительному комплексу «Нуклотрон–NICA» одобрил достижения участников проекта и поддержал решения и планы, намеченные ими для преодоления многочисленных трудностей.

Отметив успехи в выполнении проекта BM@N, Ученый совет попросил участников представить детальную проработку этапов реализации проекта, включая подробную концепцию трековой системы, пригодной для работы установки с пучками ядер золота. Ученый совет призвал руководителей проекта и дирекцию ЛФВЭ создать соответствующий экспертный комитет и существенно увеличить персонал, задействованный в реализации проекта BM@N.

Ученый совет высоко оценил успехи в разработке, изготовлении и испытаниях прототипов детекторов MPD в 2013 г., а также прогресс в подготовке технического проекта MPD. Ученый совет призвал руководителей MPD и NICA сосредоточить усилия на завершении подготовки контрактов по двум критическим позициям — созданию магнита и строительству коллайдера, а также продолжить работу по формированию научной программы NICA, сосредоточившись на количественной оценке предложенных измерений, в тесном контакте с командами MPD, BM@N и CBM@FAIR. Ученый совет поблагодарил экспертный комитет по детектору MPD за анализ хода работ по выполнению проекта и рекомендовал ему продолжить эту работу.

**По ядерной физике.** Ученый совет с удовлетворением отметил продолжение работ на выведенных пучках и в мишенном зале установки ИРЕН: эксперименты по измерению спектров нейтронов из галлиевой нейтронопроизводящей мишени, разработку детального технического проекта, касающегося ускорительной структуры ИРЕН и перехода на неразмножающую нейтронопроизводящую мишень из естественного урана, и рекомендовал подготовить проект следующего этапа к июньской сессии ПКК.

Ученый совет одобрил итоги деятельности коллектива ЛЯП по реализации проекта DRIBs-III, отметив, в целом, что работы по этому проекту, связанные с созданием циклотрона ДЦ-280, строительству новых, а также модернизации действующих физических установок (сепараторов ACCULINNA-2 и

VASSILISSA-GABRIELLA, Gals и др.) идут в соответствии с графиком, утвержденным Семилетним планом развития Института. Для того чтобы привести в соответствие выполнение темы «Ускорительный комплекс пучков ионов стабильных и радиоактивных нуклидов (DRIBs-III)» с Семилетним планом ОИЯИ, Ученый совет рекомендовал продлить эту тему на два года с первым приоритетом. Вместе с тем Ученый совет констатировал отставание от графика работ по строительству нового экспериментального корпуса ЛЯР и рекомендовал дирекции ОИЯИ и дирекции ЛЯР принять все необходимые меры по обеспечению сроков запуска фабрики сверхтяжелых элементов — ключевого проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ.

Ученый совет одобрил новый проект «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций» (проект TANGRA), нацеленный на развитие методики меченых нейтронов для ядерно-физических исследований, которая уже успешно применяется в прикладных целях для обнаружения опасных веществ.

**По физике конденсированных сред.** Ученый совет высоко оценил стабильную работу установки ИБР-2, отметил важность реализации программы регулярных физических экспериментов в соответствии с пользовательской политикой и значимость распространения в научном сообществе информации о полученных результатах и возможностях новых и модернизированных установок. Ученый совет согласился с мнением ПКК, что развитие и внедрение программы пользователей ЛНФ на комплексе спектрометров установки ИБР-2 должно оставаться одним из приоритетных направлений деятельности лаборатории в 2014 г.

Ученый совет отметил успехи, достигнутые в ходе модернизации физических установок ЛНФ: высоко оценил ввод в эксплуатацию рефлектометра GRAINS и первые эксперименты на нем, поддержав намерение о включении этой установки в пользовательскую программу; отметил усилия по модернизации спектрометра ЮМО и увеличение количества предложений о проведении исследований с использованием метода малоуглового рассеяния нейтронов.

Ученый совет приветствовал возрастающее количество результатов, полученных в различных областях прикладных исследований, выполненных на высоком уровне и представленных на сессии ПКК в виде научных докладов.

**Доклады молодых ученых.** Ученый совет с одобрением заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Исследования магнитной структуры соединений  $\text{NiCo}_2$  и  $\text{ErCo}_2$  при высоких давлениях», «Изуче-

ние рождения гиперонов и антигиперонов в процессах глубоконеупругого рассеяния мюонов», «Изучение процессов слияния-деления и образования остатков испарения с использованием базы знаний по ядерной физике низких энергий», и поблагодарил докладчиков: А. В. Руткаускаса, Н. С. Росийскую и А. В. Карпова.

**О составах ПКК.** Ученый совет выразил глубокое сожаление о кончине профессора Н. Яневой, известного болгарского специалиста в области нейтронной ядерной физики и ядерной трансмутации, высоко оценивая ее большой вклад в работу ПКК по ядерной физике в качестве члена с 1994 г. и председателя в 2006–2007 гг.

Ученый совет также выразил глубокое сожаление в связи с кончиной профессора В. М. Петрова, известного российского специалиста в области космических исследований, радиационной безопасности и радиобиологии, высоко оценивая его большой вклад в работу ПКК по физике конденсированных сред в качестве члена с 2005 г.

По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил сроком на три года:

— профессор П. Христова (ЦЕРН, Женева) и Я. Плоту (Варшавский политехнический университет, Польша) в состав ПКК по физике частиц;

— профессор Л. Аврамова (Институт электроники, София, Болгария), Л. С. Дубровинского (Баварский геоинститут, Байройт, Германия) и Р. Саладино (Университет Туша, Витербо, Италия) в состав ПКК по физике конденсированных сред;

— профессора Гуинён Кима (Кёнбукский национальный университет, Тэгу, Южная Корея) в состав ПКК по ядерной физике.

Ученый совет выразил благодарность профессорам Я. Добешу и А. Штойверу за успешную работу, проделанную в качестве членов ПКК по ядерной физике и ПКК по физике конденсированных сред соответственно.

**Научные доклады.** Ученый совет высоко оценил научные доклады: «Нерешенные проблемы физики нейтрино и астрофизики и потенциал эксперимента на Байкале», представленный профессором В. А. Рубаковым, «От одноуглеродных атомных соединений до спонтанного образования РНК. Каков источник энергии?», представленный профессором Э. Ди Мауро, и поблагодарил докладчиков за превосходные выступления.

**Награды и премии.** Ученый совет одобрил предложение дирекции ОИЯИ о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ» профессорам Л. Костову (Болгария), Р. Майеру (Германия) и С. Энхбату (Монголия) за выдающиеся заслуги перед Институтом в области развития приоритетных направлений науки и техники, подготовки научных кадров.

Ученый совет утвердил рекомендации жюри о присуждении премий ОИЯИ за 2013 г. по ито-



гам ежегодного конкурса научных работ в области теоретической физики, экспериментальной физики, научно-методических исследований и научно-технических прикладных исследований.

Ученый совет поздравил профессора Л. Майани (Университет «La Sapienza», Рим, Италия) с присуждением премии им. Б. М. Понтекорво 2013 г. за выдающийся вклад в физику элементарных частиц, в частности физику слабых взаимодействий и нейтрино. Ученый совет поблагодарил профессора Л. Майани за вдохновенное выступление.

**Утверждение в должностях заместителей директоров лабораторий ОИЯИ.** Ученый совет утвердил в должностях: заместителей директора Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова — В. В. Глаголева и Д. В. Наумова, заместителя директора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка — Н. Кучерку до окончания полномочий директоров этих лабораторий.

**25–26 сентября состоялась 116-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института В. А. Матвеева и профессора Института ядерной физики им. Г. Неводничанского и Центра онкологии М. Валигурского (Краков, Польша).**

Ученый совет почтил память выдающегося физика-теоретика, научного руководителя ОИЯИ академика РАН В. Г. Кадышевского. Как директор ОИЯИ в 1992–2005 гг., он внес выдающийся вклад в успешное функционирование и дальнейшее развитие Объединенного института ядерных исследований на основе широкого международного сотрудничества. В. Г. Кадышевский был истинным сторонником фундаментальной науки, верил в ее огромную роль в сближении народов. Именно благодаря его усилиям Ученый совет ОИЯИ стал по-настоящему международным, состоящим не только из представителей государств-членов ОИЯИ, но и ученых из ведущих научных центров других стран, сотрудничающих с ОИЯИ. Его исключительная преданность науке, внимательное и доброе отношение к людям навсегда сохраняются в памяти коллег.

В. А. Матвеев проинформировал участников сессии о ходе выполнения рекомендаций 115-й сессии Ученого совета и решений Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (март 2014 г.).

Ученый совет заслушал доклады об исследованиях в области физики нейтрино и астрофизики, представленный директором ЛЯП В. А. Бедняковым, о ходе работ по созданию фабрики сверхтяжелых элементов, представленный директором ЛЯР С. Н. Дмитриевым, о пользовательской политике Лаборатории информационных технологий, представленный ее директором В. В. Кореньковым, а также о состоянии дел по проекту VM@N, представленный ведущим научным сотрудником ЛФВЭ М. Н. Капшиным.

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили: И. Церруя (ПКК по физике частиц), В. Грайнер (ПКК по ядерной физике), О. В. Белов (ПКК по физике конденсированных сред).

Ученый совет заслушал научный доклад «Столкновения тяжелых ионов высоких энергий: состояние и перспективы исследований горячей и плотной адронной материи», представленный профессором Ю. Шукрафтом (ЦЕРН). Были также заслушаны лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

В. А. Матвеев представил предложение дирекции о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ». Состоялось вручение премии им. В. П. Джелепова и дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2013 г.

На сессии состоялись выборы директоров ЛФВЭ и ЛРБ, были объявлены вакансии на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ.

**Общие положения резолюции.** Ученый совет одобрил ход выполнения рекомендаций 115-й сессии Ученого совета и решений сессии Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (март 2014 г.), представленный в докладе директора Института В. А. Матвеева.

С удовлетворением отметив значительный прогресс в реализации Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг., Ученый совет, вместе с тем, обратился с просьбой к дирекции ОИЯИ уделять постоянное внимание рабочему графику строительства фабрики сверхтяжелых элементов, где отставание уже достигло почти года по сравнению с первоначальным планом, а также комплексу NICA, который в настоящее время готов для проведения инженерно-строительных работ и к заказу ценного оборудования для эксперимента MPD. Ученый совет подчеркнул, что первостепенное значение имеет вопрос о консолидации финансовых и людских ресурсов и что пути привлечения дополнительных средств в бюджет ОИЯИ, в том числе долгосрочных кредитов, должны быть тщательно проработаны.

Ученый совет одобрил усилия дирекции ОИЯИ по развитию прочных научных связей с китайскими, индийскими и латиноамериканскими организациями и исследовательскими центрами, приветствовав их намерение присоединиться к научной программе Института и вносить вклад в инфраструктуру ОИЯИ.

Ученый совет был рад получить известие об одобрении Советом ЦЕРН взаимного статуса наблюдателя ОИЯИ в ЦЕРН и ЦЕРН в ОИЯИ, что будет способствовать дальнейшему развитию и активизации сотрудничества между ЦЕРН и ОИЯИ.

**Рекомендации по докладом.** Заслушав доклад директора ЛЯП В. А. Беднякова «О ходе исследований в области физики нейтрино и астрофизики», Ученый совет высоко оценил совеща-

ния, организованные дирекциями ОИЯИ и ЛЯП: совместную сессию ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике для рассмотрения программы ОИЯИ по нейтринной физике и заседание научно-консультативного комитета по эксперименту «Байкал», по которому приняты важные рекомендации и в котором появились новые международные партнеры. Ученый совет отметил, что эти мероприятия направлены на выполнение рекомендаций 115-й сессии Ученого совета относительно международной экспертизы и консолидации нейтринной программы, а также определения перспектив новой базовой установки ОИЯИ — нейтринного телескопа GVD на озере Байкал.

Ученый совет с удовлетворением отметил готовность совместной команды ОИЯИ–ИЯИ РАН эксперимента «Байкал» завершить развертывание первого дубненского кластера в 2015 г. и ввести его в действие.

Ученый совет приветствовал успехи, достигнутые в эксперименте DANSS на Калининской АЭС, и ожидает первых интересных научных результатов в 2015 г.

Ученый совет рекомендовал дирекции ОИЯИ поддержать реализацию нейтринной программы Института в соответствии с потребностями в ресурсах на последующие 3–5 лет.

Заслушав доклад директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «О ходе работ по созданию фабрики сверхтяжелых элементов», Ученый совет одобрил усилия ОИЯИ по созданию фабрики СТЭ, отметив своевременное завершение работ, связанных с созданием систем циклотрона ДЦ-280, а также ускорение темпов строительства экспериментального корпуса фабрики, и рекомендовал дирекциям ОИЯИ и ЛЯР продолжить работу, направленную на ликвидацию отставания хода строительства от графика, принятого в рамках Семи-летнего плана развития ОИЯИ.

Ученый совет принял к сведению доклад директора ЛИТ В. В. Коренькова «Пользовательская политика Лаборатории информационных технологий» и одобрил усилия ЛИТ, направленные на создание первоклассной информационно-вычислительной базы для решения текущих и будущих задач ОИЯИ.

Заслушав доклад ведущего научного сотрудника ЛФВЭ М. Н. Капишина «Статус проекта VM@N», Ученый совет поддержал представленный план реализации проекта, приветствовал формирование управляющего состава проекта и создание экспертного комитета по детектору VM@N, первое рабочее совещание которого с командой VM@N состоялось в ОИЯИ 24 июня 2014 г. Ученый совет ожидает от экспертного комитета доклад на следующей сессии.

**Рекомендации в связи с работой ПКК.** Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в июне 2014 г. и представленные председателем ПКК

по физике частиц И. Церруа (в режиме телеконференции), председателем ПКК по ядерной физике В. Грайнером и ученым секретарем ПКК по физике конденсированных сред О. В. Беловым.

**По физике частиц.** Ученый совет высоко оценил успехи, достигнутые сотрудниками ЛФВЭ в реализации проекта «Нуклотрон–NICA», в частности: начало производства сверхпроводящих магнитов для проектов NICA и FAIR, прогресс в создании источника тяжелых ионов КРИОН-6Т и источника поляризованных частиц; начало подготовки к монтажу нового тяжелоионного линака, который планируется установить к июню 2015 г., и подготовку первого контракта с генподрядчиком на разработку строительной документации объектов коллайдера NICA.

Ученый совет отметил успешное завершение стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок для подготовки технических проектов по основным подсистемам MPD и успехи в реализации проекта VM@N.

Ученый совет приветствовал предложение по новому проекту «Эксперименты по спиновой физике на поляризованных пучках протонов и дейтронов коллайдера NICA с помощью установки SPD» и начало формирования международного сотрудничества вокруг проекта SPD, рассматривая этот эксперимент как важную часть исследовательской программы NICA и предлагая его авторам приступить к подготовке полного проекта.

Ученый совет поддержал рекомендации о продолжении текущих работ по физике частиц, как это предложено в материалах ПКК.

Ученый совет одобрил успехи в сотрудничестве ЦЕРН–ОИЯИ по программе подготовки учителей физики и поддержал предложение о ее расширении.

**По ядерной физике.** Ученый совет дал высокую оценку итогам деятельности коллектива ЛЯР в рамках исследовательской темы «Синтез и свойства ядер на границе стабильности», среди которых, в частности, отметил: синтез элемента 117 и экспериментальные работы, подтвердившие открытие элементов 113 и 115; исследования химических свойств элемента 113; изучение механизмов деления и квазиделения, а также получение нейтроноизбыточных ядер в реакциях многонуклонных передач; исследования структуры легких ядер  $^{10}\text{Ne}$  и  $^6\text{Be}$  за границей ядерной стабильности; теоретические исследования структуры ядер и механизмов ядерных реакций. Ученый совет поддержал рекомендацию о продлении этой темы на два года (2015–2016 гг.) с первым приоритетом в целях ее синхронизации с Семилетним планом ОИЯИ.

**Общие вопросы.** Ученый совет одобрил итоги совместной сессии ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике по рассмотрению программы ОИЯИ по нейтринной физике, состоявшейся 26 июня 2014 г. Ученый совет поддержал рекомен-

дации в адрес дирекции ЛЯП активизировать усилия по концентрации всех возможных ресурсов (кадровых, финансовых, интеллектуальных) в экспериментах нейтринной программы ОИЯИ, а также по установлению приоритетов для всех нейтринных проектов, в которых ОИЯИ принимает участие, в соответствии со следующими критериями: 1) научная значимость и потенциал научных открытий; 2) задействованные ресурсы (персонал и финансирование); 3) признание значимости участия ОИЯИ в проекте; 4) конкурентоспособность и своевременность по отношению к другим международным проектам.

Ученый совет поддержал продолжение работы по проекту «Байкал», в частности, по его оценке, включая вопросы научных целей эксперимента, его выполнимости, стоимости, строительства, основных этапов, а также совместной работы и конкуренции с существующими и планируемыми международными проектами.

**По физике конденсированных сред.** Ученый совет одобрил усилия, предпринимаемые сотрудниками ЛНФ, по дальнейшему развитию установки ИБР-2 и модернизации спектрометров, в частности, отметил результаты измерений характеристик выведенных пучков реактора ИБР-2 после модернизации, продвижение новых исследовательских методов для импульсных источников нейтронов, широкий спектр новых научных направлений, важных для развития экспериментальных возможностей комплекса спектрометров.

Ученый совет поддержал работы, предложенные для реализации в 2015–2017 гг. в рамках новых тем «Развитие экспериментальной базы для проведения исследований на пучках ИЯУ ИБР-2», «Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии», а также новых проектов «Разработка ДТМ-системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2» и «Изотопно-идентифицирующая рефлектометрия нейтронов на ИЯУ ИБР-2».

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК о продлении тем «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий», «Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования конденсированных сред» на 2015–2017 гг. и об открытии соответствующих проектов. Ученый совет одобрил продолжение работ в рамках темы «Радиационные эффекты и физические основы нанотехнологий, радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР» на 2015–2016 гг. и открытие новой темы и проекта «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований» на 2015–2017 гг.

**Доклады молодых ученых.** Ученый совет с интересом заслушал доклады молодых ученых, рекомендованные программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Эксперимент NA48/2 в ЦЕРН», «Синтез дважды магического ядра  $^{100}\text{Sn}$  в реакции слияния с испусканием частиц и кластеров», «Метеориты как катализаторы пребиотического синтеза биомолекул из формамида под действием радиации», поблагодарил докладчиков А. М. Короткову, Ш. А. Каландарова, М. И. Капралова соответственно за превосходные выступления и будет приветствовать подобные доклады в будущем.

**О составах ПКК.** По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил М. Дубничкову (Университет им. Я. Коменского, Братислава, Словакия) и Т. Перринга (RAL, Дидкот, Великобритания) в состав ПКК по физике конденсированных сред сроком на три года.

Ученый совет выразил благодарность В. Лиси (Университет Кошице, Словакия) за успешную работу, проделанную в качестве члена данного ПКК.

**Награды.** Ученый совет поздравил профессоров Р. Майера и С. Энхбата с присвоением звания «Почетный доктор ОИЯИ».

Ученый совет одобрил предложение дирекции ОИЯИ о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ» профессорам Г. Стратану (Румыния), Чан Тхань Вану (Вьетнам, Франция) и Б. Ю. Шаркову (Россия) за выдающийся вклад в развитие науки и в подготовку молодых ученых.

На сессии состоялось вручение премии им. В. П. Дзелепова коллективу авторов: В. М. Быстрицкому, В. Г. Кадышевскому, М. Г. Сапожникову — за цикл работ «Применение ядерно-физических методов для идентификации химических веществ».

Ученый совет поздравил лауреатов премий ОИЯИ за 2013 г. — победителей ежегодного конкурса научных работ в области теоретической физики, экспериментальной физики, научно-методических исследований и научно-технических прикладных исследований.

Ученый совет поздравил ОИЯИ с награждением памятной медалью за долголетнее сотрудничество с Университетом им. Я. Коменского в Братиславе, учрежденной в связи с 95-летием этого университета, которую вручил полномочный представитель правительства Словакии в ОИЯИ С. Дубничка.

Ученый совет поздравил профессора И. А. Голутвина с присуждением ему премии им. П. А. Черенкова Российской академии наук за выдающийся вклад в успешное проведение эксперимента CMS в ЦЕРН в качестве руководителя коллаборации RDMS CMS.

**Выборы и объявление вакансий на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ.** Ученый совет избрал: В. Д. Кекелидзе директором Лабора-

тории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, Е. А. Красавина директором Лаборатории радиационной биологии, каждого сроком на пять лет.

Ученый совет объявил вакансии на должности заместителей директоров ЛФВЭ и ЛРБ. Утверждение в должностях состоится на 117-й сессии Ученого совета.

## **ЗАСЕДАНИЯ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ**

### **Заседание Финансового комитета состоялось 21–22 марта под председательством представителя Чешской Республики С. Кулганека.**

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института В. А. Матвеева «О рекомендациях 115-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2014 г.). О результатах деятельности ОИЯИ в 2013 г.» и дал высокую оценку научным результатам, полученным международным коллективом ОИЯИ в 2013 г.

Отметив существенный прогресс в реализации Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг., в частности, связанный с проведением подготовительных работ на площадке ускорительного комплекса NICA, строительством здания для фабрики сверхтяжелых элементов и вводом в действие новых современных спектрометров для установки ИБР-2, Финансовый комитет, вместе с тем, выразил обеспокоенность в связи с отставанием от графика работ по строительству нового экспериментального корпуса ЛЯР, отмеченным в рекомендациях 115-й сессии Ученого совета ОИЯИ, а также подчеркнул крайнюю важность своевременной подготовки контракта по строительству коллайдера NICA.

По докладу «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2013 г.», представленному главным бухгалтером Института С. Н. Доценко, Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 2013 г.: по расходам — в сумме 127 011,7 тыс. долларов США, по доходам — в сумме 139 948,2 тыс. долларов США.

Финансовый комитет довел до сведения КПП результаты голосования по вопросам списания финансовой задолженности ряда стран-участниц, возникшей в 2002–2003 гг., а также о переносе решения по финансовой задолженности государств-членов ОИЯИ за этот период до утверждения новой методики расчета взносов. Финансовый комитет рекомендовал КПП в соответствии с Уставом ОИЯИ остановить прием на работу в ОИЯИ новых специалистов, направляемых полномочными представителями правительств Корейской Народно-Демократической Республики и Республики Узбекистан, в связи с наличием у этих государств-членов финансовой задолженности по уплате взносов в бюджет Института.

По докладу руководителя службы внутреннего аудита Института Н. В. Калинина «О проекте “Положения о внутреннем аудите ОИЯИ”» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить предложенную редакцию положения с учетом рекомендаций рабочей группы.

По докладу советника директора Института Е. И. Босина «О проекте “Положения о закупочной деятельности ОИЯИ”» Финансовый комитет рекомендовал КПП уполномочить директора Института утвердить «Положение о закупочной деятельности ОИЯИ» и провести необходимые мероприятия для введения в действие данного положения, а также поручить дирекции Института продолжить совершенствование документов, регламентирующих финансовую деятельность ОИЯИ, и представить их на заседании Финансового комитета в ноябре 2014 г.

Финансовый комитет согласился с предложением о выходе ОИЯИ из состава участников ООО «Нейтронные технологии» и рекомендовал директору ОИЯИ согласовать процедуру возврата доли Института в виде недвижимого имущества, внесенного в качестве вклада в уставной капитал общества при его учреждении.

Финансовый комитет заслушал доклад директора УНЦ С. З. Пакуляка «О развитии образовательной программы ОИЯИ», рекомендовал КПП поддерживать деятельность по созданию учебных установок на базе имеющегося в ОИЯИ оборудования, что позволит создать дополнительные условия для реализации современных образовательных программ по подготовке научно-технических кадров для исследовательских центров стран-участниц и ОИЯИ.

Финансовый комитет также заслушал доклад «Создание фабрики по сборке и испытанию сверхпроводящих магнитов для проектов NICA и FAIR», представленный начальником отдела ЛФВЭ С. А. Костроминим.

### **Заседание Финансового комитета состоялось 18–19 ноября под председательством представителя Чешской Республики С. Кулганека.**

Финансовый комитет заслушал доклад «О рекомендациях 116-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2014 г.). Краткий обзор результатов деятельности ОИЯИ в 2014 г. и планы на 2015 г.», представленный директором Института В. А. Матвеевым.

Финансовый комитет отметил существенный прогресс в реализации Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг., позитивные результаты усилий дирекции по преодолению отставания строительства фабрики сверхтяжелых элементов от первоначального плана, а также по консолидации финансовых, материальных и людских ресурсов на работах по сооружению комплекса НИСА. Комитет дал высокую оценку работе созданной службы внутреннего аудита ОИЯИ, позволившей выработать пути улучшения исполнительской дисциплины и экономических показателей работы проверяемых подразделений; одобрил действия дирекции ОИЯИ по внедрению современных методов и инструментов закупочной деятельности, отметив необходимость продолжения работы по совершенствованию документов, регламентирующих финансовую деятельность ОИЯИ; поддержал планы дирекции Института по разработке программы совершенствования структуры и системы управления ОИЯИ, подчеркнув важную роль Научно-технического совета ОИЯИ в этом процессе; одобрил деятельность УНЦ ОИЯИ по созданию научно-инженерной группы УНЦ для учебных и практических программ по подготовке научно-технических кадров для лабораторий Института и исследовательских центров государств-членов ОИЯИ.

Финансовый комитет принял к сведению информацию о статусе работ по сооружению комплекса НИСА, одобрил заключение на представленные проекты контрактов подготовительного периода, а также предложение дирекции согласовывать в дальнейшем подписание контракта о генеральном подряде на сооружение комплекса НИСА с использованием средств электронной коммуникации в соответствии с финансовыми нормами.

По докладу «О проекте бюджета ОИЯИ на 2015 г., о проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2016, 2017, 2018 гг.», представленному главным бухгалтером Института С. Н. Доценко, Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет ОИЯИ на 2015 г. с общей суммой расходов 180,86 млн долларов США и взносы государств-членов ОИЯИ на 2015 г.; определить ориентировочный размер бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2016 г. в сумме 207,53 млн долларов США, на 2017 г. — в сумме 212,58 млн долларов США, на 2018 г. — в сумме 217,82 млн долларов США; принять ориентировочные суммы взносов и выплаты задолженностей государств-членов ОИЯИ на 2016, 2017, 2018 гг.

Финансовый комитет также рекомендовал КПП разрешить дирекции ОИЯИ проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета Института на 2015 г., в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2014–2017 гг.

Заслушав доклад вице-директора Института Г. В. Трубникова «О методике расчета шкалы взно-

сов государств-членов в бюджет ОИЯИ», Финансовый комитет решил довести до сведения КПП результаты голосования по вопросу рекомендации принципов новой методики расчета шкалы взносов и рекомендовал КПП принять следующие принципы новой методики, предложенные рабочей группой:

— в целях обеспечения финансовой стабильности в Институте в новой методике сохранить существующую по состоянию на 2014 г. долю взноса РФ от суммы взносов всех государств-членов в бюджет ОИЯИ;

— сумма ежегодных взносов всех государств-членов ОИЯИ определяется решениями КПП;

— взносы всех государств-членов ОИЯИ, за исключением РФ, определять на основе шкалы ВВП, усредненного за три года;

— во избежание резких колебаний взносов государств-членов, с 2017 г. использовать 10-летний переходный период, в течение которого взносы всех государств-членов, кроме РФ, определять одновременно с равномерным уменьшением текущей фиксированной шкалы (начиная с 90 % в 2017 г. до 0 % в 2026 г.) и с равномерным увеличением доли по новой шкале (начиная с 10 % в 2017 г. до 100 % в 2026 г.), а также во избежание слишком интенсивного роста взносов государств-членов использовать ограничение ежегодного роста взносов 30 %;

— взнос для нового государства-члена рассчитывать с учетом его усредненного ВВП, исходя из заранее установленной суммы взносов государств-членов, при этом взнос нового государства-члена ОИЯИ увеличивает бюджет ОИЯИ на величину указанного взноса, тогда как абсолютные величины взносов государств-членов не меняются, и процентные доли взносов стран в новом бюджете ОИЯИ перераспределяются соответствующим образом;

— использовать максимальный предел для взносов государств-членов, кроме государства местонахождения Института, в размере 20 % от суммы взносов государств-членов;

— в случае выхода или исключения государства из членов ОИЯИ доли взносов государств-членов пересматриваются КПП.

Финансовый комитет рекомендовал КПП использовать правило: взнос государства-члена Института должен быть не менее прямых расходов на персонал, направленный в ОИЯИ полномочным представителем, а также рассматривать 2017 г. в качестве первого года применения новой методики.

Финансовый комитет рекомендовал КПП создать рабочую группу при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ из представителей Республики Белоруссии, Республики Болгарии, Грузии, Республики Польша, Российской Федерации и поручить дирекции и рабочей группе подготовить новую методику расчета шкалы взносов на основе указанных принципов для утверждения КПП в марте 2015 г.

Заслушав доклад директора аудиторской фирмы «МС-Аудит» А. П. Седышева «Об итогах аудиторской проверки финансово-хозяйственной деятельности Института за 2013 г.», Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить аудиторское заключение и отчет ОИЯИ за 2013 г.: об исполнении бюджета по расходам — 127 011,7 тыс. долларов США,

с суммой заключительного баланса на 01.01.2014 — 665 022,0 тыс. долларов США.

Финансовый комитет с интересом заслушал доклад ведущего научного сотрудника ЛРБ А. В. Борейко «Ускорители ОИЯИ — эффективный инструмент в решении проблем фундаментальной и космической радиобиологии».

## СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

**39-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 20–21 января под председательством профессора В. Канцера.**

Председатель ознакомил членов ПКК с докладом, представленным на сессии Ученого совета ОИЯИ в сентябре 2013 г., о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 114-й сессии Ученого совета Института и о решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

ПКК с интересом заслушал доклад о выполнении программы физических экспериментов и об основных результатах работы холодного замедлителя, с удовлетворением отметил, что ИБР-2 устойчиво работает на мощности 2 МВт, обеспечивая проведение исследований в соответствии с планом, в том числе с использованием криогенного замедлителя КЗ-202 для нейтронных каналов 7–11. Подчеркивая особую значимость работ, проводимых по созданию комплекса криогенных замедлителей и нового оборудования, необходимого для безопасной эксплуатации реактора, в особенности резервного подвижного отражателя ПО-ЗР, ПКК рекомендовал обеспечить всестороннюю поддержку этих работ. ПКК отметил значимость выполнения программы регулярных физических экспериментов в соответствии с пользовательской политикой и продолжения ввода в эксплуатацию модернизированных установок на выведенных пучках нейтронов, подчеркнув важность распространения в научном сообществе информации о наиболее выдающихся результатах, возможностях новых и модернизированных установок, и выразил желание организовывать прием предложений на проведение экспериментов каждый квартал. ПКК одобрил идею об организации школ со специальными секциями для потенциальных пользователей реактора ИБР-2.

ПКК ознакомился с результатами программы пользователей ЛНФ ОИЯИ в 2013 г. Подчеркнув возросшее количество выполненных экспериментов и высокое качество полученных научных результатов, комитет рекомендовал, чтобы развитие и внедре-

ние программы пользователей спектрометров ИБР-2 оставалось одним из приоритетных направлений деятельности лаборатории в 2014 г. С целью повышения информированности научной общественности об исследованиях на ИБР-2 ПКК предложил проводить совещания для пользователей и расширить информацию о новых установках, представленную на веб-сайте лаборатории.

Приняв во внимание информацию о вводе в эксплуатацию и первых экспериментах на рефлектометре GRAINS в холодном и теплом режимах работы замедлителя, ПКК высоко оценил начало экспериментальных измерений на этой установке, поддержал последующие работы по улучшению фоновых условий и разработке пользовательского интерфейса и выразил надежду на включение рефлектометра GRAINS в пользовательскую программу в третьем квартале 2014 г.

Заслушав доклад о ходе работ по модернизации спектрометра ЮМО, ПКК отметил значительные успехи, достигнутые в работах по модификации спектрометра, и поддержал проводимую модернизацию спектрометра ЮМО, направленную как на улучшение физических параметров, так и на увеличение числа экспериментов на установке в связи с реализацией пользовательской политики и возрастающей потребностью в исследованиях методом малоуглового рассеяния нейтронов. ПКК отметил поддержку ЛИТ при разработке спектрометра, а также предложил уделить особое внимание адаптации спектрометра к планируемой установке нового холодного замедлителя, рекомендовав, чтобы расширение возможностей ЮМО в связи с планируемым запуском позиционно-чувствительного детектора нового типа и его установкой в двухдетекторную систему, продемонстрировавшую свою эффективность, также оставалось приоритетом в рамках программы модернизации спектрометра.

ПКК с большим интересом заслушал научные доклады приглашенных экспертов: Л. С. Дубровинского «Актуальные направления кристаллографических исследований в экстремальных условиях» и Н. Кучерки «Актуальные направления применения нейтронного рассеяния в биологии». В области

прикладных работ и развития радиационных исследований были отмечены доклады «In-situ анализ процессов зарядки/разрядки Li-ионных аккумуляторов методом нейтронной дифракции на реакторе ИБР-2» И. А. Бобрикова и «Реализация поведенческих эффектов, вызванных радиацией» А. С. Базяна. ПКК отметил прогресс в исследованиях в области КАРС-микроскопии, выполненных на высоком уровне, заслушав доклады «Ап-конверсионная люминесценция в оксифторидной наностеклокерамике» Г. М. Арзуманяна и «Рамановская спектроскопия для фундаментальных и прикладных исследований в биомедицине» В. И. Горделия. ПКК рекомендовал продолжить практику представления научных докладов на сессиях ПКК.

Ознакомившись с информацией о проведении международной научной школы для молодых ученых и студентов «Современная нейтронография» (Дубна, 28 октября – 1 ноября 2013 г.), ПКК высоко оценил качество научной программы и результаты школы, а также рекомендовал в дальнейшем ежегодно проводить такую школу.

ПКК с удовлетворением ознакомился со стендовыми сообщениями молодых ученых ЛНФ и ЛИТ. Лучшей работой на данной сессии было признано стендовое сообщение А. В. Руткаускаса «Исследования магнитной структуры соединений  $\text{HoCo}_2$  и  $\text{ErCo}_2$  при высоких давлениях». Был также отмечен высокий уровень стендовых сообщений «Моделирование методом молекулярной динамики человеческого апо-белка лактоферрина» (Р. Ерхан) и «Дифрактометр для исследования при высоких давлениях ДН-6: текущее состояние» (Е. В. Лукин).

Члены ПКК почтили память профессора В. М. Петрова, члена данного комитета в период 2005–2013 гг., вносившего значительный вклад в работу заседаний в роли высококвалифицированного эксперта в области радиобиологии, космических исследований и наук о жизни в целом.

#### **40-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 27–28 января под председательством профессора И. Церруя.**

Вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки проинформировал ПКК о резолюции 114-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2013 г.) и о решениях Комитета полномочных представителей государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2013 г.).

Члены ПКК с интересом заслушали обзорные доклады, представленные директорами ЛИТ, ЛЯП и ЛФВЭ, о научной деятельности лабораторий и перспективах их дальнейшего развития.

Комитет одобрил предпринимаемые руководством ЛИТ усилия по концентрации людских и материальных ресурсов, отвечающие фундаментальным интересам ОИЯИ и стран-участниц и обеспечивающие надежный фундамент долгосрочного развития лаборатории. Что касается экспертной поддержки и

участия ЛИТ в исследовательских программах, не связанных с развитием инфраструктуры информационных технологий в ОИЯИ, ПКК попросил дирекцию ЛИТ прояснить свой подход в распределении ресурсов, в выборе направлений исследований, а также в аспектах участия пользователей в покрытии расходов на эту поддержку.

ПКК признал важность выполняемой в ЛЯП программы научных исследований по нейтринной физике и астрофизике и предложил отразить это в скорректированном Семилетнем плане развития ОИЯИ. Комитет попросил дирекцию ОИЯИ рассмотреть возможность обсуждения всех проектов, относящихся к нейтринной физике, либо на сессии одного из программно-консультативных комитетов, либо на объединенной сессии данного ПКК и ПКК по ядерной физике с целью совместной оценки нейтринной программы ОИЯИ.

ПКК высоко оценил уровень научных исследований, выполняемых коллективом ЛФВЭ, и поддержал деятельность руководства лаборатории по планомерному усилению физических групп, занятых в программе исследований на ускорительном комплексе «Нуклотрон–NICA», и сбалансированному участию во внешних проектах.

ПКК высоко оценил дальнейшие улучшения качества работы нуклотрона, что было продемонстрировано в ходе 48-го сеанса, и с удовлетворением отметил положительную оценку экспертного комитета по ускорительному комплексу «Нуклотрон–NICA», данную участникам проекта. Комитет одобрил начало работ по подготовке территории для строительства комплекса NICA.

ПКК отметил достижения в подготовке проекта  $\text{BM@N}$  и предложил детально проработать этапность реализации проекта, а также концепцию трековой системы, пригодной для работы установки с пучками ядер золота. Комитет призвал руководителей проекта и дирекцию лаборатории существенно увеличить кадровый ресурс, задействованный в реализации проекта  $\text{BM@N}$ .

ПКК с интересом воспринял результаты проведенного в Дубне в октябре 2013 г. совещания международной группы экспертов, суммированные в документе «Приоритеты NICA». Комитет рекомендовал продолжить работу по формированию научной программы NICA, сосредоточившись на количественной оценке предложенных измерений, и в тесном контакте с командами MPD и  $\text{BM@N}$ .

ПКК высоко оценил успехи в изготовлении и испытаниях прототипов детекторов установки MPD в 2013 г. и в подготовке технического проекта MPD. Комитет призвал руководителей MPD и NICA сосредоточить усилия на завершении подготовки контрактов по двум критическим позициям: созданию магнита и строительству здания NICA. ПКК поблагодарил членов экспертного комитета по детектору

MPD за анализ работ по выполнению проекта и рекомендовал продолжить эту деятельность.

ПКК рекомендовал одобрить участие ОИЯИ в новом проекте NOvA (FNAL, США).

ПКК высоко оценил научный доклад А. В. Беднякова «Стабильность вакуума Стандартной модели: трехпетлевой анализ» и поблагодарил докладчика.

ПКК с интересом ознакомился со стендовыми сообщениями, представленными молодыми учеными ЛЯП и ЛФВЭ в области физики частиц, и выбрал сообщение «Изучение рождения гиперонов и антигиперонов в процессах глубоконеупругого рассеяния мюонов», представленное Н. С. Российской, для доклада на сессии Ученого совета в феврале 2014 г.

### **39-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 30–31 января под председательством профессора В. Грайнера.**

Председатель ПКК представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал членов ПКК о резолюции 114-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2013 г.) и о решениях Комитета полномочных представителей (ноябрь 2013 г.).

Заслушав доклад о дальнейшем развитии установки ИРЕН, ПКК рекомендовал дирекции ЛНФ завершить разработку технического проекта второй очереди ускорителя и неразмножающей урановой мишени и представить его на следующей сессии.

ПКК заслушал доклад, посвященный модернизации сепаратора VASSILISSA и результатам первых тестовых измерений, отметил высокую степень заинтересованности в новой установке со стороны мирового научного сообщества и выразил уверенность в успешной реализации научной программы, представленной на предыдущих сессиях ПКК.

ПКК принял к сведению отчет по теме «Ускорительный комплекс пучков ионов стабильных и радиоактивных нуклидов (DRIBs-III)» и высоко оценил итоги работы коллектива ЛЯР по реализации проекта DRIBs-III. ПКК отметил, что, в целом, работы по проекту, связанные с созданием циклотрона ДЦ-280, и по строительству новых, а также модернизации действующих физических установок (сепараторов ACCULINNA-2, VASSILISSA-GABRIELLA и др.) идут в соответствии с графиком, утвержденным Семилетним планом развития ОИЯИ. Вместе с тем ПКК с озабоченностью констатировал заметное отставание от графика работ по строительству нового экспериментального корпуса лаборатории. ПКК рекомендовал продлить тему исследований на два года с первым приоритетом, а дирекциям ОИЯИ и ЛЯР принять все необходимые меры по обеспечению сроков запуска фабрики сверхтяжелых элементов — одного из ключевых проектов Семилетнего плана.

ПКК с интересом заслушал предложение по новому проекту «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций» (проект TANGRA). Отметив, что создаваемая установка будет уникальной для ОИЯИ, ПКК рекомендовал утвердить проект TANGRA для реализации в 2014–2016 гг., а дирекции ЛНФ обеспечить запрашиваемые ресурсы в соответствии с представленным планом работ.

Заслушав предложение об участии сотрудников ОИЯИ в проекте COMET «Экспериментальный поиск когерентной безнейтринной  $\mu$ - $e$ -конверсии на ускорительном комплексе J-PARC», ПКК отметил фундаментальную значимость экспериментов по проверке сохранения лептонного числа с максимально возможной чувствительностью, подчеркнул важность этого проекта для фундаментальной физики и рекомендовал одобрить участие в нем ОИЯИ на 2014–2016 гг. с первым приоритетом.

ПКК заслушал научные доклады Ю. М. Гledenova «Изучение индуцированных быстрыми нейтронами реакций с вылетом заряженных частиц» и Г. Адамяна «Слияние при около- и подбарьерных энергиях в рамках квантового диффузионного подхода».

ПКК с удовлетворением ознакомился с презентацией новых результатов и проектов молодых ученых в области ядерной физики и физики тяжелых ионов, отметив лучшие стендовые сообщения: «Изучение процессов слияния-деления и образования остатков испарения с использованием базы знаний по ядерной физике низких энергий», представленное А. В. Карповым, и «Свойства процесса квазиделения в зависимости от входного канала реакции», представленное Г. Н. Княжевой. Доклад А. В. Карпова был рекомендован для представления на сессии Ученого совета ОИЯИ в феврале 2014 г.

Члены ПКК по ядерной физике почтили память профессора Н. Яневой, которая длительное время исключительно плодотворно работала в качестве члена и председателя ПКК.

### **40-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 23–24 июня под председательством профессора В. Канцера.**

Председатель приветствовал новых членов ПКК профессоров Л. Аврамова, Л. Дубровинского, Р. Саладино и ознакомил ПКК с докладом, представленным на сессии Ученого совета ОИЯИ в феврале 2014 г., о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК.

Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 115-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

Приняв к сведению доклад о результатах изменений плотности потока нейтронов и профилей вы-



веденных пучков реактора ИБР-2 после модернизации, ПКК рекомендовал опубликовать полученные результаты и разместить их на сайте ЛНФ.

Обсудив доклад о текущем состоянии рефлектометра «Рефлекс-П», ПКК поддержал работу по развитию техники спин-эхо для импульсных источников нейтронов.

Заслушав отчет о работах по завершающейся теме «Перспективные разработки и создание оборудования для спектрометров исследовательской ядерной установки ИБР-2» и предложение об открытии новой темы «Развитие экспериментальной базы для проведения исследований на пучках ИБР-2», ПКК с удовлетворением отметил, что все работы, запланированные в рамках темы, были выполнены, и высоко оценил полученные результаты. В рамках новой темы было представлено предложение об открытии проекта «Разработка ДТМ-системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2». ПКК рекомендовал открыть тему и проект на 2015–2017 гг.

Рассмотрев отчет по завершающейся теме «Исследования наносистем и новых материалов с использованием рассеяния нейтронов» и предложение об открытии новой темы «Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии», ПКК отметил хорошее качество полученных результатов, широкое сотрудничество с научными центрами стран-участниц ОИЯИ и важность работ по реализации пользовательской программы в рамках темы. ПКК рекомендовал открыть новую тему на 2015–2017 гг.

Приняв к сведению предложение об открытии нового проекта «Изотопно-идентифицирующая рефлектометрия нейтронов на ИЯУ ИБР-2», ПКК отметил важность предложенных работ для развития экспериментальных возможностей рефлектометра РЕМУР и рекомендовал открыть проект для реализации в 2015–2017 гг.

ПКК заслушал отчет по завершающейся теме «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий», отметил высокий уровень проведенных работ и приветствовал это направление исследований. ПКК рекомендовал продлить тему и открыть новый проект с тем же названием на 2015–2017 гг.

Рассмотрев отчет по завершающейся теме «Радиационные эффекты и физические основы нанотехнологий, радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР», ПКК высоко оценил достигнутые результаты и отметил, что работы, проводимые в рамках темы, имеют важное практическое значение и позволяют получить интересные фундаментальные данные. ПКК подчеркнул возрастающее участие исследовательских центров стран-участниц и ассоциированных членов ОИЯИ в научных работах по изучению эффектов, вызываемых тяжелыми ионами в неорганических веще-

ствах, изменению и наноструктурированию полимеров. ПКК приветствовал достижения в разработке новых ускорителей и успешное продолжение радиоаналитических исследований, а также создание Нанотехнологического центра, который обеспечит новые возможности при реализации предложенной исследовательской программы, и рекомендовал продлить тему на 2015–2016 гг.

ПКК принял к сведению отчет по завершающейся теме «Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования конденсированных сред», отметил прогресс в развитии этой темы и одобрил заявленные к выполнению направления исследований. ПКК рекомендовал продлить тему и открыть новый проект с тем же названием на 2015–2017 гг. Для дальнейшего развития аппаратной инфраструктуры мультимодальной оптической платформы и подготовки к работам по детектированию и спектроскопии одиночных молекул ПКК поддержал намерения по усовершенствованию платформы путем приобретения измерительной головки для атомно-силовой микроскопии.

ПКК заслушал предложение об открытии темы и проекта «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований». Реализация проекта позволит развить в ОИЯИ уникальные технологии производства полупроводниковых детекторов и осуществить подготовку экспериментов нового поколения на ускорителях. Прогресс в этих направлениях имеет значение для физики атомного ядра и элементарных частиц, прикладных исследований в биологии, медицине, геофизике, материаловедении, выполняемых с помощью синхротронного и рентгеновского излучения. При этом одной из главных задач проекта является создание действующего механизма организации совместных междисциплинарных прикладных исследований. ПКК рекомендовал открыть предлагаемую тему и проект на 2015–2017 гг.

В качестве общего замечания ПКК рекомендовал авторам новых предложений представлять достигнутые результаты в сравнении с результатами других научных групп, работающих в соответствующем направлении исследований.

ПКК с большим интересом заслушал следующие научные доклады: «Пребиотическая химия в условиях космического пространства: роль системы радиация–метеорит в зарождении жизни» Р. Саладино, «Последние достижения в микроструктурном анализе на основе профилей дифракционных пиков» М. Леони и «Структурные исследования детонационных наноалмазов методом малоуглового рассеяния нейтронов» А. В. Томчука. ПКК приветствовал ведущее международное сотрудничество по этим работам.

Приняв к сведению стендовые сообщения, представленные молодыми учеными ЛРБ, ПКК отметил

работу «Метеориты как катализаторы пребиотического синтеза биомолекул из формамида под действием радиации» (М. И. Капралов) в качестве лучшего сообщения и рекомендовал представить его в виде устного доклада на сессии Ученого совета Института в сентябре 2014 г. ПКК также оценил высокий уровень двух других стендовых сообщений: «Выявление кластерных повреждений ДНК в фибробластах человека после облучения ионами бора и гамма-лучами» (Л. Йежкова) и «Роль репарации ошибочно спаренных оснований в SOS-индуцированном мутагенезе бактерий: теоретические аспекты» (О. В. Белов).

#### **41-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 25–26 июня под председательством профессора И. Церруя.**

Вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки проинформировал ПКК о резолюции 115-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2014 г.) и решениях Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (март 2014 г.).

ПКК ознакомился с информацией о начале производства сверхпроводящих магнитов для проектов NICA и FAIR и создании источника тяжелых ионов КРИОН-6Т и источника поляризованных частиц. Комитет одобрил прилагаемые руководством проекта NICA усилия для подготовки первого контракта с генподрядчиком на разработку строительной документации объектов коллайдера NICA.

ПКК высоко оценил результаты 49-го и 50-го сеансов работы нуклотрона и успехи, достигнутые в улучшении качества пучка. Поддержав представленный план реализации проекта VM@N и отметив интенсификацию подготовительных работ, комитет приветствовал формирование руководящего состава проекта и создание экспертного комитета по детектору VM@N.

ПКК отметил успешный ход модернизации детекторов LHC и поддержал предложения о продлении проектов CMS и ALICE на следующие пять лет.

Обсуждая новые проекты, ПКК с удовлетворением отметил начало формирования международного сотрудничества вокруг проекта «Эксперименты по спиновой физике на поляризованных пучках протонов и дейтронов коллайдера NICA с помощью установки SPD». Рассматривая этот проект как важную часть исследовательской программы NICA, ПКК предложил авторам приступить к подготовке полного проекта для представления на одной из очередных сессий комитета.

Приняв предложение об открытии темы «Поиск новой физики в экспериментах на интенсивных пучках мюонов в Фермилаб», ПКК подтвердил научную значимость экспериментов «g-2» и «Mu2e». Участие группы ОИЯИ в проекте убедительно обосновано научной перспективой экспериментов и многолетним успешным опытом сотрудничества между

FNAL и ОИЯИ. ПКК рекомендовал одобрить проект сроком на 2015–2017 гг. Комитет также одобрил предложение об открытии нового проекта «Астрофизические исследования в эксперименте TAIGA» сроком на 2015–2017 гг.

Приняв к сведению результаты участия групп ОИЯИ в экспериментальных программах проектов NA61 и «Data Bay», ПКК поддержал предложения о продлении участия ОИЯИ в этих проектах на три года (2015–2017 гг.).

ПКК отметил значительный вклад группы ОИЯИ в подготовку эксперимента NA62 в рамках темы «Изучение редких распадов заряженных каонов в экспериментах на SPS ЦЕРН», а также успешное осуществление проектов в рамках темы «Развитие экспериментальной базы ОИЯИ для получения интенсивных пучков тяжелых ионов и поляризованных ядер с целью поиска смешанной фазы ядерной материи и исследования поляризационных эффектов в области энергий  $\sqrt{s_{NN}} = 11$  ГэВ» и рекомендовал продление обеих тем на пять лет (2015–2019 гг.).

ПКК принял к сведению отчеты об успешной реализации проектов, входящих в темы «Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ» и «Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на нуклотроне, SPS и SIS18», и рекомендовал их продление на три года (2015–2017 гг.).

ПКК высоко оценил и поддержал предложение о расширении успешного сотрудничества между ОИЯИ и ЦЕРН по программе усовершенствования знаний учителей физики и продолжении этой образовательной программы.

ПКК заслушал научные доклады: «Представляют ли загадку результаты, полученные по направленному потоку в столкновении тяжелых ионов?», представленный В. Д. Тонеевым, и «24 года исследований: от MELC к MECO и Mu2e», представленный Р. М. Джилкибаевым.

ПКК с интересом ознакомился со стендовыми сообщениями, представленными молодыми учеными ЛЯП, ЛФВЭ и ЛИТ в области физики частиц, и выбрал сообщение А. М. Коротковой (ЛФВЭ) «Эксперимент NA48/2 в ЦЕРН» для доклада на сессии Ученого совета в сентябре 2014 г.

#### **40-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 26–27 июня под председательством профессора В. Грайнера.**

Председатель ПКК представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 115-й сессии Ученого совета Института (февраль 2014 г.) и решениях Комитета полномочных представителей (март 2014 г.).

Приняв к сведению отчет по теме «Синтез и свойства ядер на границе стабильности», ПКК высоко

оценил итоги исследований, выполненных коллективом ЛЯР в рамках данной темы, и, в целях синхронизации работ по этой теме с Семилетним планом развития ОИЯИ, рекомендовал продлить ее с первым приоритетом на два года, а также с удовлетворением отметил инициативу по привлечению молодежи к работам по данной теме.

ПКК с интересом заслушал научный доклад В. Худобы «Новое понимание структуры ядер  ${}^6\text{Be}$ ,  ${}^{10}\text{Ne}$  и  ${}^{17}\text{Ne}$  при низких энергиях возбуждения», посвященный исследованиям легких ядер за границей нуклонной стабильности с использованием радиоактивных пучков ускорителя У-400М. ПКК с интересом заслушал доклад «Реакции слабого взаимодействия с нагретыми ядрами в условиях сверхновой», представленный А. А. Джигоевым и А. И. Вдовиным.

ПКК ознакомился с постерным представлением новых результатов и проектов молодых ученых в области ядерной физики. Были отмечены лучшие стендовые сообщения: «Синтез дважды магического ядра  ${}^{100}\text{Sn}$  в реакции слияния с испусканием частиц и кластеров», представленный Ш. А. Каландаровым, и «GEMMA: результаты поиска магнитного момента нейтрино», представленный Д. В. Медведевым. Доклад Ш. А. Каландарова был рекомендован для представления на сессии Ученого совета в сентябре 2014 г.

Члены ПКК посетили ЛЯР им. Г. Н. Флерова и выразили благодарность дирекции за представленную информацию о новых разработках в лаборатории.



## ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Президиум Российской академии наук присудил **премию им. П. А. Черенкова** профессору И. А. Голутвину (Объединенный институт ядерных исследований) за выдающийся вклад в успешное проведение эксперимента CMS в ЦЕРН в качестве руководителя коллаборации RDMS CMS.

**Премия им. Н. Н. Боголюбова** присуждена академику В. А. Рубакову (ИЯИ РАН, Москва) и профессору Марку Энно (Сольвеевский международный институт физики и химии, Брюссель) за выдающиеся достижения в теоретической и математической физике, вклад в развитие международного научного сотрудничества и подготовку молодых ученых.

**Премия им. В. П. Дзелепова** присуждена коллективу авторов: доктору физико-матема-

тических наук В. М. Быстрицкому, академику **В. Г. Кадышевскому** и профессору М. Г. Сапожникову (Объединенный институт ядерных исследований) за цикл работ «Применение ядерно-физических методов для идентификации химических веществ».

**Премия им. Б. М. Понтекорво** присуждена члену-корреспонденту РАН Г. В. Домогацкому (ИЯИ РАН, Москва) за выдающийся вклад в развитие нейтринной астрофизики высоких энергий и нейтринной астрономии, в частности, пионерские работы по разработке методики детектирования нейтрино высоких энергий подводным детектором и создание действующей установки на озере Байкал.

### ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

#### I. В области теоретической физики

##### *Первая премия*

«Суперконформные индексы и дуальности в четырехмерной суперсимметричной теории поля».

*Авторы:* В. П. Спиридонов, Г. С. Вартапов.

##### *Вторая премия*

«Разработка квантового диффузионного подхода для описания подбарьерного слияния ядер».

*Авторы:* Г. Г. Адамян, Н. В. Антоненко, В. В. Саргсян, В. Шайд.

#### II. В области экспериментальной физики

##### *Первые премии*

«Исследование нарушения CP-симметрии в каонных распадах».

*Авторы:* Е. А. Гудзовский, В. Д. Кекелидзе, Д. Т. Мадигожин, Ю. К. Потребеников.

«Измерение потоков солнечных нейтрино из pp-реакции в режиме реального времени на детекторе «Борексино»».

*Авторы:* О. Ю. Смирнов, Д. Е. Кораблев, К. А. Фоменко.

##### *Вторая премия*

«Исследование механизмов протекания  $pd$ - и  $dd$ -реакций в дейтеридах металлов в области астрофизических энергий».

*Авторы:* В. М. Быстрицкий, Г. Н. Дудкин, Й. Гуран, А. П. Кобзев, А. Р. Крылов, В. Н. Падалко, Ф. М. Пеньков, Ю. Ж. Телеушев, М. Филипович, А. В. Филиппов.

#### III. В области научно-методических исследований

##### *Первая премия*

«Фотонные методы регистрации излучений».

*Автор:* Ю. К. Акимов.

### **Вторые премии**

«Получение экзотических ионов  ${}^6\text{He}$  с помощью тормозного излучения электронного пучка».

*Авторы:* А. Г. Белов, С. Л. Богомолов, С. Н. Дмитриев, В. И. Жеменник, В. И. Загребяев, С. В. Митрофанов, Г. В. Мышинский.

«Разработка газовых детекторов для нейтронных исследований».

*Авторы:* А. В. Белушкин, А. А. Богдзель, В. В. Журавлев, Ф. В. Левчановский, Е. И. Литвиненко, В. М. Милков, Ц. Ц. Пантелеев, В. И. Приходько, А. В. Чураков, В. Н. Швецов.

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

#### **Первая премия**

«Комплекс экспериментальных стендов для проведения исследований радиационной стойкости электронной компонентной базы на пучках тяжелых ионов циклотронов ЛЯР».

*Авторы:* С. В. Анашин, Б. Н. Гикал, Г. Г. Гульбеян, И. В. Калагин, Н. Ф. Осипов, С. В. Пашенко, В. А. Скуратов, Ю. Г. Тетерев, А. А. Фатеев.

#### **Вторые премии**

«Прецизионный лазерный инклинометр».

*Авторы:* Ю. А. Будагов, М. В. Ляблин, Г. Д. Ширков.

«Нейтронная диагностика перспективных реакторных материалов».

*Авторы:* А. М. Балагуров, Г. Д. Бокучава, Р. Н. Васин, И. В. Папушкин, В. В. Сумин.

### **V. Поощрительные премии**

«Структура и свойства магнитных наночастиц, продуцируемых бактериями *Klebsiella oxytoca*: комплексное исследование и экспериментальное обоснование биометрических применений».

*Авторы:* М. Балашою, Д. В. Соловьев, А. В. Рогачев, Л. Ангел, О. Л. Орелович, Л. А. Ищенко, С. В. Столяр, Р. С. Исхаков, Ю. Л. Райхер.

«Наследуемые  $\gamma$ - и нейтрон-индуцированные изменения ДНК структурно разных генов *Drosophila melanogaster* и перспективы оценки генетического риска радиации на молекулярном уровне».

*Авторы:* И. Д. Александров, М. В. Александрова, К. П. Афанасьева, С. В. Кораблинова.

«Сверхпроводящие незамкнутые экраны для системы электронного охлаждения коллайдера проекта NICA».

*Авторы:* Н. Н. Агапов, Г. Л. Дорофеев, В. М. Дробин, Е. А. Куликов, Х. Малиновски, А. В. Смирнов, Г. В. Трубников.

## **ГРАНТЫ**

В 2014 г. сотрудники Объединенного института ядерных исследований получили финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Российского научного фонда (РНФ), Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ), фонда Министерства образования и науки Российской Федерации для реализации ряда научных проектов.

Российский фонд фундаментальных исследований профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках следующих конкурсов: «Инициативные научно-исследовательские проекты» — 48 проектов; «Научные проекты, выполняемые молодыми учеными» — 4; «Научные проекты, выполняемые молодыми учеными из зарубежных стран под руководством кандидатов и докторов наук в научных организациях РФ» — 1; «Ориентированные фундаментальные исследования по актуальным междисциплинарным темам» — 10; «Региональный конкурс “Центральная Россия”» — 2 проекта.

РФФИ профинансировал также ряд научных проектов ОИЯИ в рамках международных конкурсов: совместно с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований — 1 проект; совместно с Немецким научно-исследовательским сообществом — 2; совместно с Государственным фондом естественных наук Китая — 3; совместно с Государственным фондом фундаментальных исследований Украины — 2; совместно с Национальным центром научных исследований Франции — 4; совместно с Европейской организацией ядерных исследований — 3; совместно с Национальным исследовательским фондом ЮАР — 1 проект.

РФФИ оказал финансовую поддержку ОИЯИ по проведению 13 научных конференций в рамках конкурсов «Организация и проведение конференций и научных мероприятий на территории России» и «Организация российских и международных молодежных научных мероприятий, проведенных на территории России».

Российский научный фонд профинансировал в рамках конкурса «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» 3 проекта.

Министерство образования и науки Российской Федерации профинансировало в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» 1 проект.

По совместному конкурсу исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда

фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований в 2014 г. профинансировано 13 проектов.

В рамках программы РФФИ «Научная электронная библиотека» получено финансирование по конкурсу на получение доступа к электронным научным информационным ресурсам зарубежных издательств.

В рамках государственной поддержки молодых российских ученых грант Президента РФ в области «Физика и астрономия» присужден А. В. Беднякову (Лаборатория теоретической физики).

**2014**

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ  
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**





## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2014 г. по международному научно-техническому сотрудничеству Объединенного института ядерных исследований отражают следующие данные:

— проведены совместные исследования с научными центрами стран-участниц, а также международными и национальными организациями других стран по 44 темам первого приоритета и по одной теме второго приоритета;

— для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2580 специалиста;

— для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 1613 специалистов;

— организовано и проведено 50 международных научных конференций и школ, 15 рабочих совещаний и 15 организационных совещаний.

Международное сотрудничество ОИЯИ оформлено соответствующими соглашениями и договорами. Его развитие предусматривает проведение совместных экспериментов на базовых установках физических центров, получение научных результатов, подготовку общих публикаций участников сотрудничества, поставку оборудования и технологий для заинтересованных сторон и мн. др.

**30 января** в рамках рабочего визита руководителя Росатома С. В. Кириенко в ОИЯИ состоялась его встреча с директором Института академиком В. А. Матвеевым, членами дирекции, ведущими учеными и специалистами лабораторий ядерных реакций и физики высоких энергий.

В ЛЯР глава Росатома познакомился с ускорительным комплексом и основными направлениями фундаментальных и прикладных исследований, ведущихся в лаборатории. В ЛФВЭ гость осмотрел ускоритель нуклотрон, получил представление о проекте NICA, а также об исследовательских программах и применении результатов фундаментальных исследований в практических целях. Большой интерес у С. В. Кириенко вызвал ход работ по сооружению на площадке ЛФВЭ комплекса для сборки и испытаний

сверхпроводящих магнитов для масштабных проектов NICA в России и FAIR в Германии.

**23–25 февраля** в Хэфэе (Китай) проходило двустороннее совещание с участием делегации ОИЯИ во главе с и. о. вице-директора Г. В. Трубниковым и руководства Института физики плазмы (ИФП) Китайской академии наук. В составе делегации ОИЯИ: директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, заместители директора ЛФВЭ А. С. Сорин и Г. Г. Ходжибагиан, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин. С китайской стороны в совещании участвовали вице-президент Китайской академии наук Жан Венлонг, директор ИФП Ли Дзянган, руководители и ведущие специалисты этого института. На совещании присутствовал первый секретарь посольства РФ в КНР В. В. Гоза.

Подписанное 7 августа 2013 г. рамочное соглашение о сотрудничестве ИФП и ОИЯИ направлено, прежде всего, на взаимовыгодное участие ИФП в проекте NICA. Участники совещания подробно обсудили состояние научных мегапроектов NICA и EAST, осуществляемых в ОИЯИ и ИФП, а также конкретные предложения по обмену визитами и технологическому сотрудничеству. В ходе заседания Г. В. Трубников и Ли Дзянган подписали совместное обращение в Министерство науки и технологий КНР и Министерство образования и науки РФ с предложением создать соответствующую совместную научно-техническую программу, которая станет основой для присоединения Китая к мегапроекту NICA и позволит ИФП внести существенный вклад в строительство сверхпроводящего ускорительного комплекса. Делегация ОИЯИ посетила лаборатории ИФП и осмотрела уникальные производственные мощности.

**3–5 марта** в ДМС ОИЯИ проходил круглый стол Италия–Россия–Дубна, целью которого был обмен мнениями на тему «Что дальше? Теоретическая и экспериментальная физика после обнаружения бозона Хиггса». Круглый стол был организован в рамках научной программы посольства Италии в РФ. Его соорганизаторами стали ЛФВЭ и ЛТФ ОИЯИ.



Экспериментальное открытие бозона Браута–Энглера–Хиггса, лежащего в основе Стандартной модели, является результатом деятельности физиков и инженеров всего мира, в том числе ученых из Италии, России и ОИЯИ, работающих в ЦЕРН.

В работе круглого стола приняли участие заместитель министра образования и науки РФ Л. М. Огородова, заместитель руководителя делегации ЕС в РФ С. Карлсон, советник по науке и технологиям делегации ЕС в РФ Р. Бургер, первый советник посольства Италии в России А. Пинна, советник по науке посольства П. Фре, сотрудники посольств Венгрии и Франции в России. С докладами выступили ведущие специалисты ОИЯИ, ЦЕРН, Национального института ядерной физики (Италия), университетов Италии, Бельгии, Великобритании, ЮАР, российских академических институтов — Института ядерных исследований, Математического института, Института теоретической физики.

**4 марта** ОИЯИ посетили послы 11 государств Латинской Америки. Директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев и главный ученый секретарь Н. А. Русакович рассказали гостям об основных составляющих деятельности ОИЯИ, важнейших научных открытиях и достижениях, международном научном сотрудничестве. Помощник директора ОИЯИ А. В. Рузаев познакомил послов стран Латинской Америки с инновационными разработками ученых Дубны. Дипломаты посетили ЛФВЭ, где осмотрели создаваемый ускорительный комплекс NICA, а также ЛЯР, где ведутся работы по синтезу новых сверхтяжелых элементов.

**С 9 по 11 апреля** по приглашению Болгарской академии наук (БАН), Софийского университета им. св. Климента Охридского, Агентства по ядерному регулированию Болгарии, Института ядерных исследований и ядерной энергетики БАН (ИЯИЯЭ БАН) состоялся официальный визит директора ОИЯИ академика В. А. Матвеева в Республику Болгарию.

На торжественном заседании в Президиуме Болгарской академии наук академику В. А. Матвееву был вручен диплом об избрании его иностранным членом Болгарской академии наук. В Софийском университете им. св. Климента Охридского он был удостоен звания «Почетный доктор». В. А. Матвеев выступил в ИЯИЯЭ БАН, Болгарской академии наук и в Софийском университете с докладами и лекциями, которые вызвали большой интерес среди членов БАН, ученых и студентов, у широкой аудитории слушателей.

Во время визита в Софию академика В. А. Матвеева состоялись его встречи и плодотворные дискуссии с руководителями БАН, Софийского университета, ИЯИЯЭ БАН, министром образования и науки Болгарии профессором А. Клисаровой, заместителем Председателя правительства Республики Болгарии Д. Бобевоу, заместителем министра экономики

и энергетики Болгарии И. Айоловым, председателем Парламентской комиссии по вопросам образования и науки В. Добревой и членами комиссии, председателем Агентства по ядерному регулированию Болгарии, полномочным представителем правительства Республики Болгарии в ОИЯИ доктором Л. Костовым, послом РФ в Республике Болгарии Ю. Н. Исаковым. Были намечены новые вехи по пути плодотворного сотрудничества между ОИЯИ и научно-академическими и образовательными центрами Республики Болгарии.

Выступая на пресс-конференции, организованной в здании правительства Республики Болгарии, В. А. Матвеев рассказал об осуществляемых в ОИЯИ программах развития исследований в области фундаментальной физики, инноваций и подготовки кадров, развития международного научного сотрудничества с государствами-членами ОИЯИ, отметил последние научные достижения интернационального коллектива Института, выразил благодарность болгарскому правительству за поддержку сотрудничества ученых Болгарии с ОИЯИ.

**22 апреля** в Белграде (Сербия) в Институте ядерных наук «Винча» состоялась 3-я сессия совместного координационного комитета по сотрудничеству Республики Сербии с ОИЯИ. Делегацию ОИЯИ, в которую вошли заместитель главного ученого секретаря Д. В. Каманин, заместитель директора Лаборатории нейтронной физики Е. В. Лычагин и эксперт отдела международных связей О. М. Коротчик, возглавлял вице-директор Института Р. Леднички. С сербской стороны в заседаниях участвовали помощник министра науки и образования Р. Жикич, координатор по сотрудничеству с ОИЯИ С. Петрович (институт «Винча»), исследователи из белградского Института физики Л. Симич и М. Аничич-Урошевич.

Участники сессии обсудили критерии эффективности сотрудничества, вопросы долгосрочного планирования и финансирования совместных проектов. В частности, было принято решение о начале реализации проекта по материаловедению с нейтронными пучками ИБР-2, а также об участии молодых сербских ученых в летних практиках ОИЯИ.

С заседанием комитета было связано проходившее 22–24 апреля также в институте «Винча» 2-е Международное совещание по программе сотрудничества Сербии и ОИЯИ по физике конденсированных сред. Это направление совместных работ представляет собой программу исследований с пучками тяжелых ионов комплекса FAMA института «Винча» и ЛЯР ОИЯИ.

**16–20 июня** в Дубне при поддержке посольства Индии в РФ и посольства РФ в Индии проходил научный форум, направленный на укрепление существующих и поиск новых перспективных форм сотрудничества между научно-исследовательскими цен-

трами Индии и ОИЯИ в области фундаментальной экспериментальной и теоретической физики.

В форуме принимали участие более 20 авторитетных экспертов из ключевых научно-исследовательских организаций Индии, представляющих практически все направления физики элементарных частиц, атомного ядра и конденсированных сред, имеющие первоочередное значение для ключевых проектов ОИЯИ. В открытии форума участвовали представители посольства Индии в Москве, Минобрнауки, Росатома.

Программа форума охватывала широкий круг вопросов в соответствии с главными направлениями сотрудничества и приоритетами научной программы ОИЯИ и индийских институтов и лабораторий. В докладах обсуждались исследования по физике релятивистских тяжелых ионов в контексте проекта NICA ЛФВЭ, синтезу сверхтяжелых элементов и ядерным реакциям в рамках программ ЛЯР, физике конденсированных сред в ЛНФ, физике нейтрино в рамках экспериментальных программ ЛЯП. Форум показал, что большим потенциалом для развития сотрудничества обладает и весь спектр направлений теоретической и математической физики, представленных в программе исследований ЛТФ.

В рамках форума 17 и 19 июня прошли специализированные семинары и совещания в лабораториях ОИЯИ, на которых ученые Института и их индийские коллеги рассказали о своих исследованиях подробнее.

Очень важной частью программы форума стало знакомство индийских ученых и гостей Института с экспериментальными установками ОИЯИ: нуклотроном-М в ЛФВЭ, ускорительным комплексом в ЛЯР, реактором ИБР-2 и комплексом спектрометров в ЛНФ.

На итоговом пленарном заседании состоялся круглый стол, который подвел итоги работы форума и сформулировал рекомендации по сотрудничеству.

**26 июня** в ОИЯИ побывали представители итальянской компании «ASG Superconductors» во главе с председателем совета ее директоров В.Джиори и атташе по науке посольства Италии в России профессором П. Фре.

Компания ASG разрабатывает и производит сверхпроводящие магниты. Ею был изготовлен магнит для CMS на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН. В настоящее время в поле зрения компании — мегапроект NICA. Рассматриваются возможности ASG по созданию магнита для детектора MPD и участию в совместных проектных работах. Детектор должен эффективно идентифицировать продукты соударения ядер и измерять их параметры для изучения сильновзаимодействующей материи. Магнит этой установки предназначен для создания в его апертуре однородного магнитного поля и высокой точности трекинга.

Оборудование для коллайдерного комплекса NICA будут производить как в России, так и за рубежом. Уже сформирован альянс нескольких предприятий на Урале, которые сделают вакуумные камеры и элементы сверхпроводящих магнитов. Специалисты Польши изготовят криостаты и вакуумные камеры, Словакии — систему питания. Китайский Институт физики плазмы готов сделать на основе ВТСП сверхпроводящие кабели. Посетившие ОИЯИ итальянские производители сверхпроводящих магнитов по возвращении на родину планируют обсудить перспективы сотрудничества с Институтом и возможности участия в проекте NICA.

**8 июля** в Дубне состоялась встреча дирекции ОИЯИ с представителями Республики Армения. В ней приняли участие вице-директора М.Г.Иткис и Г.В.Трубников, академик Ю.Ц.Оганесян, начальник отдела международных связей Д.В.Каманин, полномочный представитель правительства Армении в ОИЯИ С.Арутюнян, его помощники В.Киракосян и Х.Киракосян, сотрудники ОИЯИ Г.Торосян и Э.Айрян. Стороны обсудили вопросы, связанные с введением в ОИЯИ нового механизма взносов стран-участниц, ряд вопросов дальнейшего научного сотрудничества, в частности, организации экспертных оценок научных проектов Армении. Также был затронут вопрос подготовки к 60-летию Института и организации юбилейных мероприятий в Армении как в стране-участнице ОИЯИ.

**10 июля** Дубну посетил чрезвычайный и полномочный посол Гватемалы в РФ Э.Менесес с супругой.

В ходе встречи с вице-директорами М.Г.Иткисом, Г.В.Трубниковым, научным руководителем ОИЯИ В.Г.Кадышевским и начальником отдела международных связей Д.В.Каманиным посол обсудил возможности развития коллаборации гватемальских университетов и научных организаций с ОИЯИ. Гости посетили с экскурсией Медико-технический комплекс ЛЯП и сектор нейтронного активационного анализа и прикладных исследований ЛНФ.

**17–18 июля** в Дубне находилась делегация Белорусского государственного университета: декан физического факультета В.М.Анищик, директор ГП «Актив БГУ» В.В.Ходасевич и секретарь комитета по сотрудничеству Республики Белоруссии с ОИЯИ Ю.А.Федотова.

На встрече в дирекции ОИЯИ с участием главного ученого секретаря Н.А.Русаковича, директора Учебно-научного центра С.З.Пакуляка, начальника отдела международных связей Д.В.Каманина, заместителя председателя ОМУС ОИЯИ М.А.Ноздрина стороны обсудили перспективы расширения сотрудничества ОИЯИ с БГУ по образовательным программам, в частности, создание в УНЦ научно-инженерного отдела и связанные с этим новые перспективы взаимодействия в образовательной сфере.

Гости посетили ускорительный комплекс ЛЯР и учебные лаборатории УНЦ.

В итоговой встрече участвовал декан факультета естественных и инженерных наук университета «Дубна» А. С. Деникин.

В ходе обсуждения была достигнута договоренность об ответном визите делегации ОИЯИ в БГУ с целью проведения переговоров о закупке лабораторного оборудования для образовательных проектов ОИЯИ и о документальной базе, регламентирующей сотрудничество БГУ с ОИЯИ.

**С 17 по 23 сентября** в Дубне находилась делегация из 15 молодых ученых, представлявших научные организации Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана и Молдовы. Пребывание в Дубне было организовано ОИЯИ по заказу Федерального агентства по делам СНГ, соотечественников, проживающих за рубежом, и по международному гуманитарному сотрудничеству (Россотрудничество).

18 сентября состоялась встреча молодых ученых с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым, который рассказал гостям об истории, структуре и международном сотрудничестве Института, реализуемых крупных проектах и важнейших достижениях, получивших международное признание.

Гости посетили экспериментальные установки ЛНФ и ЛФВЭ, а также Учебно-научный центр ОИЯИ и обсудили с его директором С. З. Пакуляком ряд вопросов подготовки научных и инженерных кадров для Института.

В ходе визита в Дубну делегация молодых ученых посетила ОЭЗ «Дубна», встретила с представителями администрации города, побывала в университете «Дубна», приняла участие в работе VI Дубненской школы управления инновациями, секционное заседание которой состоялось в библиотеке ОИЯИ им. Д. И. Блохинцева.

На проходившей **18–19 сентября** в Женеве 172-й сессии Совета ЦЕРН была единогласно принята резолюция о статусе наблюдателя для Объединенного института ядерных исследований в Дубне.

Статус наблюдателя позволяет странам-неучастницам ЦЕРН присутствовать на заседаниях Совета и получать документы Совета, без права участия в процедурах по принятию решений. К настоящему времени в число таких стран и организаций входят Европейская комиссия, Индия, Япония, Российская Федерация, Турция, ЮНЕСКО и США.

**9–10 октября** ОИЯИ посетила делегация Вьетнамской академии наук и технологий во главе с вице-президентом академии профессором Дуонг Нгок Хаем. Гости познакомились с базовыми установками Института и исследованиями, ведущимися в лабораториях, обсудили с дирекцией ОИЯИ перспективы расширения сотрудничества, которое многие годы успешно развивается по трем основным на-

правлениям: нейтронные исследования, физика элементарных частиц и информационные технологии, а также познакомились с деятельностью Учебно-научного центра и выразили намерение использовать его возможности для повышения квалификации вьетнамских специалистов.

**30 октября** в ОИЯИ побывала делегация из Франции: советник по науке и технологиям посольства Франции в России А. Мишель, атташе по науке М. Балазар, координатор по научному сотрудничеству К. Лассайи, координатор по вопросам инноваций К. Дебед и помощник советника по науке и технологиям посольства Франции в России О. Иткис.

Гости побывали на площадке ускорительного комплекса NICA, осмотрели циклотронный комплекс ЛЯР и ИБР-2 в ЛНФ.

В ходе беседы в дирекции с участием М. Г. Иткиса, Н. А. Русаковича, Д. В. Каманина и В. А. Беднякова состоялось обсуждение совместных научных проектов, ряда вопросов образования, а также перспектив ассоциированного членства Франции в ОИЯИ. Стороны выразили надежду, что импульсом для продвижения этого вопроса могут стать 60-летие ОИЯИ и 50-летие установления научно-технических связей Франции и России.

**10 ноября** ОИЯИ посетил чрезвычайный и полномочный посол Ирака в РФ доктор И. Ш. Мухсин. Гость осмотрел ускорительный комплекс ЛЯР, ознакомился с развитием исследований по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых ядер, с инновационными разработками ученых и специалистов лаборатории. В ЛФВЭ посол побывал в детекторной лаборатории и на фабрике сверхпроводящих магнитов, где создаются элементы коллайдера NICA. В ходе встречи с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым стороны обсудили перспективы сотрудничества в области фундаментальных наук, развития инновационных технологий и образовательной деятельности.

**13 ноября** прошло совещание руководителей национальных групп под председательством В. Хмельовского. Участники рассмотрели вопросы подготовки к заседаниям Финансового комитета и КПП. Также были затронуты проблемы, связанные с вознаграждением сотрудников из штата дирекции ОИЯИ и улучшением условий их проживания в Дубне.

В. Хмельовски предложил возобновить традиции совместной встречи рождественских праздников и знакомства с национальными традициями с участием всех землячеств. Главный редактор еженедельника «Дубна: наука, содружество, прогресс» Е. М. Молчанов рассказал о планах редакции по подготовке к 60-летию ОИЯИ и обратился к участникам совещания с предложением включиться в эту работу.

**13–14 ноября** в циклотронной лаборатории «Итемба» (Кейптаун, ЮАР) прошла очередная сессия объединенного комитета по сотрудничеству ЮАР–ОИЯИ. Делегацию ОИЯИ возглавлял главный ученый секретарь Н. А. Русакович, в работе сессии приняли участие координатор сотрудничества Д. В. Каманин, директор ЛНФ В. Н. Швецов, директор УНЦ С. З. Пакуляк, сотрудник отдела международных связей А. А. Котова. Делегацию ЮАР возглавлял заместитель генерального директора Департамента по науке и технологиям Т. Ауф дер Хайде.

На сессии были названы основные приоритетные направления сотрудничества: физика тяжелых ионов, прикладные ядерные технологии, ускорительная техника, теория и моделирование, образование, а также назначены координаторы по этим направлениям со стороны ЮАР. По этим и ряду других направлений после завершения очередного трехлетнего цикла работы по текущим проектам с октября 2015 г. будут открыты новые совместные проекты.

При рассмотрении образовательной программы участниками комитета был отмечен растущий интерес к международной студенческой практике УНЦ, в связи с чем обсуждались возможности более активного вовлечения в орбиту сотрудничества периферийных университетов ЮАР.

В ходе сессии комитета работал видеомост с Дубной. На видеозэкране присутствовал директор УНЦ С. З. Пакуляк и один из экспертов со стороны ЮАР С. Муллинз, координирующий сотрудничество в области физики тяжелых ионов, который в те дни участвовал в экспериментах по спектроскопии сверхтяжелых элементов, проводимых в ЛЯР.

По итогам заседания комитет утвердил финансирование совместных исследовательских проектов на очередной годовой период — 2014–2015 гг. Наряду с образовательной составляющей учитывались результаты совместного конкурса инициативных проектов РФФИ и Национального исследовательского фонда ЮАР.

**14 ноября** в ОИЯИ была открыта мемориальная доска Юрию Александровичу Туманову (1932–2014), видному российскому фоторепортеру, мастеру научной фотографии, автору фотоснимков, прославивших Объединенный институт и Дубну.

Профессиональный фотограф, Ю. А. Туманов работал в ОИЯИ с 1967 г. В фотоархиве Института хранятся тысячи документов о деятельности международного научного центра, автором которых является Ю. А. Туманов.

Он был человеком с активной жизненной позицией и талантливым фотохудожником, создавшим прекрасную портретную галерею ученых — основателей Объединенного института ядерных исследований: Д. И. Блохинцева, Н. Н. Боголюбова, Б. М. Понтекорво, В. И. Векслера, Г. Н. Флорова, И. М. Франка, М. Г. Мещерякова, В. П. Дзеле-

пова, многих других замечательных ученых, инженеров, рабочих и служащих, занятых в области фундаментальных исследований тайн микромира. С высочайшим профессиональным мастерством Ю. А. Туманов проводил фотосъемки по результатам важнейших научных, научно-методических и прикладных работ, съемки новых физических установок, становясь, таким образом, сопричастным к научному поиску. Его фотовыставки объехали многие страны мира. Ему принадлежит огромный вклад в развитие визуального представления научной информации.

Торжественную церемонию, проходившую у фотолaborатории ОИЯИ, которая была создана по инициативе и при активном участии Ю. А. Туманова, вел пресс-секретарь ОИЯИ Б. М. Старченко. Право открытия памятной доски было предоставлено научному руководителю Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ академику РАН Ю. Ц. Оганесяну. От имени научной общественности и всех друзей Ю. А. Туманова он выразил благодарность дирекции ОИЯИ и инициативной группе, которая занималась разработкой и установкой памятной доски. Он отметил, что это первый шаг по увековечиванию памяти выдающегося мастера фотографии.

Директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев подчеркнул, что Ю. А. Туманов обладал необычайным, удивительным свойством: умением показать лицо ученого, труженика, человека, который воодушевлен тем, чтобы сделать что-то значительное, лицо одухотворенное, — лицо личности.

По словам руководителя группы польских сотрудников ОИЯИ В. Хмельовского, Ю. А. Туманов «был человеком не только Дубны и нашего Института, но и всех стран-участниц».

«Более 40 лет мир видел Дубну научную глазами яркого профессионала», — написано на мемориальной доске в память о замечательном мастере.

**30 ноября** ОИЯИ посетили чрезвычайный и полномочный посол Румынии в РФ В. Соаре и сопровождавшие его лица, которые встретились с руководством ОИЯИ и румынскими сотрудниками Института. Обсуждались вопросы совместных научных проектов, участия в проекте NISA, возможность подготовки молодых румынских специалистов в УНЦ ОИЯИ, в том числе по инженерным специальностям. Визит завершился концертом румынского фольклорного ансамбля, посвященным Дню объединения Румынии, отмечаемому 1 декабря.

**3–4 декабря** в Дубне проходил научный форум «Международные мегасайенс проекты: точки роста для фундаментальных исследований и инноваций. Сотрудничество и перспективы мегапроектов для России и Китая». В нем приняли участие представители Министерства науки и образования РФ, Министерства науки и технологий КНР, научных центров России, Китая, Германии, Польши, Италии, Египта.

Форум организован для обсуждения возможностей реализации на взаимовыгодной основе крупных научно-исследовательских проектов в России, Китае и странах Евросоюза. В пленарной части были представлены доклады, посвященные планам, ходу работ, перспективам и международному опыту, совместным усилиям, предпринимаемым как для проектирования установок, так и для решения технических задач, обмена технологиями, специалистами и практическими знаниями.

Участникам форума была представлена исчерпывающая информация о двух российских мегасайенс проектах — содержательный доклад директора ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт» В.Л. Аксенова (Гатчина) о высокопоточном пучковом исследовательском реакторе ПИК и ряд докладов о ходе

создания ускорительного комплекса NICA (ОИЯИ, Дубна): общей концепции, проделанной работе, планах по дальнейшей реализации, объединении идей физиков-теоретиков для исследований барионной материи, а также особенностях и преимуществах новых технологий.

Взаимодействие с китайскими учеными, которому уделялось основное внимание на форуме, было интересно руководителям научных направлений не только ОИЯИ, но и европейских стран. Продолжение форума в формате круглого стола позволило участникам задать вопросы друг другу, более подробно обсудить представленные доклады и проблемы, связанные с совместной реализацией крупнейших мегасайенс проектов. Итогом стало подписание протокола о намерениях.

## КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2014 г., наиболее крупными были четырнадцать.

С 3 по 8 февраля в Дубне прошла 21-я Международная конференция «*Математика. Компьютер. Образование*» (МКО). Эта междисциплинарная научно-образовательная международная конференция проводится ежегодно во время зимних студенческих каникул попеременно в подмосковных наукоградах Дубне и Пущино.

Наряду с ЛИТ ОИЯИ и Международным университетом природы, общества и человека «Дубна» организаторами конференции являются МГУ им. М.В. Ломоносова, Пущинский центр биологических исследований, Научный совет РАН по биологической физике, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Центр национального интеллектуального резерва МГУ, фонд «Национальное интеллектуальное развитие», Межрегиональная общественная организация «Женщины в науке и образовании».

Конференцию открыл вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki, выступивший с ярким докладом «История и научная программа развития Объединенного института ядерных исследований». Председатель оргкомитета конференции профессор МГУ Г. Ю. Ризниченко рассказала об истории конференций МКО, журнале «Компьютерные исследования и моделирование», программе 21-й конференции. Директор Института системного анализа и управления университета «Дубна» профессор Е. Н. Черемисина выступила с докладом о современном состоянии и перспективах развития института. Доклад «Общественнообразовательные программы УНЦ ОИЯИ» представил директор Учебно-научного центра ОИЯИ С. З. Пакуляк. Ветеран ОИЯИ, известный специалист

в области экспериментальной физики элементарных частиц и информатики, действительный член Европейской академии наук Р. Г. Позе рассказал участникам конференции об истории ОИЯИ, замечательных ученых, создавших это уникальное международное научное учреждение, и сделанных здесь выдающихся научных открытиях.

Во второй день конференции на пленарном заседании представили последние научные достижения директора лабораторий ОИЯИ: В. Н. Швецов (ЛНФ), В. В. Кореньков (ЛИТ), В. А. Бедняков (ЛЯП), Е. А. Красавин (ЛРБ). С большим интересом участники конференции заслушали доклад вице-директора ОИЯИ Г. В. Трубникова «Мегaproект NICA». Оригинальным и познавательным был доклад профессора В. А. Никитина (ЛФВЭ) «Физика фундаментальных частиц материи — вид с птичьего полета».

В последующие дни наиболее яркими и запоминающимися были доклады руководителя отдела нейронаук НИЦ «Курчатовский институт» членкорреспондента РАН К. В. Анохина — о достижениях когнитивной науки — и директора Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН академика РАН Б. Н. Четверушкина — о высокопроизводительных вычислениях.

На секционных заседаниях и стендовых сессиях, на мастер-классах проходили оживленные научные дискуссии по вопросам математического моделирования в разных областях науки. По сложившейся традиции в университете «Дубна» были проведены презентация и обсуждение исследовательских проектов учащихся средних образовательных учреждений Москвы, Подмосковья, Твери, Ижевска в рамках проекта «ФОРОС», с использованием телемоста.

Конференция завершилась пленарным заседанием с подведением итогов и обсуждением планов последующих конференций. Участники выразили глубокую благодарность организаторам конференции за ее высокий научный уровень и гостеприимство.

24–28 февраля в Лаборатории теоретической физики проходила *18-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ*, посвященная 105-летию со дня рождения Н.Н.Боголюбова. Ее участниками стали более 150 студентов, аспирантов, научных сотрудников ОИЯИ и ряда российских и зарубежных университетов и институтов. Программа конференции содержала лекции ведущих сотрудников лаборатории по математической и теоретической физике, прослеживающие развитие идей великого физика и математика и отражающие актуальное состояние теоретических моделей и экспериментальных результатов. Участники посмотрели видеозапись выступления Д. В. Ширкова «Н. Н. Боголюбов. Уроки жизни» и созданный в ОИЯИ видеофильм о великом ученом.

Доклады были представлены на девяти пленарных секциях, традиционно работающих во время конференции. Впервые была организована постерная секция, в которой представлены 11 работ.

По вечерам участников конференции ждала обширная спортивная программа: стрельба из лука и пневматической винтовки, настольный теннис, баскетбол, футбол, скалодром, боулинг и бильярд. В культурную программу конференции вошли экскурсии на ИБР-2, ускорители ЛФВЭ и ЛЯР и концерт Дубненского симфонического оркестра и юной солистки Маши Андреевой.

В рамках конференции среди ее участников из ОИЯИ традиционно проводится конкурс на премию ОИЯИ для молодых ученых и специалистов. Лауреатами премии за 2013 г. стали: в номинации «Научно-исследовательская теоретическая работа» — В. Катков, И. Рахмонов (первая премия), А. Безбах (вторая премия), Е. Коваль (поощрительная премия); в номинации «Научно-исследовательская экспериментальная работа» — М. Гончар (первая премия), П. Шаров (вторая премия), П. Блаха (поощрительная премия); в номинации «Научно-методическая и научно-техническая работа» — С. Мерц (первая премия), Р. Еремин (вторая премия), Г. Козлов (поощрительная премия); в номинации «Научно-техническая прикладная работа» — Н. Шурхно (первая премия), И. Зиньковская (вторая премия), А. Баранов (поощрительная премия).

С 27 по 30 мая в Дубне работал *22-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN)*. Дубна приняла участников ISINN после двухлетнего перерыва, во время которого семинар проводился в Алуште. На этот раз в Дубну приехали более 120 человек из 18 стран, в том числе из Алжира, Индии, Ирана, ЮАР и Вьет-

нама. Российские участники традиционно представляли ФЭИ (Обнинск), ПИЯФ (Гатчина), «Курчатовский институт» и ИТЭФ (Москва), госуниверситеты Тулы, Калининграда, Иваново. В совещании активно участвовали сотрудники ОИЯИ из ЛНФ, ЛЯР, ЛЯП и ЛФВЭ.

Тематика семинара была очень разнообразной — от фундаментальных проблем до прикладных аспектов нейтронной физики, таких как нейтронный активационный анализ, трансмутация радиоактивных отходов, методические вопросы проведения экспериментов. По словам директора ЛНФ В.Н.Швецова, произнесенным на открытии семинара, ISINN — «это место встречи физиков, которые даже могут не докладывать готовые, оформленные результаты, это площадка, где можно встретиться и обменяться новостями, показать свои результаты, пусть еще предварительные, выслушать дружеский совет, иногда и критические замечания».

Большое число сессий «ISINN-22» посвящалось прикладным задачам нейтронной физики. Обзорные доклады по этой тематике сделали неоднократно участники ISINN профессора Э. Стейннес (Норвегия) и О.Г. Дулиу (Румыния), М.В. Фронтасьева (ОИЯИ).

Значительная часть времени была отведена ядерным аналитическим методам в науках о жизни — экологии, биологии и медицине. Участников по этой тематике — от Индии и ЮАР до европейских стран — было не меньше, чем на сессиях по традиционному для ISINN ядерно-физическим вопросам. Для участников секции были организованы экскурсии на установку РЕГАТА на реакторе ИБР-2, а также в химическую лабораторию. Гости смогли оценить условия работы и систему автоматизации нейтронного активационного анализа. В перерывах между заседаниями обсуждались новые проекты с ЮАР, Республикой Корея и Индией.

Участники семинара выслушали около 50 устных докладов, примерно столько же было представлено на постерной сессии. Две сессии были посвящены уже ставшей традиционной проблеме использования электроядерных систем (ADS) для трансмутации радиоактивных отходов с одновременным получением полезной энергии. На этот раз здесь выступали молодые исследователи из ОИЯИ, Болгарии, Украины и Ирана. Они представили последние экспериментальные данные и результаты их анализа, полученные коллаборацией «Энергия плюс трансмутация», работающей на базе нуклотрона ЛФВЭ ОИЯИ. Интересное сообщение о жидкосолевом варианте ADS сделал сотрудник «Курчатовского института» И. Невинница.

О результатах моделирования «выжигания» минорных актинидов в специфических электроядерных системах рассказала З. Голамзаде (Иран). В ее докладе были представлены теоретические расчеты по трансмутации америция и нептуния — продуктов,

образующихся как радиоактивные отходы в ядерных реакторах.

Приятной особенностью «ISINN-22» оказалось необычно большое число молодых участников. Только ФЭИ (Обнинск) делегировал пятерых начинающих путь в науке физиков. Много молодых специалистов приехало из других стран-участниц ОИЯИ. В целом традиции ISINN были соблюдены — демократическая и эффективная для контактов атмосфера, неизменный, несмотря на дождь, пикник и установление новых научных контактов. Семинар был проведен при традиционной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Серия международных семинаров «*Кварки*» посвящена проблемам современной теории поля, физики элементарных частиц, астрофизики и космологии. Традиционно «Кварки» проводятся раз в два года и организуются Институтом ядерных исследований РАН.

Восемнадцатый семинар, «Кварки-2014», был впервые организован совместно ИЯИ РАН и ОИЯИ. В современных условиях объединение усилий двух институтов позволило провести это значительное научное мероприятие на высочайшем уровне. Сопредседателями оргкомитета были академики В. А. Матвеев и В. А. Рубаков. Семинар проводился со 2 по 8 июня в древнем городе Суздале. В нем приняли участие ученые из ведущих мировых научных центров. Дубну представляла внушительная делегация, члены которой сделали доклады практически по всем основным темам семинара:

- космология и астрофизика, их связь с физикой частиц;
- физика частиц за рамками Стандартной модели: взаимодействия частиц на коллайдерах; редкие процессы; феноменология бозона Хиггса; экзотические модели;
- современная квантовая теория поля, динамика теорий с сильной связью;
- современные проблемы математической физики;
- физика нейтрино, осцилляции нейтрино;
- квантовая хромодинамика, сильные взаимодействия;
- космические лучи сверхвысоких энергий;
- избранные экспериментальные результаты.

*Европейская школа по физике высоких энергий 2014 г.* (ранее школа по физике ЦЕРН–ОИЯИ) проводилась с 18 июня по 1 июля в г. Гардерене (Нидерланды). Она была организована ЦЕРН, ОИЯИ и Институтом NIKHEF (Нидерланды).

Лекции охватывали широкий круг тем физики высоких энергий и по своему уровню были предназначены для студентов, дипломные работы которых связаны с экспериментальной физикой частиц.

Научная программа школы затрагивала следующие направления: физика частиц и космология; пер-

спективы физики на LHC; аспекты теории; физика ароматов и несохранение комбинированной четности; теория поля и электрослабая Стандартная модель; КХД; физика нейтрино; физика Хиггса; физика тяжелых ионов; SUSY; практическая статистика для физики частиц; физика за пределами Стандартной модели.

Дискуссионные сессии проводились каждый день после обеда. На них ведущими докладчиками были П. Артоизенет (NIKHEF, Нидерланды), А. Бедняков (ОИЯИ), С. Делонай (LAPTh, Франция), А. Гладышев (ОИЯИ), К. Пизано (NIKHEF, Нидерланды), К. Шмидт-Хоберг (ЦЕРН). Студенты приняли активное участие во всех мероприятиях школы, включая постерные презентации, лекции и дискуссии.

С 30 июня по 5 июля в Лаборатории информационных технологий проходила 6-я Международная конференция «*Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании*». Эта традиционная для лаборатории конференция проводится каждые два года, начиная с 2004 г. Стоит отметить, что за десять лет она превратилась в уникальный российский форум для обсуждения широкого спектра вопросов, связанных с использованием распределенных и грид-технологий в различных областях науки, образования, промышленности и бизнеса, а также обсуждения новых идей и свежих результатов. Финансовую поддержку проведению конференции оказала дирекция ОИЯИ, спонсорами и партнерами конференции выступили: «Supermicro Computer», NIAGARA, «Quantum», «Jet infosystems», IBM, PARALLEL.RU.

В работе конференции приняли участие около 200 ученых из научных центров Армении, Белоруссии, Болгарии, Венгрии, Монголии, Румынии, Словакии, США, Чехии, Франции, ЮАР и др. Россия была представлена участниками из более чем 30 университетов и исследовательских центров. В рамках конференции была организована работа восьми секций, на которых обсуждалась роль грид-технологий, добровольных вычислений, облачных технологий, Big Data в моделях компьютеринга для мегапроектов в России и мире, таких как NICA и FAIR. Также было проведено рабочее совещание «Вычислительные модели, программное обеспечение и обработка данных для будущих экспериментов в области ядерной физики высоких энергий». На конференции было представлено 30 пленарных обзорных докладов известных специалистов в области распределенных вычислений, 65 секционных и 13 стендовых докладов.

Открыл конференцию директор ЛИТ ОИЯИ В. В. Кореньков докладом о текущем состоянии и перспективах развития лаборатории. Особое внимание было уделено развитию грид-инфраструктуры, в том числе созданию Tier-1 центра, развитию компьютеринга для мегапроекта NICA, созданию в лаборато-

рии гетерогенной вычислительной системы и другим проектам, активно развивающимся в ЛИТ.

В рамках конференции были проведены двухнедельные обучающие курсы по технологиям параллельного программирования. Участники из Монголии, Румынии и России заслушали лекции по таким технологиям, как MPI, OpenMP, CUDA и OpenCL; были проведены практические занятия на базе гетерогенного вычислительного кластера HybriLIT (<http://hybrilit.jinr.ru/>).

В ходе совещаний и дискуссий на конференции обсуждалось много вопросов, были предложены новые перспективные проекты, направленные на расширение сотрудничества ЛИТ с организациями и университетами стран-участниц ОИЯИ. Презентации сделанных докладов, электронный вариант сборника тезисов и фотоматериалы размещены на сайте конференции <http://grid2014.jinr.ru>.

11–16 августа впервые в Дубне, в Лаборатории информационных технологий проходила **33-я Всероссийская конференция по космическим лучам**, организованная ОИЯИ, НИИЯФ МГУ, Научным советом по комплексной проблеме «Космические лучи», университетом «Дубна». В ней приняли участие около 200 ученых из всех научных институтов и университетов России, занимающихся различными аспектами проблемы космических лучей (КЛ), а также специалисты из стран СНГ и Европы.

Научная программа конференции охватывала широкий круг актуальных проблем, связанных с исследованием космических лучей: прямые, наземные измерения и теория (ядра, электроны, гамма-излучение); мюоны и нейтрино; солнечные космические лучи; модуляции галактических КЛ; геофизические эффекты КЛ и их влияние на климат. Заседания проходили в форме пленарных сессий, а также стендовых секций. С приглашенными докладами от ОИЯИ выступили О. В. Рогачевский (ЛФВЭ) — о физической программе на ускорителе NICA, Г. М. Тер-Акопьян (ЛЯР) — о синтезе и поиске сверхтяжелых элементов в природе и в космических лучах, Б. А. Шайбонов (ЛЯП) — о ходе Байкальского нейтринного эксперимента, А. Г. Ольшевский (ЛЯП) — о нейтринных исследованиях в ОИЯИ.

С 25 по 29 августа в ОИЯИ проходила международная молодежная конференция **«Современные проблемы прикладной математики и информатики»**, организованная под эгидой национального комитета международного Сообщества по промышленной и прикладной математике (SIAM), международного координационного комитета по вычислительной математике академий наук стран СНГ. Организаторами конференции выступили Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Лаборатория информационных технологий ОИЯИ, Институт вычислительной матема-

тики РАН, Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ им. М. В. Ломоносова.

Конференция собрала 132 участника из России, Белоруссии, Таджикистана, Армении, Монголии, Словакии и Украины. Из них 108 человек — студенты, аспиранты, молодые ученые в возрасте до 35 лет включительно (более 80 % от общего числа участников). В работе конференции приняли участие два академика, два члена-корреспондента РАН, 21 доктор и 12 кандидатов наук.

Представленные на конференции доклады охватили весьма широкие и активно развивающиеся области прикладной математики: применение распределенных и высокопроизводительных вычислений для решения прикладных задач, что связано с развитием новых методов и алгоритмов, а также технологий параллельного программирования, позволяющих проводить расчеты на новых вычислительных архитектурах.

С приветственными словами к участникам обратились главный ученый секретарь ОИЯИ профессор Н. А. Русакович, директор ЛИТ ОИЯИ профессор В. В. Кореньков, заместитель директора ИПМ им. М. В. Келдыша РАН профессор А. Л. Афендиков.

В рамках конференции был организован курс «Технологии параллельного программирования», во время которого сотрудниками ЛИТ были прочитаны лекции и проведены практические занятия по технологиям параллельного программирования на гетерогенных вычислительных системах. Практические занятия проводились на только что введенном в строй гетерогенном кластере HybriLIT, являющемся составной частью Центрального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Для каждого слушателя курса был организован временный доступ на кластере.

Всего на конференции было представлено 18 лекций и пленарных докладов. Молодые ученые, аспиранты и студенты представили 55 устных и 12 стендовых докладов.

Конференция «MPAMCS'2014» предоставила возможность молодым ученым ознакомиться с современными методами и подходами к решению задач науки и техники на высокопроизводительных вычислительных системах, познакомила с методами разработки больших комплексов программ, с современными технологиями параллельного программирования, а также с последними достижениями в области эксафлопсных вычислений и Big Data.

Лучшие доклады молодых ученых будут опубликованы в журнале «Математическое моделирование». Материалы конференции размещены на сайте <http://mpamcs2014.jinrru/>.

С 8 по 13 сентября в Калининграде проходил международный симпозиум по одному из важнейших и наиболее интенсивно развивающихся направ-



влений ядерной физики — физике экзотических состояний ядер «EXON-2014». Организаторы симпозиума — пять крупнейших научных центров, в которых успешно развивается это направление: Объединенный институт ядерных исследований в Дубне, Национальный центр GANIL (Франция), Исследовательский центр RIKEN (Япония), Научный центр по физике тяжелых ионов GSI (Германия) и Лаборатория сверхпроводящих циклотронов (Мичиган, США). Сопредседателями оргкомитета симпозиума стали ведущие ученые этих пяти научных центров мира — академик РАН Ю.Ц.Оганесян (ОИЯИ), профессора Ф.Сталей (GANIL), Х.Энио (RIKEN), Х.Штокер (GSI) и К.Гельбке (США).

В симпозиуме «EXON-2014» приняли участие ученые из 24 стран мира. Наиболее представительные делегации — из Германии (10 человек), Франции (12 человек), Японии (10 человек), США (8 человек). Научные центры этих стран заинтересованы в развитии сотрудничества с ОИЯИ и научными центрами России, которые представляло 28 участников.

Ученым удается получать ядра в экстремальных состояниях — ядра, имеющие большой угловой момент («бешено» вращающиеся ядра), высокую энергию возбуждения («горячие» ядра), сильнодеформированные ядра (супер- и гипердеформированные, ядра с необычной конфигурацией формы), ядра с аномально высоким числом нейтронов или протонов (нейтроноизбыточные и протоноизбыточные ядра), сверхтяжелые ядра с числом протонов  $Z > 110$ . Изучение свойств ядерной материи в экстремальных состояниях дает важную информацию о свойствах микромира и, таким образом, позволяет моделировать различные процессы, происходящие во Вселенной.

Научная программа включала приглашенные доклады по актуальным направлениям физики экзотических ядер и новым проектам крупнейших ускорительных комплексов и экспериментальных установок. Кроме того, были организованы круглые столы с участием ведущих ученых из различных научных центров мира, посвященные вопросам сотрудничества в области фундаментальной физики и прикладных исследований.

На симпозиуме обсуждались результаты последних экспериментов по синтезу и изучению свойств ядер новых сверхтяжелых элементов. Открытие новых сверхтяжелых элементов свидетельствует о высокой эффективности международных коллабораций. Интересные результаты были получены в совместных ЛЯР ОИЯИ–GSI (Германия)–Институт им. П.Шеррера (Швейцария) экспериментах по химической идентификации элементов 112 и 114 на пучках циклотрона ЛЯР У-400. Ярким примером успешного сотрудничества является и эксперимент по синтезу 117-го элемента в коллаборации с учеными из лабораторий США, предоставивших ми-

шенный материал из  $^{249}\text{Bk}$ , проведенный на циклотроне ЛЯР ОИЯИ большой группой физиков и химиков под руководством академика РАН Ю.Ц.Оганесяна.

Местом проведения симпозиума стал Балтийский федеральный университет им. И.Канта, внесший большой вклад в подготовку кадров высшей квалификации и выполнение совместных научных исследований.

Отдельный день симпозиума был посвящен настоящим и будущим ускорительным комплексам тяжелых ионов и радиоактивных ядер в ведущих научных центрах мира — создаваемому в лабораториях-соучредителях симпозиума новому поколению ускорителей, которые позволят значительно продвинуться в направлении синтеза и изучения свойств новых экзотических ядер. Это такие проекты, как SPIRAL, RIKEN RI Beam Factory, FAIR, DRIBs, NICA, RIB, представленные на симпозиуме их руководителями.

Всего было заслушано около 80 устных и представлено около 40 постерных докладов, которые будут опубликованы в очередном выпуске научных трудов международного симпозиума EXON.

С 8 по 12 сентября в Санкт-Петербурге проходила XI Международная конференция «*Кварковый конфайнмент и спектры адронов*» — регулярное мероприятие, которое проводится каждые два года в разных странах мира. В организации конференции принимали участие Санкт-Петербургский государственный университет, НИЦ «Курчатовский институт» (Москва), Объединенный институт ядерных исследований (Дубна), Петербургский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова (ПИЯФ НИЦ КИ, Гатчина), Технический университет (Мюнхен, Германия).

За 20 лет своего существования конференция приобрела статус одного из самых представительных мировых форумов по физике сильных взаимодействий и смежных областей. В 2014 г. она впервые проходила в России и собрала 300 отечественных и зарубежных ученых. Сотрудники нашего Института работали в организационном комитете и входили в состав международного программного комитета, возглавляли работу двух из семи секций конференции, определяли их тематику и список приглашенных докладчиков.

За пять рабочих дней конференции было сделано около 30 пленарных докладов, прошло четыре круглых стола по актуальным проблемам современной науки. На семи параллельных секциях было заслушано 90 докладов, наконец, еще около 60 докладов было представлено на специальной постерной сессии конференции.

Пленарные доклады носили обзорный характер, причем тематика их была разбита по дням. Первый день был посвящен новым результатам, полученным

на Большом адронном коллайдере (ЛHC) в ЦЕРН (Швейцария), и адронной спектроскопии.

Второй день конференции был посвящен более традиционным областям КХД. На круглом столе в этот день обсуждались возможности решеточных измерений в адронной феноменологии и физике низких энергий (и нерешенные проблемы).

На третий день конференции речь шла о КХД при ненулевой температуре и химическом потенциале, кварк-глюонной плазме, столкновении тяжелых ионов и т. д.

Доклады, прозвучавшие в 4-й день конференции, носили более узкоспециализированный характер и были представлены в семи секциях: «Структура вакуума и невылетание кварков», «Легкие кварки», «Тяжелые кварки», «Деконфайнмент и фазовая диаграмма КХД», «Теории поля с сильной связью», «Ядерная физика и астрофизика», «КХД и новая физика».

В целом уровень конференции был необычайно высоким, а состав участников — весьма представительным. Как российские, так и иностранные участники конференции неоднократно отмечали прекрасную организацию мероприятия и гостеприимную атмосферу Санкт-Петербурга.

С докладами большинства участников можно ознакомиться по адресу: <https://indico.cern.ch/event/287920/timetable/#20140908>.

С 15 по 20 сентября в Объединенном институте ядерных исследований прошел традиционный XXII Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «*Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика*», который в среде ученых называют «Балдинская осень». Этот семинар проходит раз в два года, начиная с 1969 г. Следует отметить, что в последнее время интерес к семинару заметно возрос. Впервые семинар (из числа восьми конференций по физике высоких энергий в 2014 г.) был поддержан Комитетом ИУРАР. Семинар открыл директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, а профессор В. Д. Кекелидзе (ОИЯИ) от имени секции С11 ИУРАР пожелал успешной работы участникам семинара.

Участие в работе семинара приняли более 200 человек из 17 стран, практически из всех ведущих физических центров мира, занимающихся физикой высоких энергий. Было представлено 160 докладов. Большой интерес вызвали доклады, посвященные результатам, полученным на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН. Значительно возрос интерес к исследованию кумулятивного эффекта, который был предсказан А. М. Балдиным и открыт в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в начале 1970-х гг. Этому явлению было посвящено большое число докладов на семинаре. Особо следует отметить, что в настоящее время проводятся эксперименты по исследованию кумулятивных реакций при высоких энергиях

в ИФВЭ (Протвино) и в будущем планируется проведение новых экспериментов с целью более глубокого изучения свойств флуктонов в ядрах (проект «Флуктон»). Как всегда, на семинаре было представлено много докладов, посвященных исследованиям структурных функций адронов и ядер, релятивистской теории нуклон-нуклонных взаимодействий, поиску сигналов кварк-глюонной плазмы, современной интерпретации экспериментальных данных, полученных за последние годы в различных физических центрах. Были рассмотрены предложения теоретиков о постановке новых экспериментов.

Релятивистская ядерная физика открывает также большие перспективы в прикладной области. Многие результаты этих исследований уже широко используются в медицине и технике. Но еще много вопросов нуждается в дальнейших исследованиях. В частности, большой интерес представляют исследования, связанные с безопасной ядерной энергетикой и уничтожением радиоактивных отходов с помощью ядерных пучков ускорителей. Этим прикладным вопросам была посвящена специальная секция семинара. Впервые на семинаре была проведена онлайн-сессия, на которой были представлены результаты эксперимента D0 (FNAL) докладчиками, находящимися в США. Была организована прямая трансляция заседаний через Интернет. Профессор А. И. Малахов представил доклад, развивающий идеи А. М. Балдина. Особо следует отметить, что прекрасно подтверждаются предсказания, сделанные А. М. Балдиным более 15 лет назад, по асимптотическому поведению ядерных взаимодействий при высоких энергиях. Так, экспериментальные данные по отношению выходов антипротонов и протонов, полученные на ЛHC при энергиях до 7 ТэВ, прекрасно легли на кривые, полученные ранее в работах А. М. Балдина с сотрудниками.

Заключительный доклад о поисках сверхтяжелых элементов был представлен академиком Ю. Ц. Оганесяном.

С представленными докладами можно познакомиться на сайте семинара (<http://relnp.jinr.ru/ishepp/index.html>).

С 29 сентября по 3 октября в Московском физико-техническом институте (МФТИ) проходила международная конференция «*Структура и функции биомембран*», посвященная исследованиям в области биомембран и мембранных белков. Конференция была организована совместно МФТИ и ОИЯИ. Активное участие в ее работе приняли сотрудники ЛНФ им. И. М. Франка.

В настоящее время исследование биомембран занимает центральное место в молекулярной и клеточной биологии. Биомембраны ограничивают внутреннее содержимое клетки от внеклеточного пространства, т. е. через них идет взаимодействие между клеткой и окружающей средой и клетками между

собой. Биомембраны участвуют в транспортировке ионов, питательных веществ и преобразовании энергии. Соответственно, нарушение их работы приводит к множеству патологий, в том числе к развитию диабета, рака, болезни Альцгеймера или болезни Паркинсона. А это, в свою очередь, ведет к тому, что большая часть современных лекарств разрабатываются для воздействия именно на мембранные белки. Получается, что биомембраны и мембранные белки также оказываются в фокусе фармакологии и медицины, а еще физики мягкой материи и теоретической физики, так как для исследований развиваются методы рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, масс-спектрометрии, флуоресцентной микроскопии и многих других методов.

Специалисты со всего мира обсудили на конференции новые проблемы и задачи в исследованиях биомембран. Тематами докладов являлись механика процессов, происходящих на мембранах клеток, методы изучения этих процессов, их роль в старении организма и развитии различных болезней, а также разработка лекарств. Среди основных докладчиков: Эрнст Бамберг из Института биофизики Макса Планка (Германия), Рэй Стивенс из Исследовательского института Скриппса (США) и Института iHuman (Китай), Георг Бюлфт из МФТИ и Исследовательского центра Юлих (Германия), Норберт Денчер из Дармштадтского технического университета и др. Отдельная программа была организована для молодых ученых, приехавших на конференцию.

С 20 по 24 октября в ОИЯИ прошла 5-я школа по информационным технологиям «Грид и административно-управленческие системы ЦЕРН», организованная Лабораторией информационных технологий ОИЯИ при поддержке группы разработки современных информационных систем департамента основной инфраструктуры ЦЕРН и Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Цель школы — передача знаний, накопленных и развиваемых в ОИЯИ и ЦЕРН, в области современных информационных технологий для подготовки кадров.

Школа была посвящена вопросам управления сложными научными комплексами и информационными системами на примере разрабатываемых в ОИЯИ и ЦЕРН технологий. В 2014 г. круг университетов был расширен, и в школе приняли участие студенты и аспиранты из 12 ведущих вузов. «Дебютантами» стали Санкт-Петербургский государственный университет, МГУ им. М. В. Ломоносова, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Российский университет дружбы народов, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Тверской государственный университет. По традиции наряду с российскими студентами в школе приняли участие сту-

денты из Университета Павла Йозефа Шафарика в Кошице (Словакия) и Тбилисского государственного университета (Грузия). На открытии школы выступили: вице-директор ОИЯИ Г. В. Трубников, директор Лаборатории информационных технологий В. В. Кореньков, президент МИФИ Б. Н. Оныкий, сопредседатель и один из основателей школы Д. Метие-сон. Для участников школы были прочитаны лекции по базам данных, облачным вычислениям, электронным библиотекам, грид-технологиям, разработке программного обеспечения, ускорительному комплексу NICA, созданию центра Tier-1 в ОИЯИ. В роли преподавателей школы выступили ведущие специалисты ОИЯИ и ЦЕРН.

Организаторами школы со стороны ЦЕРН было проведено соревнование среди участников. В первый день занятий студентам было выдано задание, которое они могли решать и реализовывать в течение всей недели. Лучшее решение с заданием К. Корепанов из МГТУ им. Н. Э. Баумана, второе место заняла команда студентов из Тверского государственного университета, а третье — команда студентов из университета «Дубна». По окончании школы победителям были вручены призы.

Международный симпозиум «70-летие открытия принципа автофазировки», организованный ОИЯИ и Физическим институтом им. П. Н. Лебедева, проходил с 10 по 15 ноября в Дубне, в Лаборатории физики высоких энергий. Сопредседателями оргкомитета симпозиума были академики РАН Г. А. Мезяц и В. А. Матвеев — действующие директора тех институтов, с которыми была связана деятельность В. И. Векслера. Принцип автофазировки, или фазовой устойчивости, позволил расширить границы применимости резонансного метода ускорения заряженных частиц, решив проблему сохранения устойчивости движения ускоряемой частицы при релятивистском увеличении ее массы, привел к созданию новых классов ускорителей, таких как электронные, протонные и ионные синхротроны, резонансные линейные ускорители легких и тяжелых заряженных частиц высоких энергий. Получение новых знаний о физике микромира, открытие новых частиц, законов их взаимодействий, проверка принципов и симметрий — это результаты работ, подавляющее большинство которых выполнено с использованием пучков ускорителей, работающих на основе принципа Векслера–Макмиллана.

Первый симпозиум, проходивший 20 лет назад, в год 50-летия открытия «автофазировки», также был организован ОИЯИ и ФИАН. За прошедшие два десятилетия достигнут впечатляющий прогресс в создании новых научных комплексов на основе ускорителей высоких энергий и получении научных результатов принципиального характера. Наиболее ярким мировым достижением является, безусловно, создание комплекса ЛНС в ЦЕРН и эксперименталь-

ное подтверждение существования бозона Хиггса. Об этом было сказано в докладе академика В. А. Матвеева на открытии симпозиума. О создании ЛНС рассказал профессор Л. Эванс (ЦЕРН) в докладе, названном им «Долгая дорога к ЛНС».

По докладам других участников (в программу были включены только приглашенные доклады) можно оценить динамику развития ведущих научных центров и приоритеты их научных программ. Так, в частности, завершили свои экспериментальные программы тэватрон (Батавия, США) и HERA (DESY, Германия), внесшие огромный вклад в развитие физики и техники сверхпроводящих синхротронов/коллайдеров. В числе наиболее проработанных проектов будущих ускорительных комплексов тяжелых ионов и поляризованных частиц (антипро-

тонов, протонов и дейтронов) — проекты FAIR (Дармштадт, Германия) и NICA (ОИЯИ, Дубна).

Был заслушан ряд докладов мемориального характера. Б. Болотовский, И. А. Савин, В. А. Никитин, В. В. Глаголев представили как личные воспоминания о В. И. Векслере, так и обзоры по результатам исследований в ФИАН, Дубне, ЦЕРН, связанные с участием и именем академика В. И. Векслера.

В числе важных событий симпозиума, которые явились своего рода его итогом, — рассмотрение предложения о разработке будущего коллайдерного комплекса на энергию протонов 2–50 ТэВ, а также статуса проектов CLIC и ILC по докладу Д. Шульте (ЦЕРН) и подписание протокола о намерениях по участию ОИЯИ в разработке концептуального проекта FCC (Future Circular Collider).

## УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2014 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 373 международных конференциях и совещаниях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на 3-м рабочем совещании JUNO (Кайпин, Китай); совещании по компактному линейному коллайдеру (CLIC-2014) (Женева, Швейцария); семинарах и дискуссионных сессиях «Физика гало на границе нейтронной стабильности» (Дармштадт, Германия); совещании коллаборации NADES (Мюнхен, Германия); семинаре «Гигантский дипольный резонанс. Результаты и перспективы» (Москва, Россия); 17-й Международной московской школе по физике (42-й Зимней школе ИТЭФ) (Отрадное, Россия); 32-м симпозиуме Макса Борна «Три дня о фазовых переходах в компактных звездах, столкновениях тяжелых ионов и сверхновых звездах» (Вроцлав, Польша); 6-й Международной конференции по синтезу (FUSION'14) (Нью-Дели, Индия); 48-й Зимней школе ПИЯФ (Рошино, Россия); 48-й Школе ПИЯФ по физике конденсированного состояния (ФКС-2014) (Зеленоград, Россия); семинаре «Топология в пространстве импульсов: от физики элементарных частиц до сверхпроводимости при комнатной температуре» (Москва, Россия); научной сессии ОФН РАН, посвященной 100-летию со дня рождения академика Я. Б. Зельдовича (Москва, Россия); 23-м совещании коллаборации CBM (Дармштадт, Германия); 7-й Международной конференции по полиномиальной компьютерной алгебре (PCA-2014) (Санкт-Петербург, Россия); Всероссийской конференции «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем» (Москва, Россия); 4-й Международной конференции по сверхпроводимости и магнетизму (ICSM-2014) (Анталья, Турция); 4-м Международном совещании «Численное модели-

рование сверхпроводящих материалов при высоких температурах» (Братислава, Словакия); 17-й Международной конференции по радиохимии (Марианске-Лазне, Чехия); 11-м Международном весеннем семинаре по ядерной физике «Оболочечная модель и структура ядра: достижения последних двух десятилетий» (в честь Альдо Ковелло) (Искья, Италия); 26-й встрече в Блуа «Физика частиц и космология» (Блуа, Франция); 24-й Конференции по кварковой материи (Дармштадт, Германия); рабочем совещании коллаборации NEMO3/SuperNEMO (Орсэ, Франция); российском форуме «Программные приложения компании “Сименс” по управлению полным производственным циклом» (Москва, Россия); 17-м Международном семинаре по нейтронным исследованиям конденсированных сред (Познань, Польша); совещании Европейского центра теоретических исследований «Динамика реакций с тяжелыми ионами и экзотическими ядрами при низких энергиях» (Тренто, Италия); 44-й Международной Тулиновской конференции по взаимодействию заряженных частиц с кристаллами (Москва, Россия); 13-й Международной конференции по получению мезонов, их свойствам и взаимодействию («Meson-2014») (Краков, Польша); 26-й Международной конференции по физике нейтрино и астрофизике («Нейтрино-2014») (Бостон, США); Международной конференции по радиационным эффектам в диэлектриках и неметаллических материалах (REINM-2014) (Астана, Казахстан); Международной конференции по технологии и инструментарию в физике частиц (TIPP-2014) (Амстердам, Нидерланды); 7-й Международной конференции и школе по физике частиц (Поморие, Болгария); 4-м Международном совещании по явлению поперечной поляризации в жестких процессах (Кальери, Италия); 5-й Международной конференции по ускорителям

частиц (IPAC'14) (Дрезден, Германия); Международной школе по субъядерной физике «Теоретическое осмысление и экспериментальные возможности в физике на LHC и вне» (Эриче, Италия); международной конференции «Структура адронов и КХД: от низких до высоких энергий» (HSQCD-2014) (Гатчина, Россия); 15-й Российской гравитационной конференции — Международной конференции по гравитации, космологии и астрофизике (RUSGRAV-15) и Международной школе по гравитации и космологии «GRACOS-2014» (Казань, Россия); 10-й Международной конференции по вакуумным электронным источникам (IVESC-2014), 2-й Международной конференции по эмиссионной электронике (ICEE), Международной конференции по компьютерным технологиям в физических и инженерных приложениях (ICSTPEA) и Международном симпозиуме по динамике и оптимизации пучков (BDO) (Санкт-Петербург, Россия); международной конференции «Ядро-2014: фундаментальные проблемы ядерной физики, атомной энергетики и ядерных технологий» (Минск, Белоруссия); 46-й Конференции Европейской группы по атомным системам (Лилль, Франция); 37-й Международной конференции по физике высоких энергий (ICHEP-2014) (Валенсия, Испания); 16-м совещании GDRE «Тяжелые ионы при релятивистских энергиях» (Нант, Франция); 25-й Международной конференции по криогенной технике и Международной конференции по криогенным материалам (Энсхеде, Нидерланды); 59-й ежегодной конференции Южноафриканского института физики (Йоханнесбург, ЮАР); продвинутом курсе физики для студентов (Прага, Чехия); 9-м Международном совещании «Интенсивное микроволновое и терагерцовое излучение: источники и приложения» (Нижний Новгород, Россия); международной конференции «Квантовая теория поля и гравитация» (QFTG'14) (Томск, Россия); 17-й Международной конференции по текстуре материалов (ICOTOM-17) (Дрезден, Германия); 21-м Международном совещании по ЭЦР ионным источникам (Нижний Новгород, Россия); 20-й Международной конференции по частицам и ядрам (PANIC-2014) (Гамбург, Германия); Закопанской конференции по ядерной физике (Закопане, Польша); 27-й Международной конференции по линейным ускорителям (LINAC'14) (Женева, Швейцария); 2-м Международном симпозиуме «Оптика и ее приложения» (Ереван, Аштарак, Армения); 16-й Международной конференции по компьютерной алгебре в научных исследованиях (CASC-2014) (Варшава, Польша); 24-м рабочем совещании коллаборации CBM (Краков, Польша); Международном совещании по дифракции в физике высоких энергий («Дифракция-2014») (Примоштен, Хорватия); Международной конференции по экзотическим атомам и смежным темам (Вена, Австрия); Научном совещании по динамике ядерного распада и излу-

чению мгновенных нейтронов и гамма-лучей (Опатия, Хорватия); Немецкой конференции по исследованиям с использованием синхротронного излучения нейтронов и ионных пучков на больших установках (SNI-2014) (Бонн, Германия); 10-й Международной конференции по физике перспективных материалов (Яссы, Румыния); международном совещании «Компактные звезды в диаграмме КХД» (Преров, Германия); 9-й Международной конференции по ядерной физике на накопительных кольцах (STORI'14) (Санкт-Гоар, Германия); 17-й Международной конференции и школе «Основы и достижения в нелинейной науке» и 2-м Международном симпозиуме «Достижения в нелинейной фотонике» (FANS & ANPh 2014) (Минск, Белоруссия); 21-й Конференции международной коллаборации по перспективным источникам нейтронов (Мито, Япония); 16-м Малом трехстороннем совещании по теоретической физике (Птичье, Словакия); 10-й Всемирной конференции по нейтронной радиографии (Гриндельвальд, Швейцария); 24-й Всероссийской конференции по ускорителям заряженных частиц (RuPAC-2014) (Обнинск, Россия); Национальной научной конференции по физике «Пловдив-2014» (Пловдив, Болгария); 4-й Международной конференции «Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии» (ИСМАРТ-2014) (Минск, Белоруссия); 21-м Международном симпозиуме по спиновой физике (SPIN-2014) (Пекин, Китай); 7-й Евразийской конференции по науке и ее применению (Баку, Азербайджан); 7-м Съезде по радиационным исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность) (Москва, Россия); рабочем совещании коллаборации JUNO (Прага, Чехия); совещании по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах (Петергоф, Россия); международной конференции молодых ученых «Экспериментальная и теоретическая биофизика» (Пушино, Россия); совещании по реакторному нейтринному эксперименту «Анализ Дая Бэй 2014» (Прага, Чехия); Международном симпозиуме по физике нестабильных ядер (ISPUN'14) (Хошимин, Вьетнам); конференции «Год науки в ЕС и России: акцентируя внимание на физике, биологии и технологии» (Триест, Италия); Международной сессии-конференции секции ядерной физики Отделения физических наук РАН (Москва, Россия); 9-м Международном симпозиуме по эффектам Джозефсона в сверхпроводниках и по терагерцовым плазменным колебаниям в высокотемпературных сверхпроводниках (Киото, Япония); 22-м Международном совещании Научно-исследовательского центра Агентства по атомной энергии Японии «Ядерный распад и экзотические ядра» (Токай, Япония); совещании коллаборации PANDA (Аахен, Германия); 21-м симпозиуме DAE-BRNS по физике высоких энергий (Гувахати, Индия); сессии Объединенного

комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ (Париж, Франция); международном совещании по перспективам физики частиц «Нейтринная физика и астрофизика» (Валдай, Россия); международном совещании «Симметрии и спин» (NICA–SPIN-2014) (Прага, Чехия); международном совещании по программе сотрудничества Сербия–ОИЯИ «Физика конденсированного состояния вещества с ионными пучками» (Белград, Сербия); 7-й Весенней школе «Дни ОИЯИ в Болгарии» (Боровец, Болгария); 3-й Научной школе-конференции молодых ученых и специалистов (Алушта, Россия); международном семинаре по физике высоких энергий «Кварки-2014» (Суздаль, Россия); совещании «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ» (Стара-Лесна, Словакия); Европейской школе по физике высоких энергий (школа ЦЕРН–ОИЯИ) (Гардерен, Нидерланды); 22-й Международной конференции

по интегрируемым системам и квантовым симметриям (Прага, Чехия); 8-м объединенном совещании АРСТР–ЛТФ ОИЯИ (Чеджу, Южная Корея); 14-й Байкальской международной летней школе по физике элементарных частиц и астрофизике (Большие Коты, Россия); 7-м Международном симпозиуме по экзотическим ядрам (EXON-2014) (Калининград, Россия); 11-й конференции «Кварковый конфайнмент и адронный спектр» (Петергоф, Россия); международном совещании «Ускорительный комплекс NICA: проблемы и решения» (Созополь, Болгария); 14-м совещании международной коллаборации СОМЕТ (Тбилиси, Грузия); международном совещании «Структура и функции биомембран» (Долгопрудный, Россия); заседании рабочей группы Финансового комитета (Прага, Чехия); школе для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ (Женева, Швейцария).

#### **СПРАВКА О РАЗВИТИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И СВЯЗЕЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 2014 Г.**

1.	Краткосрочные командировки в ОИЯИ специалистов из стран-участниц (не считая российских специалистов)	882
2.	Командировки в ОИЯИ специалистов из других стран, в том числе из стран ассоциированного участия	731 407
3.	Командировки специалистов ОИЯИ в страны-участницы (без командировок по России)	966
4.	Командировки сотрудников ОИЯИ в другие страны, в том числе в страны ассоциированного участия	1614 600
5.	Конференции, школы, совещания, проведенные ОИЯИ	80
6.	Новые соглашения о сотрудничестве (меморандумы о намерениях), приложения к существующим	16

#### **ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2014 Г.\***

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	Сессия объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ	Париж, Франция	14 января	6
2.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	20–21 января	71
3.	Международное совещание по перспективам физики частиц «Нейтринная физика и астрофизика»	Валдай, Россия	26 января – 2 февраля	78
4.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	28–29 января	70
5.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	30–31 января	70
6.	12-я Зимняя школа по теоретической физике	Дубна	2–8 февраля	50
7.	21-я Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование»	Дубна	3–8 февраля	240

\*Ряд конференций проведен совместно с другими организациями.

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
8.	Международное совещание «Симметрии и спин» (NICA-Спин-2014)	Прага, Чехия	11–16 февраля	61
9.	115-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	21–22 февраля	84
10.	18-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ (ОМУС-2014) к 105-летию Н. Н. Боголюбова	Дубна	24–28 февраля	188
11.	Круглый стол Италия–Россия–Дубна «Что дальше? Теоретическая и экспериментальная физика после обнаружения бозона Хиггса»	Дубна	3–5 марта	85
12.	Заседание Совета РАН по физике тяжелых ионов	Дубна	14 марта	50
13.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	21–22 марта	70
14.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	25–26 марта	88
15.	18-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	1–30 апреля	60
16.	Совещание коллаборации NA61/NA49	Дубна	7–11 апреля	70
17.	Совещание коллаборации «Тайга»	Дубна	13–16 апреля	51
18.	Международное совещание «Состояние и перспективы создания резонаторов для нового поколения $e + e$ -линейных коллайдеров»	Минск, Белоруссия	23–25 апреля	20
19.	7-я Весенняя школа «Дни ОИЯИ в Болгарии»	Боровец, Болгария	13–16 мая	60
20.	Совещание рабочей группы по вопросу проработки принципов новой методики расчета взносов государств-членов в бюджет ОИЯИ	Дубна	15–16 мая	15
21.	Международная студенческая практика, 1-й этап — практика для студентов из АРЕ	Дубна	18 мая – 8 июня	26
22.	Совещание коллаборации OPERA	Дубна	19–21 мая	49
23.	17-е Международное совещание по компьютерной алгебре	Дубна	21–22 мая	50
24.	22-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-22)	Дубна	27–30 мая	125
25.	3-я Научная конференция молодых ученых и специалистов («Алушта-2014»)	Алушта, Крым, Россия	2–8 июня	57
26.	Международный семинар по физике высоких энергий «Кварки-2014»	Суздаль, Россия	2–8 июня	137
27.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	3–6 июня	54
28.	Заседание Научно-консультативного комитета по Байкальскому нейтринному проекту	Дубна	13 июня	25
29.	Рабочее совещание по кремниевой трековой системе эксперимента CBM	Хайлиг-крёйтцаль, Германия	16–18 июня	34
30.	Международная конференция «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ»	Стара-Лесна, Словакия	16–20 июня	25
31.	Форум Индия–ОИЯИ «Рубежи физики атомного ядра, элементарных частиц и конденсированного состояния»	Дубна	16–20 июня	40
32.	Европейская школа по физике высоких энергий (школа ЦЕРН–ОИЯИ)	Гардерен, Нидерланды	18 июня – 1 июля	130
33.	Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ	Дубна	22–28 июня	56
34.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	23–24 июня	70
35.	Международная конференция «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2»	Дубна	24–27 июня	104

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
36.	22-я Международная конференция «Интегрируемые системы и квантовые симметрии»	Прага, Чехия	24–28 июня	70
37.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	25–26 июня	68
38.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	26–27 июня	60
39.	8-е объединенное совещание АРСТР – ЛТФ ОИЯИ	Чеджу, Республика Корея	29 июня – 4 июля	50
40.	Школа для учителей г. Москвы	Дубна	30 июня – 4 июля	18
41.	6-я Международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании»	Дубна	30 июня – 5 июля	196
42.	Физическая мастерская образовательного проекта «Летняя школа»	Дубна	3 июля – 12 августа	30
43.	14-я Байкальская международная школа по физике элементарных частиц и астрофизике	Большие Коты, Россия	5–12 июля	72
44.	Международная студенческая практика, 2-й этап — практика для студентов из стран-участниц ОИЯИ и других стран	Дубна	6–27 июля	73
45.	Двустороннее совещание ОИЯИ–КНР по физике сильновзаимодействующих систем	Дубна	14–19 июля	45
46.	Гельмгольцевская международная летняя школа «Теория ядра и приложения в астрофизике»	Дубна	21 июля – 1 августа	64
47.	Международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики»	Дубна	2–9 августа	50
48.	17-я Ежегодная конференция коллаборации RDMS CMS России и стран-участниц ОИЯИ	Дубна	7–8 августа	120
49.	33-я Всероссийская конференция по космическим лучам (RCRC-2014)	Дубна	11–16 августа	162
50.	Международная молодежная конференция «Современные проблемы прикладной математики и информатики»	Дубна	25–29 августа	132
51.	Гельмгольцевская международная летняя школа «КХД на решетке, структура адронов и адронная материя»	Дубна	25 августа – 6 сентября	66
52.	Международная студенческая практика, 3-й этап — для студентов из ЮАР	Дубна	7–28 сентября	58
53.	Совещание коллаборации А-2	Дубна	8–10 сентября	50
54.	11-я Международная конференция по кварковому конфайнменту и спектрам адронов	Санкт-Петербург, Россия	8–12 сентября	300
55.	7-й Международный симпозиум по экзотическим ядрам (EXON-2014)	Калининград, Россия	8–13 сентября	124
56.	2-е Международное совещание «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона»	Дубна	11–12 сентября	56
57.	Международное совещание «Суперсимметрии в интегрируемых системах»	Дубна	11–13 сентября	60
58.	Международное совещание «Ускорительный комплекс NICA: проблемы и решения»	Созополь, Болгария	14–21 сентября	35
59.	22-й Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика»	Дубна	15–20 сентября	203



Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
60.	Совещание коллаборации СОМЕТ	Тбилиси, Грузия	22–26 сентября	55
61.	116-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	25–26 сентября	78
62.	2-я Международная летняя школа и совещание «Физика комплексных и магнитных мягких систем: физико-механические и структурные свойства»	Дубна	29 сентября – 3 октября	64
63.	Международное совещание «Структура и функции биомембран»	Долго- прудный, Россия	29 сентября – 3 октября	200
64.	Заседание рабочей группы Финансового комитета ОИЯИ	Прага, Чехия	10–11 октября	16
65.	16-я Международная конференция «Методы симметрии в физике»	Дубна	12–18 октября	33
66.	16-я Всероссийская научная конференция «Электронные библиотеки: перспективные методы, электронные коллекции»	Дубна	13–16 октября	92
67.	Семинар, посвященный 70-летию со дня рождения А. Н. Сисакяна	Дубна	14 октября	90
68.	Школа ОИЯИ–ЦЕРН по информационным технологиям «Грид и административно-управленческие системы ЦЕРН»	Дубна	20–24 октября	118
69.	Международное совещание «Актуальные проблемы общей и космической радиобиологии» (памяти академиков Н. М. Сисакяна и А. Н. Сисакяна)	Дубна	28–30 октября	60
70.	Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ	Женева	2–9 ноября	43
71.	5-я Международная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок»	Дубна	10–15 ноября	96
72.	Международный симпозиум «70-летие открытия принципа автофазировки»	Дубна	10–15 ноября	200
73.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	18–19 ноября	90
74.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	21–22 ноября	82
75.	17-я Международная конференция «Наука. Философия. Религия»	Дубна	25–26 ноября	60
76.	6-я Дубненская молодежная научная школа «Управление инновациями»	Дубна	29 ноября	70
77.	Совещание по прецизионной физике и фундаментальным физическим константам	Дубна	1–5 декабря	59
78.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	2–5 декабря	50
79.	Международный форум «Международные проекты класса мегасайенс: точки роста фундаментальной науки и инноваций. Взаимодействие и перспективы российских и китайских мегапроектов»	Дубна	3–4 декабря	49
80.	Рабочее совещание коллаборации «Тайга»	Дубна	11–13 декабря	45

**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, 25–26 марта. Сессия Комитета полномочных представителей ОИЯИ





Дубна, 25–26 сентября.  
116-я сессия Ученого совета ОИЯИ





Дубна, 26 июня. Совместная сессия ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике.  
Рассмотрение нейтринной программы ОИЯИ





Дубна, 20–21 января. Заседание Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред



Дубна, 21–22 марта. Заседание Финансового комитета ОИЯИ

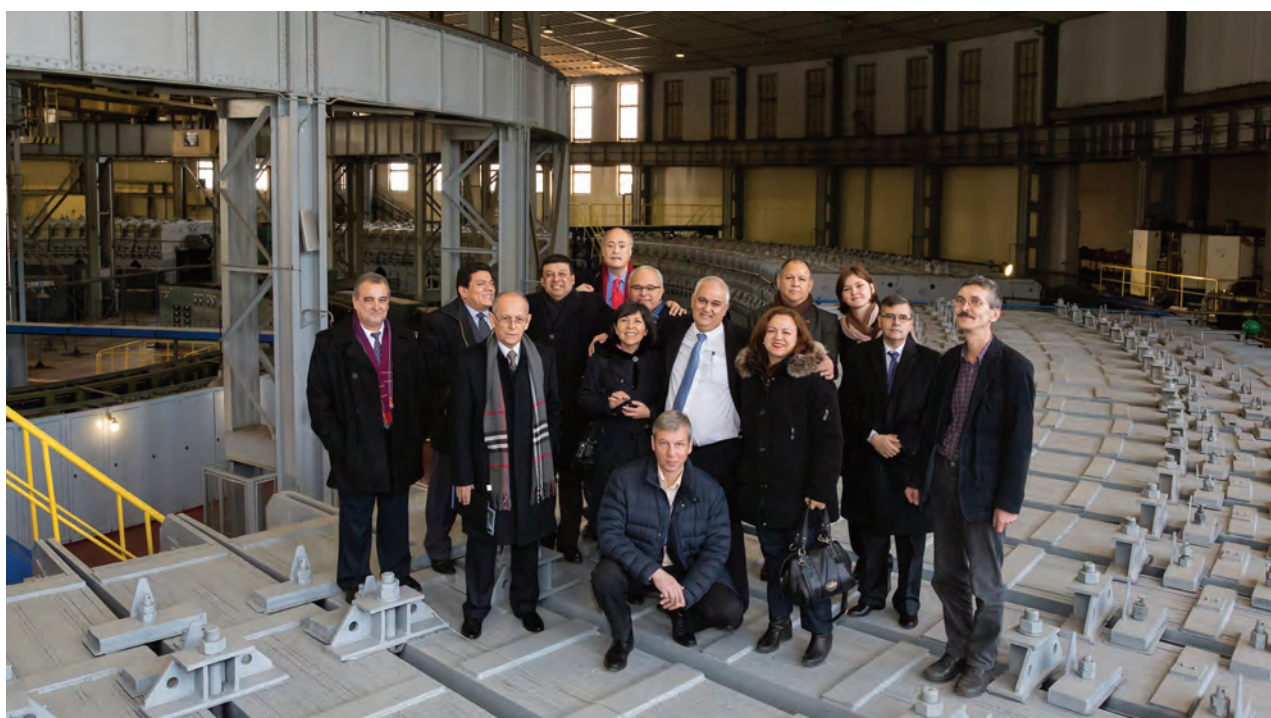
Дубна, 18 апреля. Заседание Научно-технического совета ОИЯИ. С докладом выступает директор ЛЯР С. Н. Дмитриев





Дубна, 26 марта. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев и директор Центра национального интеллектуального резерва (ЦНИР) МГУ им. М. В. Ломоносова К. В. Тихонова подписывают Письмо о намерении сотрудничества в сфере образования между ЦНИР, ЦЕРН и ОИЯИ, ранее подписанное генеральным директором ЦЕРН Р.-Д. Хойером

Дубна, 4 марта. Послы одиннадцати государств Латинской Америки на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина





Дубна, 30 января.  
Рабочий визит в ОИЯИ руководителя  
Госкорпорации «Росатом» С. В. Кириенко.  
На экскурсии в Лаборатории ядерных реакций  
им. Г. Н. Флерова



Хэфэй (Китай),  
23–25 февраля.  
Двустороннее совещание  
с участием делегации  
ОИЯИ и руководства  
Института физики плазмы  
Китайской академии наук.  
Подписание совместного  
обращения



Белград (Сербия), 22 апреля.  
3-я сессия совместного координационного комитета  
по сотрудничеству Республики Сербии с ОИЯИ



Дубна, 8 июля.  
Встреча  
дирекции ОИЯИ  
с представителями  
Республики Армения



Дубна, 30 октября.  
Визит в ОИЯИ  
делегации из Франции



Дубна, 30 ноября. Визит в ОИЯИ чрезвычайного и полномочного посла Румынии в РФ В. Соаре





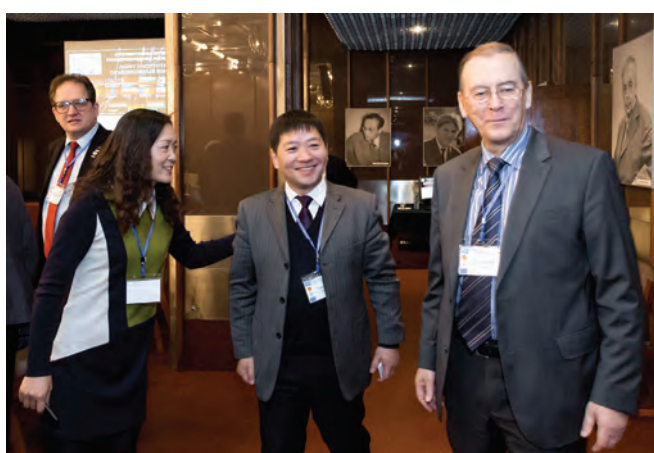
Дубна, 3–5 марта. Круглый стол Италия–Россия–Дубна на тему «Что дальше? Теоретическая и экспериментальная физика после обнаружения бозона Хиггса»





Дубна, 16–20 июня. Форум Индия–ОИЯИ «Передовые исследования по физике элементарных частиц, атомного ядра и конденсированных сред»





Дубна, 3–4 декабря. Научный форум «Международные проекты класса мегасайенс: точки роста фундаментальной науки и инноваций. Взаимодействие и перспективы российских и китайских мегапроектов»





Калининград, 8–13 сентября. Участники Международного симпозиума по физике экзотических состояний ядер «EXON-2014»



Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 15–20 сентября. XXII Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика»

Гардерен (Нидерланды), 18 июня – 1 июля. Участники Европейской школы по физике высоких энергий





Дубна, 5 сентября. Президиум первого заседания Общественного совета при дирекции ОИЯИ



Дубна, 23 апреля. Заседание объединенного семинара «Физика на LHC». Выступает нобелевский лауреат профессор Карло Руббиа (Италия)

Дубна, 14 ноября. Открытие мемориальной доски Ю. А. Туманову



**2014**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ПРОГРАММЫ ОИЯИ**

JOINT INSTITUTE  
FOR NUCLEAR  
RESEARCH

**IINR**



# ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2014 г. в лаборатории проводились исследования по четырем темам: «Теория фундаментальных взаимодействий», «Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия», «Структура и динамика атомных ядер», «Теория конденсированных сред и новые материалы». Два новых сектора были образованы в ЛТФ для усиления исследований по физике нейтрино и феноменологии релятивистских ионов. Важной составляющей в деятельности лаборатории является теоретическая поддержка экспериментальных исследований в ОИЯИ и в других исследовательских центрах с участием ОИЯИ. По результатам проведенных исследований опубликовано около 500 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций. Ряд исследований был выполнен в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ, Бразилии, Германии, Египта, Италии, Китая, Сербии, Франции, Южной Африки и других стран. Лаборатория стала площадкой для проведения международных конференций, семинаров, школ для молодых ученых в различных областях теоретической физики. В 2014 г. более 1000 ученых приняли участие в 16 международных конференциях, семинарах и школах, организованных ЛТФ. Международное сотрудничество ЛТФ в 2014 г. было поддержано грантами полномочных представителей правительств Болгарии, Чехии, Польши, Словакии, Венгрии, Румынии, дирекции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками ряда стран проходило при поддержке специальных программ: «Гейзенберг–Ландау» (Германия), «Сморodinский–Тер-Мартиро-

сян» (Армения), «Боголюбов–Инфельд» (Польша), «Блохинцев–Вотруба» (Чехия), «Цицейка–Марков» (Румыния). Ряд исследований был выполнен в рамках международных соглашений ОИЯИ–INFN (с Италией), ОИЯИ–IN2P3 (с Францией) и по проектам, поддержанным грантами РФФИ–CNSF, РФФИ–DFG, РФФИ–CNRS. Продолжает действовать соглашение о сотрудничестве с теоретическим отделом ЦЕРН, Азиатско-Тихоокеанским центром теоретической физики (Республика Корея), Институтом теоретической физики АН КНР. 14 исследовательских проектов и 5 конференций и школ были поддержаны грантами РФФИ. Одна исследовательская группа выполняла работы в рамках государственной программы поддержки научных школ России. Один молодой ученый вел работу при поддержке грантом Президента РФ. Особое внимание уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа по теоретической физике» (DIAS-TH). Более 70 аспирантов и молодых ученых участвовали в школах, организованных DIAS-TH. Лаборатория играет роль учебного центра для молодых ученых и студентов из многих стран. В настоящее время треть научных кадров лаборатории составляют молодые ученые и аспиранты. Помимо основной программы сотрудничества в лаборатории на долгосрочной основе работают несколько молодых исследователей из стран, не являющихся странами-участницами ОИЯИ: Аргентины, Индии, Японии, Мексики, Таджикистана и Турции.

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Теория элементарных частиц

В 2014 г. работа проводилась в рамках следующих проектов:

- Стандартная модель и ее расширения;
- КХД-партоновые распределения для современных и будущих коллайдеров;

- физика тяжелых и экзотических адронов;
- смешанная фаза в столкновениях тяжелых ионов.

Изучен сектор темной материи в минимальной (MSSM) и неминимальной (NMSSM) суперсимметричной Стандартной модели. Две рассмотренные



в этом секторе модели очень различны: в МССМ легчайшая частица является в основном фотино — суперпартнером фотона и оказывается тяжелой согласно ограничениям из данных ЛНС, а в НМССМ она имеет большую синглетную компоненту и поэтому не зависит от ограничений на массы суперпартнеров. Легкие нейтралы в НМССМ весьма интересны с точки зрения данных коллаборации «Fermi». Такие малые массы не получаются в МССМ. Представлены перспективы открытий в эксперименте XENON1T и на ЛНС при энергии в 14 ТэВ [1].

Найдена поправка, пропорциональная константе связи, для проводимости графена. Проведенные ранее расчеты приводили к трем различным значениям для этой поправки, лишь одно из которых находилось в согласии с экспериментальными данными для проводимости. Наш расчет был выполнен в рамках размерной регуляризации, как наиболее часто используемой в настоящее время для вычислений в квантовой теории поля. Аккуратный учет контрчленов двухпетлевых диаграмм подтвердил именно то значение поправки, которое приводит к согласию между расчетом для проводимости графена и экспериментальными данными [2].

В рамках Стандартной модели элементарных частиц были выполнены вычисления всех необходимых ренормгрупповых функций — бета-функций, констант взаимодействия и аномальных размерностей полей с трехпетлевой точностью. С использованием начальных данных на электрослабом масштабе полученные выражения позволяют изучить эволюции констант связи с минимальной теоретической ошибкой до энергий, превышающих исходные на несколько порядков [3].

Проведен КХД-анализ высокоточных данных, полученных в JLab для поляризованного правила сумм Бьеркена в области малых передач импульса, с использованием четырехпетлевых выражений обычной теории возмущений (ТВ) и аналитической теории возмущений (АТВ), свободной от нефизических сингулярностей типа призрачного полюса. Показано, что учет четырехпетлевого вклада в ТВ не увеличивает точности теоретического расчета из-за проявления асимптотического поведения ряда ТВ в области  $Q < 1,5$  ГэВ. Выявлена слабая чувствительность АТВ к вкладам высших порядков, выбору точки нормировки и вариациям масштабного параметра  $\Lambda_{\text{КХД}}$ , что обеспечивает точность теоретических предсказаний АТВ не хуже 5% уже на двухпетлевом уровне. Показано, что, используя АТВ, удастся описать высокоточные JLab-данные вплоть до  $Q \sim \Lambda_{\text{КХД}} \sim 300$  МэВ. При этом в АТВ значения коэффициентов высших твистов слабо чувствительны к порядку пертурбативного разложения, тогда как в ТВ они существенно менялись от порядка к порядку, а при использовании четырехпетлевого выражения вклад твиста-4 оказался срав-

ним с нулем в пределах экспериментальной погрешности [4].

С помощью функционала Джекобсона–Майерса для голографической минимальной поверхности объяснено несоответствие, найденное Ханг, Майерсом и Смолкиным, между голографическим расчетом энтропии перепутывания и расчетом следовой аномалии в 6-мерной конформной теории поля по формуле Уолда. Несогласие целиком исходит от полной производной, присутствующей в следовой аномалии в шести измерениях. Найдена простая регуляризационная процедура, позволяющая учитывать уолдовский вклад в энтропию [5].

Полулептонные распады тяжелых барионов являются независимыми источниками информации для определения матричных элементов матрицы Кабиббо–Кобаяши–Маскавы. В частности, изучение распада  $\lambda_b$ -бариона на протон и пару мюон–нейтрино на ЛНС даст возможность определить величину матричного элемента  $V(ub)$ . В настоящее время имеется расхождение между значениями, извлеченными из эксклюзивных и инклюзивных распадов  $B$ -мезона. В этой связи был выполнен детальный анализ полулептонных распадов  $\lambda_b$ - и  $\lambda_c$ -барионов на протон (нейтрон) и пару мюон–нейтрино в рамках ковариантной модели кварков. Были вычислены инвариантные и спиральные амплитуды, которые затем были использованы для анализа ширины распадов и параметров асимметрий [6].

Достигнут серьезный прогресс в вычислении релятивистских и радиационных поправок в кулоновских системах трех частиц с одним электроном. В частности, вычислены все вклады в энергию ро-вибрационных состояний в разложении по константе тонкой структуры  $\alpha$  до порядка  $mc^2\alpha^7$  включительно и частично порядка  $mc^2\alpha^8$ . Расчеты были выполнены применительно к молекулярным ионам водорода  $\text{H}^{2+}$  и  $\text{HD}^+$  и атому антипротонного гелия. Полученные погрешности в частотах фундаментальных вибрационных переходов в ионе  $\text{H}^{2+}$  с учетом чувствительности энергии перехода к изменению масс позволяют определить одну из фундаментальных физических констант современной физики: отношение масс протона и электрона,  $\mu = m_p/m_e$ , с относительной точностью  $1,5 \cdot 10^{-11}$ . Для сравнения напомним, что погрешность в атомной массе электрона и протона для значений, рекомендуемых группой CODATA в 2010 г., равнялась  $4,0 \cdot 10^{-10}$  и  $8,9 \cdot 10^{-11}$  [7].

Показано, что, когда широкий резонанс не может распадаться в некий канал, который открывается выше его полюсной массы и который сильно связан с ним (например,  $f_0(500)$  и каон-антикаонный канал), следует рассматривать этот резонанс как многоканальное состояние. При изучении  $f_0$ -мезонов следует рассматривать трехканальное пион-пионное рассеяние: пион–пион–пион–пион, каон–антикаон, эта–эта. Было показано, что эти три канала дают

минимальным числом связанных каналов, необходимых для получения корректных значений параметров скалярных и изоскалярных резонансов [8].

Предложен новый эффект для  $0\nu\beta\beta$ -распада, заключающийся в генерации эффективной майорановской массовой матрицы, индуцированной ядерной средой. Эффект приводит к увеличению скорости распада. Измерение этой скорости может привести к несовместимости извлеченной эффективной нейтринной массы с массой, извлеченной из данных по распаду, или с ограничениями, полученными из космологических данных [9].

Пересмотрен механизм  $0\nu\beta\beta$ -распада, стимулированного обменом тяжелым майорановским нейтрино, слегка смешанным с электронным нейтрино. В предположении доминирования этого механизма хорошо известный исключаяющий график  $0\nu\beta\beta$ -распада в плоскости  $m_N - U_{eN}$  модифицирован с учетом недавнего прогресса в расчетах ядерных матричных элементов в рамках квазичастичного приближения случайных фаз (КПСФ) и улучшенных ограничений на времена жизни  $0\nu\beta\beta$ -распадов  $^{76}\text{Ge}$  и  $^{136}\text{Xe}$  [10].

Изучено влияние приближенной трактовки двухчастичных вкладов в аксиально-векторный ток на КПСФ для матричных элементов  $0\nu\beta\beta$ -распада в области изотопов [11]. Форма и интенсивность двухчастичных членов определяются из эффективной киральной теории поля. Показано, что двухчастичные токи редуцируют матричные элементы примерно на 20%, т.е. не так сильно, как в расчетах в рамках оболочечной модели. Эффекты в  $0\nu\beta\beta$ -распаде оказываются существенно меньшими, чем в двухчастичном распаде, причем как в оболочечной модели, так и в рамках КПСФ. Предложена модель асимметричного волнового пакета (АВП), который может использоваться для описания in- и out-состояний в квантово-полевой теории нейтринных осцилляций. Показано, что общепринятый релятивистский гауссов волновой пакет не является частным случаем АВП. Детально изучены свойства волновых пакетов нового типа [12].

Предлагается проводить измерения асимметрий рождения пар Дрелла-Яна ( $DY$ ) в столкновениях неполяризованных, продольно- и поперечно-поляризованных протонов и дейтронов, которые обеспечивают доступ ко всем зависящим от поперечного импульса партонным функциям распределения ведущего твиста кварков и антикварков в нуклонах. Одновременно с  $DY$  будет выполняться измерение асимметрии в рождении  $J/\psi$ - и прямых фотонов с использованием специальных триггеров. Совокупность этих измерений может дать полную информацию для проверки кварк-партонной модели нуклонов в КХД на уровне твиста два с минимальными систематическими ошибками [13].

Рассмотрена квантовая динамика дираковских фермионов в калибровочном гравитационном поле. Аномальный гравитомангнитный и гравитозлектриче-

ский моменты исключены на основе общей ковариантности. С применением гамильтониана Фолти-Ваутхайзена для дираковской частицы, взаимодействующей с магнитным полем в неинерциальной системе отсчета, проанализированы последние экспериментальные данные и получены ограничения на пространственно-временное кручение [14].

Показано, что эффекты пионного полюса важны в рождении  $\omega$ -мезонов. Без их учета нельзя объяснить большие вклады с ненатуральной четностью, наблюдаемые экспериментально в рождении  $\omega$ . Полученные результаты по спиновым асимметриям находятся в хорошем согласии с данными ГЕРМЕС [15].

Проведен анализ реакций электрон-позитронной аннигиляции в протон-антипротонное конечное состояние в области энергий вблизи зоны возбуждения очарованных резонансов  $\chi_c(3556)$  и  $\psi_c(3770)$  [16]. Показано, что в этих областях энергии возникает большая относительная фаза между фоновым электромагнитным механизмом и механизмом с участием промежуточных чармониев. Это приводит к возникновению характерного провала в полном сечении процесса в этой области энергии, который, в частности, наблюдался в недавнем эксперименте на BES III.

При изучении цветовых полей, возникающих в столкновениях релятивистских тяжелых ионов, обнаружено, что из-за наличия в неабелевом случае дополнительного члена, обусловленного изменением цветового заряда, в хромозлектрическом и хромомагнитном полях возникает существенный вклад «цветового свечения» таких зарядов. Обсуждается возможность появления цветового «эхо» в случае рассеяния составных цветовых частиц типа диполя. Приводятся аргументы в пользу важности таких эффектов при моделировании начального момента ультрарелятивистских столкновений тяжелых ионов, где исходное партонное состояние определяется высокой (неравновесной) партонной плотностью и сильными локальными флуктуациями цвета [17].

Завершены вычисления полного набора вкладов в лидирующем по  $1/N_c$  приближении адронного вклада механизма рассеяния света на свете в аномальный магнитный момент мюона  $g-2$  в киральной кварковой модели [18]. Последовательно учтены обмены легкими псевдоскалярными и скалярными мезонами, а также вклад петли динамических кварков. Проверены калибровочная инвариантность вкладов и стабильность суммарного результата по отношению к вариации параметров модели. Основные вклады возникают за счет обмена пионом и петли кварков. Суммарный вклад не позволяет объяснить имеющееся расхождение между экспериментально измеренными и предсказанными в Стандартной модели величинами  $g-2$ .

С использованием расширенной модели Намбу-Иона-Лазинио (НИЛ) был получен ряд предсказаний для процессов рождения мезонов. В частности, были

описаны процессы  $e^+e^- \rightarrow \eta(\eta')\pi$ ,  $\tau \rightarrow \eta(\eta')\pi\nu$  и  $\tau \rightarrow f_1\pi\nu$ . В рамках модифицированной версии расширенной модели НИЛ описаны основные и первые возбужденные состояния аксиально-векторных мезонов. В этой же модели вычислены ширины радиационных распадов радиально возбужденных  $\pi$ -,  $\eta$ -, и  $\eta'$ -мезонов [19].

Выполнены полные решеточные расчеты импульсов и угловых моментов кварков и глюонов в протоне. Они включали кварковые вклады как от связанных, так и от несвязных вставок. Кирально экстраполированные доли импульсов/угловых моментов  $u$ - и  $d$ -кварков составляют  $0,64(5)/0,70(5)$ , странных —  $0,023(6)/0,022(7)$  и глюонов  $0,33(6)/0,28(8)$ . Кварковый орбитальный момент составляет  $0,47(13)$  спина протона и почти полностью связан с несвязными вставками [20].

### Современная математическая физика

Исследования по теме были сосредоточены на следующих направлениях:

- суперсимметрия и суперструны;
- квантовые группы и интегрируемые системы;
- квантовая гравитация и космология.

Новый тип одномерных суперсимметричных систем был построен с использованием суперполей, заданных на фактор-пространствах супергруппы  $SU(2|1)$ . В качестве характерных примеров на классическом и квантовом уровнях рассмотрены модели, основанные на супермультиплетях  $(1, 4, 3)$  и  $(2, 4, 2)$ . Обнаружен ряд интересных взаимосвязей с предшествующими работами по нестандартным  $d = 1$  суперсимметриям [21].

Предложен метод построения компонентных действий на массовой поверхности для теорий с половинным частичным нарушением глобальной суперсимметрии в подходе нелинейных реализаций. Общее рассмотрение проиллюстрировано примером компонентного действия супермембраны  $N = 1$  в  $D = 4$  [22].

Построена общая формулировка самодуальной  $N = 1$  суперсимметричной абелевой калибровочной теории со вспомогательными киральными спинорными суперполями. Самодуальность оказывается эквивалентной  $U(N)$ -инвариантности нелинейного взаимодействия вспомогательных суперполей. Рассмотрено несколько полезных примеров и показано, как получать самодуальные модели  $N = 1$  с высшими производными в этом подходе [23].

Найдены новые композитные регулярные решения  $SU(2)$ -теории Эйнштейна–Янга–Миллса–Хиггса в пространстве с асимптотической геометрией анти-де Ситтера. Исследована их интерпретация в рамках голографической дуальности АдС/КФТ [24].

Исследована интегрируемость полной симметрической системы Тоды — динамической системы вза-

имодействующих точек на прямой. Детально рассмотрен случай, когда представление Лакса для данной системы строится с помощью симметричных матриц с совпадающими собственными значениями [25].

Развиты новые модели компактных звезд с разными уравнениями состояния в модели минимальной дилатонной гравитации (МДГ). Впервые введены плотности энергии и давления для темной энергии и темной материи и показана их роль в строении компактных звезд. Показано, что в МДГ можно описать эффекты темной энергии и темной материи при помощи одного-единственного скалярного поля, которое является новой скалярной компонентой теории гравитации. Вводится также новое понятие — дилатонная сфера этого поля вне звезды [26].

Детально исследованы локализованные возбуждения (поверхностные плазмоны) в дираковской модели графена и их вклад в физические характеристики графена. Численно изучены законы дисперсии для плазмонов с электрической и магнитной поляризациями. В основе подхода лежит построение и исследование квантово-полевого поляризационного оператора в данной модели [27].

Развит строгий подход к расчету вакуумного трения, использующий методы квантовой теории поля в физике конденсированных сред. В результате сила бесконтактного трения выражена через 4-точечную квантово-статистическую функцию Грина фотона в среде [28].

### Структура и динамика атомных ядер

Работа велась в рамках четырех проектов:

- структурные особенности ядер, удаленных от линии стабильности;
- взаимодействия ядер и их свойства при низких энергиях возбуждения;
- экзотические малочастичные системы;
- ядерная структура и динамика при релятивистских энергиях.

В самосогласованном подходе с силами Скирма с учетом тензорного взаимодействия и взаимодействия фононов рассчитаны времена жизни относительно  $\beta$ -распада  $T_\beta^{1/2}$  для нейтроноизбыточных изотопов  $^{70-80}\text{Ni}$  и изотопов  $N = 50$ . Тензорное взаимодействие и взаимодействие фононов перераспределяют силу переходов Гамова–Теллера, значительно понижают состояние  $1^+$  в ядрах с незамкнутыми оболочками, что резко уменьшает теоретические значения  $T_\beta^{1/2}$ . При этом расчеты воспроизводят быстрый рост величин  $T_\beta^{1/2}$  изотопов  $N = 50$  по мере роста  $Z$  и их уменьшение для изотопов  $^{70-80}\text{Ni}$  с увеличением числа нейтронов [29].

Построена микроскопическая протон-нейтронная симплектическая модель коллективного движения ядра, основанная на некомпактной симплектической группе  $Sp(12, R)$ . Динамическая группа всей ядерной многочастичной системы делает возможным

разделение переменных, описывающих ядро, на кинематические (внутренние) и динамические (коллективные). Число и типы коллективных степеней свободы, относящихся к динамическим переменным, определены в результате теоретико-группового анализа преобразования координат микроскопического конфигурационного пространства, образованного трансляционно-инвариантными векторами Якоби  $m = A - 1$ , на коллективное и внутреннее подпространства. В результате ядерные волновые функции выражаются в виде произведения коллективной и внутренней частей. Модель  $Sp(12, R)$  оказывается гидродинамической коллективной моделью протон-нейтронной ядерной системы, содержащей 21 степень свободы, отвечающую коллективному безвихревому потоку, а также внутреннюю  $U(6)$ -структуру, соответствующую вихревым степеням свободы. Последнее обеспечивает полную антисимметрию всей волновой функции и отвечает за появление низколежащих коллективных полос [30].

На примере ядер  $^{56}\text{Fe}$  и  $^{82}\text{Ge}$  исследовано влияние температуры на сечение и скорость неупругого рассеяния нейтрино на горячих ядрах в условиях сверхновой типа II. Расчеты в тепловом QRPA показали, что основной вклад в сечение неупругого  $\nu A$ -рассеяния при энергиях нейтрино  $E_\nu < 10$  МэВ дают процессы девозбуждения горячего ядра. Этот же процесс делает возможным рождение пары нейтрино–антинейтрино горячим ядром. В отличие от LSSM-подхода, базирующегося на оболочечных расчетах в сильно ограниченном одночастичном базисе, тепловое QRPA не использует гипотезу Бринка и обеспечивает автоматическое выполнение принципа детального баланса. Как результат, настоящие расчеты предсказывают сечение неупругого  $\nu A$ -рассеяния при энергиях  $E_\nu < 10$  МэВ на порядок больше, чем LSSM-подход [31].

Предсказаны сечения образования нейтроноизбыточных изотопов Ca, Zn, Te, Xe, и Pt в реакциях многонуклонных передач с использованием стабильных и радиоактивных пучков. Изучение этих изотопов важно для исследования эволюции нейтронных оболочек. Из-за малых сечений получение ядер вблизи линии нейтронной стабильности требует оптимального выбора партнеров реакции и энергий пучка. Предложены конкретные реакции для экспериментального изучения [32].

В стандартной версии коллективной модели ядра предполагается, что массовые коэффициенты имеют одно и то же значение как для ротационных, так и для вибрационных мод. Однако анализ экспериментальных данных показал, что массовые коэффициенты для  $\gamma$ -вибрационной моды в 3–4 раза превышают массовые коэффициенты для вращения. Экспериментальных данных для  $\beta$ -колебаний меньше, но и они свидетельствуют, что  $\beta$ -вибрационные массовые коэффициенты значительно превышают ротационные массовые коэффициенты. На основе мо-

дели принудительного вращения было рассчитано отношение  $\gamma$ -вибрационного и ротационного массовых коэффициентов для деформированных аксиально-симметричных ядер. Результаты расчетов воспроизводят систематическое превышение  $\gamma$ -вибрационных массовых коэффициентов над ротационными в 2,5–4 раза. Показано, что при учете роли парных корреляций важен учет блокировки тех двухквaziчастичных компонент, которые дают основной вклад в структуру [33].

В рамках двухчастичной кластерной модели с учетом возбуждения кора были рассчитаны связанные состояния и низколежащие резонансы в ядре  $^{11}\text{Be}$ , имеющем структуру однеитронного гало. Нижайшее возбужденное состояние  $2^+$  в коре  $^{10}\text{Be}$  рассматривалось как квадрупольное вибрационное возбуждение. Для описания взаимодействия нейтрона с кором использовались мелкие потенциалы, которые не имеют уровней, запрещенных принципом Паули. Было получено хорошее описание известных экспериментальных данных, включая дипольные возбуждения в  $^{11}\text{Be}$ . Компонента  $[p3/2 \otimes 2^+]1/2^-$  волновой функции связанного возбужденного состояния  $1/2^-$  дает доминирующий вклад в структуру в отличие от результатов, полученных в кластерных моделях с глубокими потенциалами [34].

Развита теория двумерного рассеяния медленной квантовой частицы центральным короткодействующим потенциалом. Использован метод фазовых функций и приближение эффективного радиуса. Выведены явные низкоэнергетические асимптотики всех парциальных сечений и радиальных волновых функций такого рассеяния. Получены и исследованы нелинейные и линейные уравнения, предназначенные для вычисления длины рассеяния и эффективного радиуса с высокой точностью, а также точные решения этих уравнений в случае потенциала прямоугольной формы [35].

Установлено, что каналные компоненты собственного вектора усеченной матрицы рассеяния, отвечающего ее нулевому собственному числу при резонансном значении энергии, имеют смысл амплитуд развала соответствующего резонансного состояния многоканальной системы [36].

Предложен новый метод получения когерентного излучения, основанный на использовании квантовых молекулярно-ядерных переходов в двух- и трехатомных молекулах специального типа. Внешнее излучение действует на двухуровневую систему, в которой верхний уровень является молекулярным состоянием, а нижний — ядерным резонансным состоянием. В результате (в отличие от обычного лазера) возникает среда с инверсной заселенностью, и нет необходимости производить предварительную накачку. Процесс сопровождается когерентным излучением. Описанный метод оформлен как изобретение [37].

Разработана гибридная модель микроскопического оптического потенциала рассеяния, которая успешно применялась для расчета сечений рассеяния  $\pi$ -мезонов и экзотических гало-ядер на протонах и ядрах. На ее основе и в предположении двухкластерной структуры ядер  $^{11}\text{Be}$  и  $^{11}\text{Li}$  сделаны заключения о структуре далекой периферии этих ядер и о механизме их развала на кластеры. Установлена важная роль влияния ядерной среды на параметры пион-нуклонной амплитуды в области энергий 3,3-резонанса, которые существенно отличаются от полученных из рассеяния пионов на свободных нуклонах [38].

Проведено детальное исследование аналитических свойств решений уравнения Дайсона–Швингера для кваркового пропагатора в приближении «радуги». Показано, что кварковый пропагатор не является аналитической функцией, а содержит бесконечное число полюсных сингулярностей, которые сильно усложняют процесс численного решения уравнения Бете–Солпитера. Предложены математические методы и численные алгоритмы нахождения точного положения полюсов пропагатора на комплексной плоскости. Разработан метод решения уравнения Бете–Солпитера для псевдоскалярных и векторных мезонов в присутствии полюсов в кварковых пропагаторах [39].

Недавние результаты коллаборации STAR по направленному потоку протонов, антипротонов и заряженных пионов в рамках программы RHIC сканирования по энергии пучка показали, что измеренные функции возбуждения  $v_1$  — гладкие с малым отрицательным наклоном при  $y = 0$  в с.д.м. и без каких-либо нерегулярностей, широко обсуждавшихся ранее ядерным сообществом. Мы анализируем эти результаты в двух взаимодополняющих подходах, таких как транспортные модели адронно-струнной динамики (HSD/PHSD) и 3-жидкостная гидродинамика (3FD). Используются обе версии кинетического подхода, PHS и PHSD, чтобы выявить роль кварковых степеней свободы. Результаты PHSD, симулирующие партонную фазу и ее сосуществование с адронной, совместимы с измеренными данными. Гидродинамические результаты получены для двух уравнений состояния (УС): чисто адронное и УС с фазовым переходом типа кроссовер. Последний случай поддерживается результатами обсуждаемого эксперимента. Особое внимание уделяется описанию антипротонов, основанному на балансе канала протонно-антипротонной аннигиляции и обратного процесса образования пары за счет взаимодействия нескольких мезонов. В целом, квазиколичественное согласие между измеренными данными и модельными результатами поддерживает идею о фазовом переходе типа кроссовер, который смягчает ядерное УС [40].

## Теория конденсированных сред и новые материалы

Исследования по теме «Теория конденсированных сред и новые материалы» в 2014 г. продолжались в рамках следующих проектов:

- физические свойства комплексных материалов и наноструктур;
- математические проблемы многочастичных систем.

Предложена концепция туннельного транзистора на базе графена. Основная идея состоит в использовании двух графеновых электродов с краем зигзаг, разделенных вакуумной нанощелью, помещенных под общий затвор. При такой конфигурации ярко выраженный переключающий эффект достигается путем манипулирования пиками плотности состояний относительно транспортного окна с помощью потенциала на затворе [41].

Анализ нуклеотидов, усредненных по различным угловым ориентациям и их смещениям в плоскости нанощели величин тока и их дисперсии, показал, что в режиме последовательного туннелирования электронов специфическая геометрическая форма нуклеотидов способствует их идентификации по поперечному току [42].

Исследованы переходы между состояниями с вращающейся и осциллирующей фазой и их влияние на вольтамперные характеристики (ВАХ) системы двух параллельно соединенных стеков связанных джозефсоновских контактов. Показано, что связь между переходами приводит к ветвлению ВАХ и уменьшению гистерезисной области. Продемонстрирована определяющая роль диффузионного тока в формировании ВАХ. Показано ослабление ветвления в симметричных стеках. Эти результаты могут быть использованы для создания сверхпроводящих электронных устройств на основе внутренних джозефсоновских переходов в высокотемпературных сверхпроводниках [43].

Сформулирован гамильтониан, описывающий антиферромагнитную (АФ) модель Изинга, «разбавленную» мобильными дырками. Наиболее интересный и важный результат работы состоит в том, что дальний АФ-порядок исчезает при концентрации дырок меньше 6%. Так как допированная АФ-модель Изинга описывает существенно ту же физику, что и слабодопированная  $t$ - $J$ -модель в области  $J/t \ll 1$ , это значение представляет собой верхнюю оценку на соответствующую критическую концентрацию дырок в  $t$ - $J$ -модели, что находится в исключительно хорошем согласии с экспериментом. Таким образом, впервые явно показано, что разрушение дальнего магнитного порядка в  $t$ - $J$ -модели есть прямое следствие сильных локальных электронных корреляций, реализующихся в системе при малом уровне допирования [44].

Обобщен метод вариационного контраста Штурмана для экспериментальных кривых рассеяния многофазных фрактальных систем, содержащих «точку излома» в двойном логарифмическом масштабе. Разработанный нами анализ позволяет ответить на качественный вопрос, погружен ли один фрактал в другой или оба фрактала погружены в однородный растворитель или твердую матрицу [45].

Для сильнокоррелированных  $5d$ -электронных систем семейства оксидов иридия впервые предложен и развит метод построения решеточных квантовых спиновых моделей и численных оценок изотропных и анизотропных обменных взаимодействий с сильной спин-орбитальной связью на ионах иридия. В основу метода положен симметричный анализ низкоэнергетического спектра электронных возбуждений, вычисляемого в квантово-химическом подходе для решеточных кластерных фрагментов. В рамках выведенных спиновых моделей построены фазовые диаграммы и предсказаны магнитные структуры основного состояния для слоистых иридиевых оксидов  $\text{Na}_2\text{IrO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{IrO}_3$  с гексагональной и  $\text{Ba}_2\text{IrO}_4$  с тетрагональной решетками магнитных ионов [46].

Исследована нелинейная коллективная динамика бозе-эйнштейновского конденсата в ловушках и оптических решетках. Разработан метод вычисления аномальных средних конденсата, позволяющий адекватное количественное описание свойств холодных бозонных атомов в ловушках. Проведено вычисление основного состояния холодных бозе-атомов в ловушке. Исследована термодинамика бозонных атомов в ловушках вблизи перехода в сверхтекучее состояние. Исследован сильно неравновесный бозе-конденсат (включая квантовые вихри и гранулированный конденсат), модулируемый внешним потенциалом [47].

Сформулирована микроскопическая теория высокотемпературной сверхпроводимости в купратах в рамках обобщенной модели Хаббарда в режиме сильных корреляций. Показано, что основной вклад в  $d$ -волновое сверхпроводящее спаривание дает кинематическое спин-флуктуационное взаимодействие, в то время как межузельное кулоновское отталкивание и электрон-фононное взаимодействие малы. Вычислены спектр спиновых возбуждений, намагниченность, динамическая и статическая восприимчивости в анизотропной антиферромагнитной  $J_1-J_2$ -модели для железосодержащих пниктидов. Вычислен спин-волновой спектр возбуждений, намагниченность и температура Нееля для квазидвумерной антиферромагнитной COMPASS-Гейзенберг-модели для спина  $1/2$ , предложенной для описания иридатов [48].

Обобщен формализм трансфер-матрицы Либа на случай задачи о конфигурациях стрелок (или деревьев) на цилиндре, ассоциированных с димерными конфигурациями через соответствие Темперли. Вычислены статистические функции на секторах, со-

держащих различное число несжимаемых в точку петель. Введена новая, расширенная трансфер-матрица, которая учитывает не только димерные конфигурации, но и распространение цвета вдоль ветвей ассоциированных деревьев. Приведены аргументы в пользу того, что новые трансфер-матрицы содержат ячейки Иордана [49].

Исследован инверсный перенос заселенности отталкивающего конденсата Бозе-Эйнштейна в двойной потенциальной яме. Исследование основано на решении уравнения Гросса-Питаевского для единого параметра порядка для левой и правой компонент. Перенос заселенности реализуется за счет временной динамики потенциального барьера между компонентами. Показано, что в отличие от большинства методик, в рамках данного метода, межатомное взаимодействие является фактором, способствующим транспорту. А именно, отталкивающее взаимодействие позволяет реализовать транспорт в большем диапазоне скоростей процесса и ускоряет перенос на три порядка. Показано, что такой вид транспорта может рассматриваться как проявление эффекта Джоузефсона [50].

Рассмотрены стационарные состояния полностью асимметричного процесса с простым исключением на открытой макроскопической цепи с байпасом нулевой длины в объеме. Модель описывает движение молекулярных моторов на скрученных полимерах. Показано, что шунтированная часть цепи может находиться не только в фазах низкой и высокой плотности, но и в фазе сосуществования (со скачком плотности), если сеть несет максимальный поток. Обнаружено, что основные количественные параметры фазы сосуществования описываются теорией пористой стенки с параметрами, определяемыми положительным корнем кубического уравнения, коэффициенты которого линейно зависят от вероятности выбора байпаса. Неожиданным является заключение о том, что байпас в объеме одиночной полосы может вызвать транспортные пробки [51].

Построены конечномерные решения уравнения Янга-Бакстера (УЯБ) для алгебр симметрии ранга 1 в виде  $R$ -матриц с числовыми коэффициентами и  $L$ -операторов (матриц с операторными коэффициентами) для рационального, тригонометрического и эллиптического уровней. В тригонометрическом и эллиптическом случаях найдены принципиально новые решения УЯБ, связанные с двухиндексной структурой дискретных значений спинов [52].

Завершена классификация суперконформных индексов известных теорий, связанных дуальностью Сайберга. Установлена связь с теорией узлов и двумерными вихрями, построены индексы для теорий со спонтанным нарушением киральной симметрии [53].

Предложена новая модель  $Z_N$ -симметричного стохастического процесса. В термодинамическом пределе спектр гамильтониана этой модели задается

представлениями алгебры Вирасоро с комплексными старшими весами. Этот факт обуславливает осцилляционный характер релаксационных процессов в модели [54].

Описан режим образования макроскопических кластеров в обобщенной модели полностью асимме-

тричного процесса с простыми запретами. Получена функция больших уклонений потока частиц, дающая интерполяцию между универсальной функцией, полученной Дерридой–Лебовицем для систем из класса универсальности Кардара–Паризи–Жанга, и гауссовым диффузионным поведением [55].

## ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TH)

В рамках DIAS-TH в 2014 г. были проведены 4 школы и рабочее совещание (Research Workshop):

- 12-я Зимняя школа по теоретической физике (2–8 февраля);
- 18-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применения» (1–30 апреля);
- Гельмгольцевская международная школа «Теория ядра и приложения в астрофизике» (21 июля – 1 августа);

• международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы» (2–9 августа);

• Гельмгольцевская международная школа «КХД на решетке, адронная структура и адронная материя» (25 августа – 6 сентября).

Регулярно проводились семинары для студентов и аспирантов, поддерживался сайт DIAS-TH, продолжалась видеозапись лекций.

## КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

Было организовано 11 конференций, рабочих совещаний и школ:

- Международная конференция «Симметрии и спин» (10–16 февраля, Прага);
- 18-я Международная конференция молодых ученых и специалистов ОМУС-2014 к 105-летию Н. Н. Боголюбова (24–28 февраля, Дубна);
- Круглый стол ЕС–Россия–ОИЯИ «Что следующее? Теоретическая и экспериментальная физика после открытия бозона Брута–Энглерта–Хиггса» (3–5 марта, Дубна);
- семинар ЕСТ «Динамика низкоэнергетических реакций тяжелых ионов и экзотических ядер» (26–30 мая, Тренто, Италия);
- форум Индия–ОИЯИ «Рубежи физики элементарных частиц, атомного ядра и конденсированных материй» (16–20 июня, Дубна);

• 22-й Международный коллоквиум «Интегрируемые системы и квантовые симметрии» (24–28 июня, Прага);

• рабочее совещание SKLTP-BLTP/JINR «Физика сильновзаимодействующих систем» (14–19 июля, Дубна);

• международное совещание «Суперсимметрии в интегрируемых системах» (11–13 сентября, Дубна);

• 22-й Балдинский международный семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» (15–20 сентября, Дубна);

• 26-я Международная конференция «Методы симметрии в физике» (12–18 октября, Дубна);

• совещание «Прецизионная физика и фундаментальные физические константы» (1–5 декабря, Дубна).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beskidt C., de Boer W., Kazakov D. I. // Phys. Lett. B. 2014. V. 738. P. 505.
2. Teber S., Kotikov A. V. // Europhys. Lett. 2014. V. 107. P. 57001.
3. Bednyakov A. V., Pikelner A. F., Velizhanin V. N. // Nucl. Phys. B. 2014. V. 879. P. 256; Phys. Lett. B. 2014. V. 737. P. 129.
4. Khandramai V. L., Solovtsova O. P., Teryaev O. V. // Phys. Part. Nucl. 2014. V. 45(1). P. 49; Nonlinear Phenomena in Complex Systems. 2013. V. 16(1). P. 93.
5. Astaneh A. F., Patrushev A., Solodukhin S. N. arXiv:1412.0452 [hep-th]; arXiv:1411.0926 [hep-th].
6. Gutsche T. et al. arXiv:1410.6043 [hep-ph].

7. Korobov V. I., Hilico L., Karr J.-Ph. // Phys. Rev. Lett. 2014. V. 112. P. 103003.
8. Surovtsev Yu. S. et al. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2014. V. 41. P. 025006; Phys. Rev. D. 2014. V. 89. P. 036010.
9. Kovalenko S., Krivoruchenko M. I., Šimkovic F. // Phys. Rev. Lett. 2014. V. 112. P. 142503.
10. Faessler A. et al. // Phys. Rev. D. 2014. V. 90. P. 096010.
11. Engel J., Šimkovic F., Vogel P. // Phys. Rev. C. 2014. V. 89. P. 064308.
12. Naumov V. A., Shkirmanov D. S. arXiv:1409.4669 [hep-ph]. 2014.
13. Savin I. A. et al. arXiv:1408.3959 [hep-ex].
14. Obukhov Yu. N., Silenko A. J., Teryaev O. V. // Phys. Rev. D. 2014. V. 90. P. 124068.
15. Goloskokov S. V., Kroll P. // Eur. Phys. J. A. 2014. V. 50. P. 146.
16. Ahmadov A. I. et al. // Nucl. Phys. B. 2014. V. 888. P. 271.
17. Voronyuk V. et al. // Yadernaya Fizika. 2015. V. 78. P. 1.
18. Dorokhov A. E., Radzhabov A. E., Zhevlakov A. S. // JETP Lett. 2014. V. 100. P. 133.
19. Volkov M. K., Arbutov A. B., Kostunin D. G. // Phys. Rev. C. 2014. V. 89. P. 015202; Vishneva A. V., Volkov M. K., Kostunin D. G. // Eur. Phys. J. A. 2014. V. 50. P. 137; Vishneva A. V., Volkov M. K. // Intern. J. Mod. Phys. A. 2014. V. 29, No. 24. P. 1450125; Vishneva A. V., Volkov M. K. // Phys. Part. Nucl. Lett. 2014. V. 11. P. 352.
20. Deka M. et al. // Phys. Rev. D. 2015. V. 91. P. 014505.
21. Ivanov E., Sidorov S. // Class. Quant. Grav. 2014. V. 31. P. 075013.
22. Bellucci S., Krivonos S., Sutulin A. // Phys. Lett. B. 2013. V. 726. P. 497.
23. Ivanov E., Lechtenfeld O., Zupnik B. // JHEP. 2013. V. 1305. P. 133.
24. Kichakova O. et al. // Phys. Rev. D. 2014. V. 90. P. 124012.
25. Chernyakov Yu. B., Sharygin G. I., Sorin A. S. // Commun. Math. Phys. 2014. V. 330. P. 367.
26. Fiziev P. arXiv:1402.2813v1 [gr-qc]; arXiv:1411.0242v1 [gr-qc]; arXiv:1412.3015v1 [gr-qc].
27. Bordag M., Pirozhenko I. // Phys. Rev. B. 2014. V. 89. P. 035421.
28. Nesterenko V. V., Nesterenko A. V. // JETP Lett. 2014. V. 99. P. 581.
29. Severyukhin A. P. et al. // Phys. Rev. C. 2014. V. 90. P. 044320.
30. Ganey H. G. // Eur. Phys. J. A. 2014. V. 50. P. 183.
31. Dzhioev A. A. et al. // Phys. Rev. C. 2014. V. 89. P. 035805.
32. Myeong-Hwan Mun et al. // Ibid. P. 034622.
33. Jolos R. V., Shirikova N. Yu., Sushkov A. V. // Intern. J. Mod. Phys. E. 2014. V. 23. P. 1450051.
34. Ershov S. N., Vaagen J. S., Zhukov M. V. // Phys. At. Nucl. 2014. V. 77. P. 989.
35. Pupyshv V. V. // Phys. At. Nucl. 2014. V. 77. P. 664; Theor. Math. Phys. 2014. V. 180. P. 1051.
36. Motovilov A. K. // Phys. At. Nucl. 2014. V. 77. P. 453.
37. Belyaev V. B., Miller M. B. Method of Generation of Coherent Radiation. State Register of Russian Federation. July 8, 2014 with patent No. 25227313.
38. Lukyanov V. K. et al. // Bull. Rus. Acad. Sci., Phys. 2014. V. 78. P. 1101–1107; Lukyanov V. K. et al. // Phys. At. Nucl. 2014. V. 77. P. 100; Lukyanov V. K. et al. // Bull. Rus. Acad. Sci., Phys. 2014. V. 78. P. 421.
39. Konchakovsky V. P. et al. // Phys. Rev. C. 2014. V. 90. P. 014903.
40. Katkov V. L., Osipov V. A. // Appl. Phys. Lett. 2014. V. 104. P. 053102.
41. Isaeva O. G., Katkov V. L., Osipov V. A. // Eur. Phys. J. B. 2014. V. 87. P. 272.
42. Shukrinov Yu. M. et al. // Supercond. Sci. Tech. 2014. V. 27. P. 124007.
43. Maška M. M., Mierzejewskia M., Kochetov E. // Philosophical Magazine. DOI: 10.1080/14786435.2014.977371. 2014.
44. Cherny A. Yu. et al. // J. Appl. Cryst. 2014. V. 47. P. 198.
45. Yushankhai V. et al. // Inorg. Chem. 2014. V. 53. P. 4833; Phys. Rev. X. 2014. V. 4. P. 021051.
46. Yukalov V. I., Yukalova E. P. // Phys. Rev. A. 2014. V. 90. P. 013627; Yukalov V. I., Yukalova E. P. // J. Phys. B. 2014. V. 47. P. 095302; Yukalov V. I., Novikov A. N., Bagnato V. S. // Laser Phys. Lett. 2014. V. 11. P. 095501.
47. Plakida N. M., Oudovenko V. S. // Eur. Phys. J. B. 2013. V. 86. P. 115; Plakida N. M., Oudovenko V. S. // JETP. 2014. V. 119. P. 554; Vladimirov A. A., Ihle D., Plakida N. M. // Eur. Phys. J. B. 2014. V. 87. P. 112; Vladimirov A. A., Ihle D., Plakida N. M. // JETP Lett. 2014. V. 100. P. 885.
48. Brankov J. G. et al. // J. Stat. Mech. 2014. P. P09031.
49. Nesterenko V. O., Novikov A. N., Suraud E. // Laser Phys. 2014. V. 24. P. 125501.
50. Bunzarova N., Pesheva N., Brankov J. // Phys. Rev. E. 2014. V. 89. P. 032125.
51. Chicherin D., Derkachov S. E., Spiridonov V. P. arXiv:1411.7595. 2014; arXiv: 1412.3383. 2014.
52. Spiridonov V. P., Vartanov G. S. // Commun. Math. Phys. 2014. V. 325; JHEP. 2014. V. 06. P. 062.
53. Alcaraz F. C., Pyatov P., Rittenberg V. // J. Phys. A. 2014. V. 47. P. 462001.
54. Derbyshev A. E., Povolotsky A. M., Priezhev V. B. arXiv:1410.2874. 2014.





# ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ИМ. В. И. ВЕКслЕРА и А. М. БАЛДИНА

В 2014 г. основные усилия сотрудников ЛФВЭ были направлены на реализацию и дальнейшее развитие проекта NICA (подпроекты «Нуклотрон–

NICA», MPD и BM@N) и участие в совместных исследованиях, проводимых в ведущих ускорительных центрах мира.

## НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В РАЗВИТИИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Развитие ускорительного комплекса ЛФВЭ в 2014 г. было направлено на изготовление систем и элементов вновь создаваемых ускорительных установок комплекса NICA.

В 2014 г. проведено два сеанса на нуклотроне — 49-й и 50-й. В ходе «ускорительных» смен сеансов выполнялись работы, направленные на расширение возможностей существующего ускорительного комплекса при проведении текущей программы физических исследований и по тестированию оборудования

и режимов работы вновь создаваемых установок комплекса NICA — бустера и коллайдера.

### Проект «Нуклотрон–NICA»

Из наиболее заметных достижений, полученных в ходе сеансов, можно отметить следующие:

— в ходе 49-го сеанса работы впервые на нуклотроне в качестве штатного реализован режим работы с двумя параллельными пользователями (рис. 1). Обеспечена циркуляция распущенного (бесструктур-

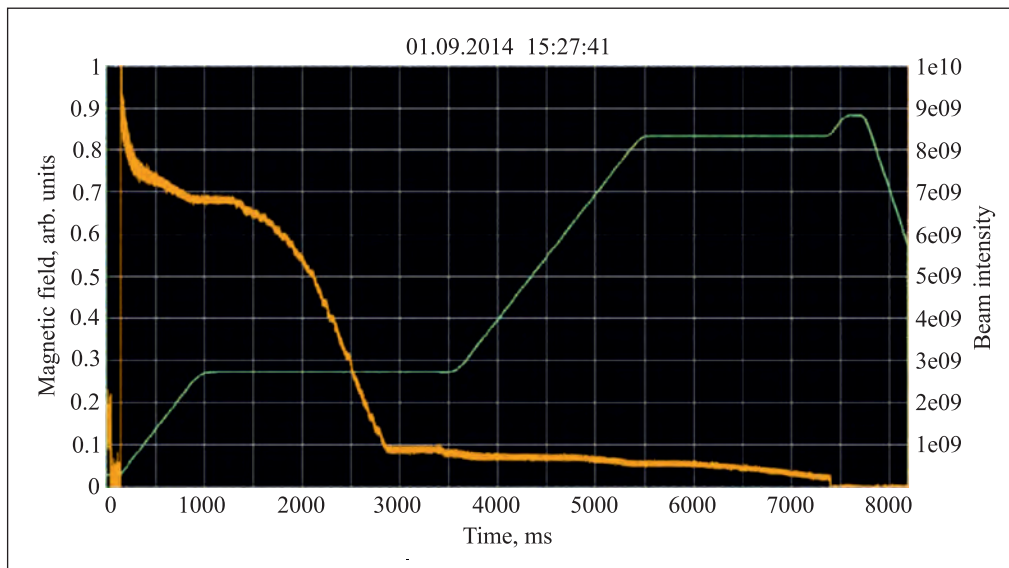


Рис. 1. Цикл магнитного поля и интенсивность циркулирующего пучка в режиме работы с двумя пользователями. На первом «столе» интенсивность убывает из-за взаимодействия с внутренней мишенью, на втором — осуществляется медленный вывод пучка. На обоих столах ускоряющие ВЧ-станции выключены

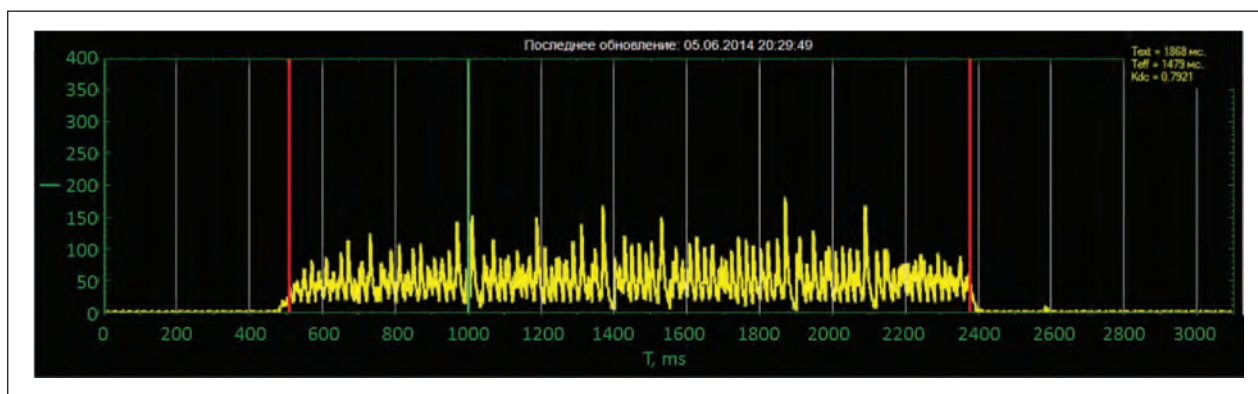


Рис. 2. Зависимость интенсивности выведенного пучка  $^{40}\text{Ag}^{+16}$  с энергией 1,2 ГэВ/нуклон, интенсивностью  $1,5 \cdot 10^5$  ионов, длительность вывода — 2 с

ного) пучка последовательно на двух «столах» магнитного поля — для эксперимента на внутренней мишени и для эксперимента на выведенном пучке;

— проведен первый сеанс работы с новым стендовым источником тяжелых ионов КРИОН-6Т (рис. 2) в составе ускорительного комплекса. На экспериментальном стенде магнитное поле было поднято до величины  $B = 5,4$  Тл, получены ионы золота с зарядностью  $\text{Au}^{30+}$ – $\text{Au}^{32+}$  и интенсивностью  $6 \cdot 10^8$  частиц за цикл при частоте 50 Гц. Для экспериментов на нуклотроне были ускорены ионы  $\text{Ag}^{16+}$ ;

— оптимизировались режимы работы источника и ускорителя ЛУ-20 для получения ионов нескольких сортов. Получен экспериментальный материал, необходимый для дальнейшего развития источника. Ускоренные и выведенные пучки ионов Ag использовались для проведения физических экспериментов;

— полностью подготовлено помещение для нового тяжелоионного линака (НЛАС), началась установка оборудования. Доставка и монтаж элементов НЛАС идет согласно графику работ. Запуск оборудования планируется на июнь 2015 г.;

— в соответствии с контрактом производство нового RFQ-резонатора для модернизации ЛУ-20 будет завершено в январе 2015 г., ввод в эксплуатацию запланирован на сентябрь 2015 г.

## NICA

### Строительные работы

2014 г. был чрезвычайно важным с точки зрения создания комплекса NICA. Завершены подготовительные работы на площадке размером 60 000 м<sup>2</sup>, и начаты строительные работы по сооружению комплекса — экспериментальных павильонов и кольца коллайдера.

График создания объекта будет определен в генеральном контракте с учетом плана сеансов нуклотрона, создания магнита MPD и графика установки оборудования комплекса.

### Объекты инфраструктуры

• Серьезный прогресс достигнут в запуске технологической линии для сборки и тестирования сверхпроводящих магнитов (SC) для NICA и FAIR. В декабре 2014 г. запущено первое из шести плеч для криогенных испытаний. Таким образом, технологическая линия сегодня имеет полную цепочку, необходимую для серийной сборки и тестирования SC-магнитов. Она включает участок для производства сверхпроводящего кабеля, мастерскую по изготовлению обмоток, участок сборки магнитов, измерения качества поля, а также вакуумных и криогенных испытаний. Запуск линии в полном объеме будет производиться поэтапно. Второй этап, планируемый на май 2015 г., предполагает запуск еще трех плеч для криогенных испытаний. Третий этап, запуск оставшихся двух плеч для криотестов, будет осуществлен в октябре 2015 г.

Изготовлен и успешно испытан предсерийный образец дипольного магнита бустера.

• В 2014 г. создана чистая комната лаборатории для сборки и тестирования микростриповых кремниевых детекторов.

Начало работы этой лаборатории планируется на 2015 г. Работы по созданию кремниевых вершинных детекторов для установок BM@N, MPD и CBM будут вестись в рамках MPD–CBM-консорциума. Между ЦЕРН и ОИЯИ в 2014 г. было подписано соглашение (MoU) о сотрудничестве при создании карбоновых рам для этих детекторов.

• В 2014 г. была создана лаборатория для сборки и тестирования детекторов времяпролетной системы (TOF). Сборка детекторов началась в декабре 2014 г., лаборатория будет полностью оборудована в 2015 г.

• В процессе организации находится лаборатория для создания и тестирования времяпроекционной камеры (TRC). Запуск лаборатории состоится в соответствии с графиком в 2015 г.

• Развитие криогенного комплекса ЛФВЭ осуществляется в соответствии с графиком. Удвоение охлаждающей мощности (с 4 до 8 кВт при 4,5 К) завер-

шится в 2018 г. В настоящее время завершены два из семи основных этапов — модернизирован гелиевый ожижитель OG-1000 и с двух до четырех увеличено число гелиевых винтовых компрессоров.

#### Бустер для NICA

- В ИЯФ им. Г. И. Будкера (Новосибирск) сконструированы две ускоряющие станции (RF) для NICA. Совместно с сотрудниками ОИЯИ в мае 2014 г. они были собраны и настроены. В октябре 2014 г. обе станции были доставлены в Дубну и испытаны. С использованием имитатора цикла магнитного поля продемонстрировано, что параметры отвечают техническим требованиям во всем диапазоне частот.

- В соответствии с планом ведутся работы по созданию системы электронного охлаждения бустера. Запуск планируется на 2017 г.

#### Проект MPD

Реализация проекта MPD осуществляется в два этапа. Первый (завершение запланировано на 2019 г.) включает создание и запуск TPC, TOF и ECAL для центральной части установки и детекторов FFD и ZDC. Второй этап состоит в создании вершинного кремниевого детектора и торцевых частей установки, состоящих из строу-камер, TOF и ECAL. Кроме того, этот этап предполагает модернизацию TPC. В настоящий момент завершены все НИОКР по подсистемам установки MPD и подготовлен технический проект.

**Магнит MPD.** Основным элементом установки MPD является сверхпроводящий соленоидальный магнит. Он должен быть создан и установлен в полном соответствии с планом-графиком реализации проекта NICA. Основной задачей 2014 г. был поиск потенциального исполнителя заказа на изготовление различных элементов магнита.

Выбраны две компании, имеющие опыт создания таких магнитов для CMS и ATLAS, — «AGS Superconducting» из Италии и «Toshiba» из Японии.

После серии встреч с представителями обеих компаний обе были приглашены для участия в тендере на изготовление SC-соленоида, криостата и прочих необходимых элементов. Предложения по цене получены. Кроме того, получены предложения от пяти претендентов на изготовление ярма магнита. Принятие решения и заключение контрактов состоится к середине 2015 г.

**TPC.** Работы по созданию TPC идут в полном соответствии с планом. В 2014 г. завершено изготовление наружного, последнего из четырех цилиндров детектора.

Изготовлен полноразмерный прототип камеры считывания (ROC), в процессе создания два прототипа камеры. Параллельно ведутся стендовые испытания с маленькими прототипами ROC на космике и с УФ-лазером.

Завершен технический проект (TDR) газовой системы TPC. В сотрудничестве с ПИЯФ (Санкт-Петербург) начато ее изготовление. Основные элементы системы уже имеются.

Идет работа по созданию TDR-системы охлаждения.

Существенный прогресс достигнут в подготовке Front-End электроники и системы сбора данных (DAQ) — разработана и изготовлена Front-End плата FEC-64. В процессе изготовления — разработанная пэддовая печатная плата для съема сигнала с сектора TPC. Предложена архитектура контроллера FEC, на основе схемы «Циклон-5» создана система для тестирования FEC. Создано программное обеспечение для сбора данных и контроля FEC. Испытан прототип FEC64.

**TOF и FFD.** В 2014 г. для проведения испытаний создаваемых детекторов и электроники на выведенном пучке нуклофона организована тестовая зона.

Исследования, проводившиеся в 2014 г., были посвящены оптимизации времяпролетной системы (TOF), создаваемой для установок MPD и BM@N. Базовым элементом TOF является многоплоскостная

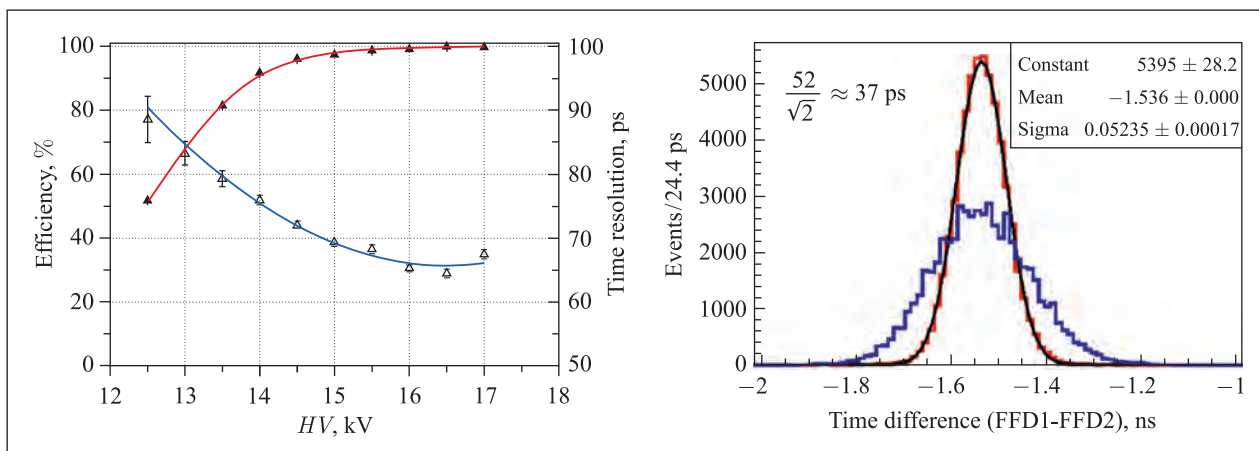


Рис. 3. Временное разрешение и эффективность стрипа MRPC TOF (слева); распределение времени между двумя прототипами FFD (справа)

резистивная камера (MRPC). TOF работает совместно с быстрым передним детектором (FFD), который задает сигнал запуска для TOF и используется для триггера нулевого уровня. В результате проведенных работ временное разрешение TOF составило 65 пс (включая разрешение электроники) с эффективностью 99,8 % (рис. 3).

На основе черенковского счетчика и специально разработанного многоканального фотоумножителя PHOTONIS XP85012/A1-Q создан прототип FFD. Этот детектор генерирует запуск TOF, поэтому к нему предъявляются достаточно высокие требования. В ходе исследований было получено временное разрешение системы  $\sim 37$  пс (рис. 3), при дальнейших испытаниях, для одиночного счетчика со стандартным модулем VME TDC32VL и цифровым преобразователем DRS4, разрешение составило 21 пс.

#### Проект BM@N

BM@N — это эксперимент на выведенном пучке, предлагаемый для проведения как первая стадия проекта NICA. Для интенсификации подготовки BM@N в 2014 г. выполнены следующие работы:

- в ЛФВЭ создан сектор BM@N, существенно увеличен коллектив, участвующий в подготовке эксперимента;

- создан пакет программ BMNROOT, предназначенный для моделирования, реконструкции и физического анализа данных эксперимента BM@N в рамках GEANT;

- с помощью программы моделирования FLUKA оптимизирована радиационная защита установки;

- подготовлена для установки оборудования экспериментальная зона установки, создана комната для управления экспериментом, модернизирована радиационная защита, установлены подсистемы и детекторы для участия в первом наборе данных на установке в феврале 2015 г.;

- к тестовому сеансу подготовлена оптика канала вывода нуклотрона к установке BM@N.

#### Проект SPD

В 2014 г. подготовлено предложение эксперимента «Letter of Intent» (LoI) на установке SPD. Начата процедура подготовки официального проекта.

## УЧАСТИЕ В УСКОРИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ ДРУГИХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ

### ИЛС

Коллективом, участвовавшим в подготовке проекта международного линейного коллайдера (ИЛС), в 2014 г. получены следующие результаты:

*Стенд Linac-200.* Смонтирована третья ускоряющая станция пучковой линии, проведены вакуумные испытания, в ходе которых достигнуто остаточное давление газа  $3 \cdot 10^{-8}$  Торр. Клистрон и фидер установлены на номинальные позиции.

Продолжаются работы по проведению пучка электронов через ондулятор и подготовке диагностического оборудования ондулятора для измерения параметров инфракрасного излучения.

*Стенд фотоинжектора прямого тока (DC).* Начато создание уникального лазерного фотоинжектора. Параметры используемого лазера: частота повторения макроимпульса 10 Гц, длина волны 262 нм, длительность микроимпульса 10 пс, энергия микроимпульса 1,5 мкДж, макроимпульс содержит

8000 микроимпульсов. Созданы и испытаны массивные «прозрачные» (сеточные) фотокатоды из GaAs. Измеренная квантовая эффективность 15-нс лазера ( $\lambda = 266$  нм) составила  $1 \cdot 10^{-3}$  %. В сотрудничестве с Электротехническим институтом Словацкой академии наук (IEE SAS) идут работы по созданию радиационно-стойких алмазоподобных углеродных фотокатодов [1].

### Ускоритель ЛУЭ-200

Драйвер импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН с 2009 по 2014 г. отработал на физический эксперимент более 5000 ч.

В сеансах 2014 г. физиками ЛФВЭ на пучках нейтронов и  $\gamma$ -квантов, произведенных ускорителем ЛУЭ-200, успешно проведено исследование радиационной стойкости образцов сцинтилляционных материалов, предназначенных для использования в адронном калориметре установки CMS в ЦЕРН.

## НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### CMS

В рамках реализации программы ОИЯИ в CMS по физическому анализу в 2014 г. группой ОИЯИ были фактически завершены обработка и анализ экспериментальных данных первого сеанса LHC (2011–2012 гг.) по образованию пар мюонов в процессах Матвеева–Мурадяна–Тавхелидзе–Дрелла–

Яна [2]. Продемонстрировано хорошее согласие полученных результатов с предсказаниями Стандартной модели (SM) в новой области по энергии. Продолжался поиск сигналов физики за пределами SM, увеличен нижний предел на массу нового калибровочного бозона  $\sim 2,7$  ТэВ.

Продолжались исследования свойств бозона Хиггса. Уточнялось значение его массы и другие характеристики. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о непротиворечивости обнаруженного бозона бозону Хиггса в рамках СМ. Безуспешно продолжались поиски редких распадов бозона Хиггса.

Во время остановки ЛНС физики ОИЯИ принимали участие в первой фазе модернизации установки CMS — ее торцевой мюонной системы и адронного калориметра.

В частности, при модернизации мюонной системы в 2014 г. была восстановлена экспериментальная зона SX5 и установлены 36 катодных стриповых камер (CSCs), в дополнение к 36, установленным в 2013 г. Все 72 камеры мюонной системы ME1/1 прошли проверку, включая высоковольтные тесты на космике.

Кроме того, группа ОИЯИ принимала участие в НИОКР по второй фазе модернизации CMS для набора данных при высокой светимости (HL-LHC).

### ALICE

В рамках эксперимента ALICE на Большом адронном коллайдере (ЦЕРН) были исследованы корреляции Бозе–Эйнштейна (фемтоскопические) для пар заряженных  $K$ -мезонов ( $K^{\text{ch}}K^{\text{ch}}$ ), образующихся в протон-протонных столкновениях ( $p-p$ ) при энергии 7 ТэВ [3]. Такой анализ позволяет изучать пространственно-временные размеры источников испускания элементарных частиц. Ранее подобные исследования проводились в ряде экспериментов при столкновениях тяжелых ядер ( $A-A$ ), но для  $p-p$ -взаимодействий были выполнены впервые. Главная особенность полученных для  $K^{\text{ch}}K^{\text{ch}}$  результатов — это резкий рост размера источника  $R_{\text{inv}}$  с увеличением  $m_T$  (поперечной массы пары) при самых малых значениях родившихся заряженных

частиц  $N_{\text{ch}}$  и обратная зависимость при больших значениях  $N_{\text{ch}}$  (рис. 4).

Уменьшение  $R_{\text{inv}}$  с ростом  $m_T$  характерно для  $A-A$ -столкновений и теоретически объясняется коллективными эффектами потоков частиц. Подобная же картина в  $p-p$ -столкновениях подтверждает некоторые теоретические предположения возможности проявления коллективных эффектов на кварк-глюонном уровне при взаимодействии элементарных частиц с достаточно большим значением  $N_{\text{ch}}$ .

### ATLAS

Группа ЛФВЭ продолжала исследование совместного с  $W$ -бозонами рождения бозона Хиггса с последующим его распадом на пару  $b$ -кварков. Со времени последней публикации летом 2013 г. накопленные данные были нами повторно проанализированы с некоторыми изменениями в критериях отбора событий и усовершенствованными алгоритмами анализа. Результаты удалось улучшить. В новом подходе чувствительность анализа была улучшена и отношение измеренного сигнала к ожидаемому в СМ —  $\mu = 0,52 \pm 0,32$  (стат.)  $\pm 0,24$  (сист.) для бозона Хиггса с массой 125,36 ГэВ.

В апреле 2014 г. на ускорителе У-70 ИФВЭ был проведен очередной сеанс работы установки для изучения характеристик мини-модулей жидкоаргоновых калориметров. Накапливались данные по откликам калориметров при разных значениях высокого напряжения на электродах модулей и интенсивностях выведенного в канал протонного пучка. Анализ данных продолжается.

В целях исследования радиационных свойств многослойных печатных плат на канале реактора ИБР-2М проведен сеанс облучения на пучках нейтронов высокой интенсивности, в ходе которого получен накопленный на поверхности облучаемых объектов суммарный поток нейтронов, равный интегральному потоку через установку ATLAS за 10 лет ее работы при светимости коллайдера, на порядок большей номинальной. После сеанса были исследованы электрические и механические характеристики облученных объектов и сделаны выводы о возможности их использования в полях высоких радиационных нагрузок. Сеанс показал необходимость радиационных испытаний плат в реальной конфигурации, особенно при высоком ( $\sim 10^{17}$  нейтрон/см<sup>2</sup>) уровне дозы [4].

### Эксперименты NA48/2 и NA62

Группа ОИЯИ продолжала анализ данных эксперимента NA48/2 (SPS, ЦЕРН).

В 2014 г. при определяющем вкладе группы ОИЯИ впервые осуществлено наблюдение редкого канала распада  $K^{6+} \rightarrow \pi^+ \pi^0 e^+ e^-$ . Решающее участие группы ОИЯИ заключалось в разработке критериев отбора событий, моделировании распада и

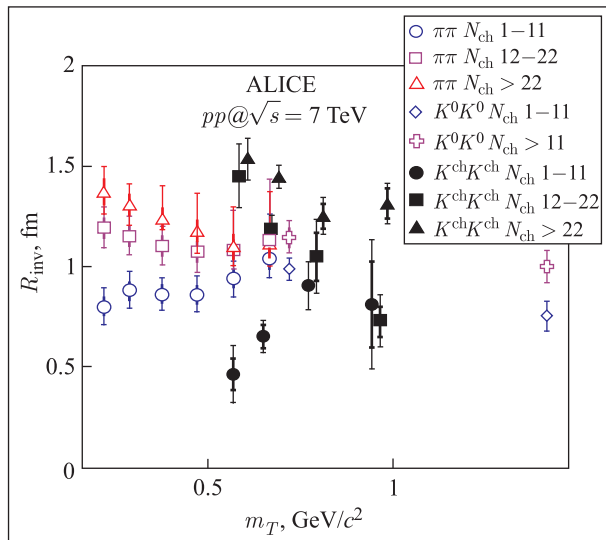


Рис. 4. Зависимость  $R_{\text{inv}}$  от  $m_T$

фона, проверке предсказаний теоретических моделей и генераторов, построенных на этих моделях, изучении различных вкладов в систематическую ошибку.

Для анализа использовались данные 2003 г. (рис. 5). Было отобрано 1910 кандидатов распада при оценке фона в 60 событий (3%). Величина выхода составила  $\text{Br}(K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0e^+e^-) = (4,06 \pm 0,12_{\text{exp}} \pm 0,13_{\text{ext}}) \cdot 10^{-6}$ , что согласуется с предсказаниями, сделанными на основе пертурбативной киральной теории, описывающей взаимодействия при низких энергиях [5].

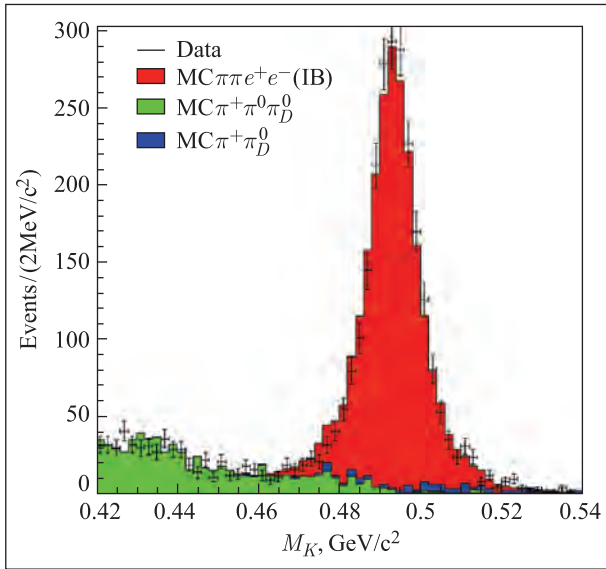


Рис. 5. Реконструированный сигнал распада  $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0e^+e^-$  (данные и расчет по Монте-Карло)

Задачей эксперимента NA62 является поиск сверхредкого распада заряженного каона на пион, нейтрино и антинейтрино. Начало набора данных запланировано на 2015 г. В 2014 г. группа ОИЯИ, участвующая в эксперименте, полностью выполнила свои обязательства по созданию и сертификации камер из строу-трубок для работы в вакууме ( $\sim 10^{-6}$  Торр). Все модули дрейфовых камер доставлены в ЦЕРН и установлены в экспериментальном зале. В ходе осеннего сеанса на SPS ЦЕРН камеры были испытаны в условиях работы на пучке.

### Эксперимент COMPASS

В 2014 г. состоялся тестовый сеанс по исследованию процесса Матвеева–Мурадяна–Тавхелидзе–Дрелла–Яна при рассеянии пучка пионов с энергией 160 ГэВ на водородной поляризованной мишени. Группа ОИЯИ в COMPASS отвечала за модернизацию системы сбора данных, участвовала в подготовке поляризованной мишени, инженерной инфраструктуры павильона, адронного калориметра (HCAL1) и трекового детектора (MW1).

В феврале и октябре 2014 г. на пучке электронов ELSA (Бонн, Германия) и пучке PS (ЦЕРН) испытаны модули электромагнитного калориметра

ECAL0. Полученные результаты показали, что модули калориметра, оснащенные системой считывания на основе лавинных фотодиодов, полностью удовлетворяют требованиям будущего эксперимента по измерению обобщенных партонных распределений [6].

### Эксперимент STAR

В 2014 г. группа ОИЯИ, участвующая в проекте STAR на коллайдере RHIC, осуществляла анализ новых данных по измерению поляризации антикварков в протоне. Эксперимент проводился путем столкновения продольно-поляризованных протонов при энергии в системе центра масс 0,5 ТэВ. Регистрировались  $W$ -бозоны, рождающиеся в процессе аннигиляции кварка и антикварка, типы которых определялись по заряду  $W$ -бозона. Анализ показал наличие существенной асимметрии, указывающей на доминирование поляризации антикварков  $u$  (рис. 6) [7].

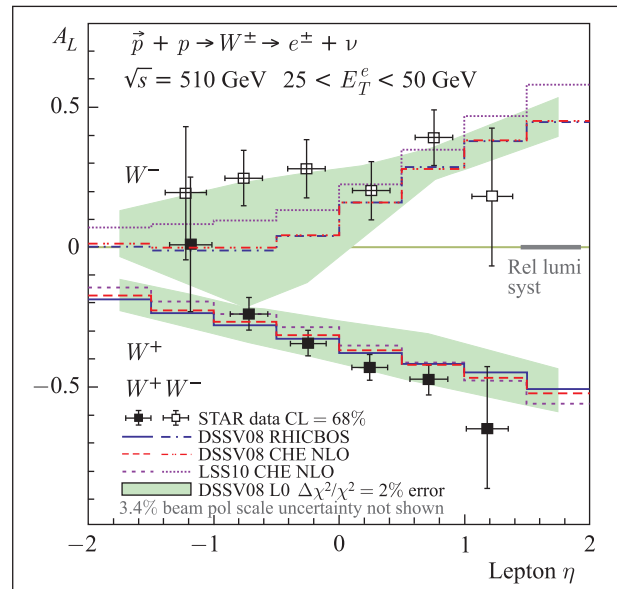


Рис. 6. Асимметрия сечения  $\sigma_+(\sigma_-)$  рождения  $W^\pm$ -бозонов в столкновении протонов с положительной (отрицательной) поляризацией пучка, определяемая как  $A_L = (\sigma_+ - \sigma_-)/(\sigma_+ + \sigma_-)$  в зависимости от псевдобыстроты  $W$ -бозона. Закрашенные (пустые) точки отвечают  $W^+$  ( $W^-$ )-асимметрии. Также показаны предсказания теоретических моделей

### Эксперимент NA61

В эксперименте NA61 при активном участии группы ОИЯИ впервые получено указание на наблюдение критической точки в ядерной материи [8]. Эти данные чрезвычайно важны для теории ядерной материи и ее практических приложений в будущем. Вещество в области критической точки имеет уникальные свойства, которые требуют детального изучения.

В 2014 г. эксперимент NA61 продолжал набор данных в  $p$ -Pb-рассеянии, сканируя область по энергии от 20 до 160 ГэВ/А.

## Эксперимент HADES

В течение 2014 г. осуществлено следующее:

- Проанализированы и подытожены экспериментальные результаты по квазисвободной  $np \rightarrow n p \pi^+ \pi^-$  реакции при 1,25 ГэВ.

- Получены и представлены предварительные результаты по квазисвободной  $np \rightarrow pp \pi^- \pi^0$  реакции при 1,25 ГэВ на HADES.

- Выполнены расчеты в рамках модифицированной OPER-модели для квазисвободных  $np \rightarrow n p \pi^+ \pi^-$  и  $np \rightarrow pp \pi^- \pi^0$  реакций при 1,25 ГэВ для условий 4 $\pi$  и HADES-аксептанта.

- Выполнен теоретический анализ распределения протонов-спектаторов в  $dp$ -рождении дилептонов на установке HADES при  $T_{\text{kin}} = 2,5$  ГэВ [9].

- Выполнен окончательный анализ данных для реакции  $dp$ -упругого рассеяния при  $T_d = 2,5$  ГэВ на HADES для новой константы нормировки. Подготовлен новый проект статьи для адронной рабочей группы.

- Физики ОИЯИ приняли участие в наборе данных на  $\pi$ -пучке, а также в обсуждении полученных результатов и опубликованных сотрудничеством HADES в 2014 г.

## Эксперименты на нуклотроне

Примерно 60 % пучкового времени сеанса № 49 и более 30 % сеанса № 50 было использовано для проведения экспериментов и тестов детекторов. В частности, на пучке осуществлялись представленные ниже исследования.

**Эксперимент ФАЗА-3.** Основная физическая задача группы ФАЗА — изучение поведения горячих ядер, энергия возбуждения которых сравнима с предельно допустимой ( $\sim 50\%$  от энергии связи ядра). Проведены новые измерения полной временной шкалы для ядерной мультифрагментации в соударениях  $d(4,4 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$ : она происходит через  $(100 \pm 15) \text{ фм/с}$  после соударения пучка дейтронов с мишенью [10]. Это время уходит, в основном, на расширение ядра под действием теплового давления. Этот результат важен для понимания динамических свойств горячих ядер.

**Проект DSS.** В 2014 г. в рамках проекта DSS достигнуты представленные ниже результаты.

- Получены экспериментальные данные по угловой зависимости сечения упругого дейтрон-протонного рассеяния при энергиях дейтрона 1000 и 1800 МэВ на введенной в эксплуатацию установке на внутренней мишени. Предварительные результаты докладывались на международных конференциях RNP-2014 и IBSHEPP-XXII.

- Получены экспериментальные данные для реакции развала дейтрона с детектированием двух протонов при энергии начального дейтрона 400 МэВ в различных кинематических конфигурациях в компланарной геометрии. Предварительные результаты

докладывались на международных конференциях MESON-2014, RNP-2014 и IBSHEPP-XXII.

- В рамках релятивистской модели многократного рассеяния выполнены теоретические расчеты для интерпретации полученных экспериментальных данных по дейтрон-протонному упругому рассеянию при энергиях дейтрона 880–2000 МэВ.

- В рамках релятивистской модели многократного рассеяния получены предсказания по анализирующим способностям  $A_y$ ,  $A_{yy}$ ,  $A_{xx}$  и  $A_{xz}$  реакций  $dd \rightarrow {}^3\text{H}p$  и  $dd \rightarrow {}^3\text{He}n$  при энергиях дейтронов 200 и 270 МэВ [11].

**Эксперимент STRELA.** В сеансе № 49 международный коллектив коллаборации завершил отложенные ранее измерения зарядово-обменного процесса в столкновении дейтрона и протона. Данные набирались на пучке дейтронов с энергией 3,5 ГэВ. Измерялось сечение рождения двух протонов с малой передачей импульса в процессе  $dp \rightarrow pp + n$ . Ведется анализ данных.

**Эксперимент CBM.** В 2014 г. группа ОИЯИ, участвующая в проекте CBM, выполнила следующие работы в рамках своих обязательств:

- Подготовлен технический проект сверхпроводящего дипольного магнита установки CBM. Этот проект полностью одобрен экспертами FAIR и готов для производства [12].

- На основе строу (дрейфовых) трубок был разработан прототип детектора с учетом возможности создания стандартных модулей, удобных для монтажа, которые могут работать при высоком давлении газа до 4 бар и не зависеть от изменений параметров окружающей среды, таких как влажность и температура. Один слой прототипа содержит 48 строу с внутренним диаметром 9,56 мм и 2 м длиной с углеродным покрытием катода. Толщина стенки  $\sim 60$  мкм. Чувствительная область —  $2 \cdot 0,5 \text{ м}^2$  [13].

Была рассмотрена возможность использования прямого временного метода (DTM) для регистрации сигналов от прототипа со строу длиной 2 м и с внутренним диаметром 9,53 мм. Измерения, проведенные с детектора-прототипа, показали целесообразность использования DTM для определения продольной координаты с тонкостенными дрейфовыми трубками длиной 2 м с точностью лучше 2 см ( $\sigma$ ).

Был разработан и создан полномасштабный двухслойный прототип. Прототип содержит 1200 дрейфовых трубок, которые прошли тесты. Отбракованных строу было менее 0,3 %.

Продолжались работы по развитию методов и алгоритмов для глобального трекинга и изучения многочастичной динамики в столкновениях тяжелых ионов.

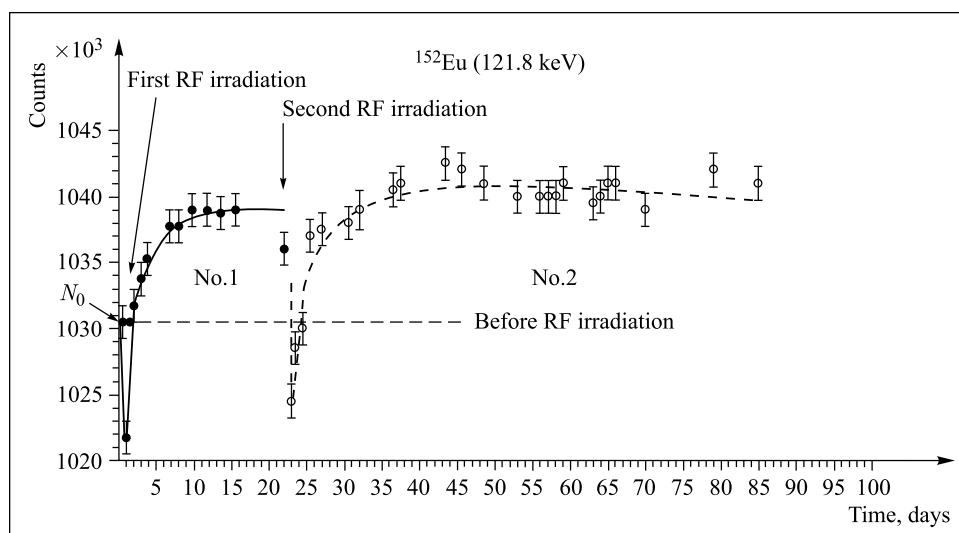


Рис. 7. Изменение линии интенсивности 121,8 кэВ после двух высокочастотных облучений

**Проект QUINTA.** В рамках инновационного проекта QUINTA в 2014 г. были получены следующие результаты:

- Зависимость экспериментально измеренных спектров вторичных нейтронов от энергии пучка значительно расходится с предсказаниями теоретических моделей [14].
- При облучении урановой сборки ядрами разного типа  $p$ ,  $^2D$ ,  $^{12}C$  обнаружена струя нейтронов с

энергией  $E_n > 20$  МэВ, распространяющаяся вдоль оси пучка. Параметры струи — ширина, интенсивность — зависят от типа частиц и их энергии [15].

- Впервые обнаружен значимый эффект изменения периода радиоактивного полураспада  $^{152}Eu$  (рис. 7) под действием излучения лазера на свободных электронах [16]. Эффект изменения периода полураспада  $T_{1/2}$  значительно превосходит статистическую погрешность.

## НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Второе совещание пользователей пучков нуклотрона «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона» прошло с 11 по 12 сентября 2014 г. в ЛФВЭ. Обсуждался текущий статус и перспективы нуклотрона, который дает уникальные возможности для исследований с релятивистскими пучками ионов в кинематической области от сотен МэВ до нескольких ГэВ на нуклон. Представители дирекции ОИЯИ, стран-участниц, дирекции ЛФВЭ и руководители экспериментов приняли участие в совещании и подписали протокол, подводящий итог обсуждению политики доступа к пучкам нуклотрона, запросам и рекомендациям, направлен-

ным как на реализацию научной программы, так и на эффективное использование пучкового времени.

Международный симпозиум «70-летие открытия принципа автофазировки В. И. Векслера – Э. М. Макмиллана», организованный ОИЯИ и Физическим институтом им. П. Н. Лебедева, проходил с 10 по 15 ноября в Дубне в Лаборатории физики высоких энергий. Сопредседателями оргкомитета симпозиума были академики РАН Г. А. Мезяц и В. А. Матвеев. Представители крупнейших ускорительных центров мира рассказали о текущем статусе ускорительной физики и обсудили перспективы ее развития, сделав в общей сложности 25 приглашенных докладов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Huran J. et al.* Transmission Photocathodes Based on Stainless Steel Mesh Coated with Deuterated Diamond-Like Carbon Films // NIM. Sect. A.: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2014. V. 753. P. 14–18.
2. *CMS Collab.* Measurements of the Differential and Double-Differential Drell–Yan Cross Sections in Proton–Proton Collisions at 8 TeV. CMS-PAS-SMP-14-003 (submitted to journal);
3. *Konoplyannikov V. F. et al.* The Uncertainties of the Sections of the Drell–Yan Processes Birth in Proton Collisions at LHC // Part. Nucl., Lett. 2014. V. 11, No. 6(198). P. 1122–1133.
4. *ALICE Collab.* Charged Kaon Femtoscopic Correlations in  $pp$  Collisions at  $s_{1/2} = 7$  TeV // Phys. Rev. D. 2013. V. 87. P. 052016.
5. *Bulavin M. et al.* The Irradiation Facility at the IBR-2M Reactor in Dubna // Proc. 14th ICATPP Conf.



- on Astroparticles, Particle, Space Physics and Detectors for Physics Applications (ICATPP 2013), Como, Italy, Sept. 23–27, 2013. P.583–587; NIM B. 2015. V. 343. P. 26.
5. *Misheva M. H.* First Observation of the Very Rare Decay  $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^0e^+e^-$  by the NA48/2 Experiment // Conf. «Recontres de Moriond QCD and High Energy Interactions», La Thuile, March 21–28, 2015.
  6. *COMPASS Collab.* CERN-PH-EP/2014-109 hep-ex/1405.6377, CERN-PH-EP/2014-180 hep-ex/1407.6186, CERN-PH-EP/2014-247 hep-ex/1410.1797.
  7. *Adamczyk L. et al. (STAR Collab.)* // Phys. Rev. Lett. 2014. V. 113. P. 072301.
  8. *Stefanek G. for the NA49 and NA61/SHINE Collabs.* // Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 2014 (in press).
  9. *HADES Collab.* Properties of Hot Nuclei Produced in Collisions of Light Relativistic Ions with Heavy Targets // Phys. At. Nucl. 2014. V. 77, No. 12. P. 129 (in press).
  10. *Karnaikhov V. A. et al.* Properties of Hot Nuclei in Collisions of Light Relativistic Ions with Heavy Targets // Nucl. Phys. 2014. V. 77, No. 1. P. 120; *Krupka J. et al.* Electrical Properties of Deuteron Irradiated High Resistivity Silicon // Nucl. Instr. Meth. B. 2014. V. 325. P. 107.
  11. *Ladygina N. B.* Spin Effects in the  $dd \rightarrow {}^3\text{He}n$  Reaction at Intermediate Energies // Phys. Part. Nucl. 2014. V. 45. P. 187–189.
  12. The Technical Design Report for the CBM Superconducting Dipole Magnet. [http://www.faircenter.eu/fileadmin/fair/experiments/CBM/TDR/CBM\\_magnet.TDR\\_31\\_10\\_2013-nc.pdf](http://www.faircenter.eu/fileadmin/fair/experiments/CBM/TDR/CBM_magnet.TDR_31_10_2013-nc.pdf); *Akishin P. et al.* Superconducting Dipole Magnet for the Compressed Baryonic Matter (CBM) Experiment at FAIR // CBM Progress Report. 2013. GSI, Darmstadt, 2013. P. 6.
  13. *Peshekhonov V. et al.* Straw Based Coordinate Muon Chamber, CBM Progress Report. GSI, Darmstadt, 2014.
  14. *Lasquith N. et al.* Activation of  ${}^{197}\text{Au}$  and  ${}^{209}\text{Bi}$  in Fast Spectrum Sub-Critical Assembly Composed of 500 kg Natural Uranium Irradiated with 1 and 4 GeV Deuterons // Ann. Nucl. En. 2014. V. 63. P. 742–750.
  15. *Asquith N. L. et al.* The Spatial Distribution of Thermal and Epithermal Neutrons in Graphite Moderated Spallation Neutron Source // Rad. Meas. 2014. V. 67. P. 15–23.
  16. *Golubykh S. M. et al.* Influence of High-Power Pulse RF Irradiation on Several Types of Beta-Decay // Intern. Workshop «Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications», Nizhny Novgorod, July 24–30, 2014. P. 619.



# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

## ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ, АСТРОФИЗИКА

Наиболее важными результатами эксперимента «Байкал» в 2014 г. являются постановка и ввод в эксплуатацию первой очереди кластера DUBNA (первый кластер будущей установки NT1000 (GVD)), состоящей из пяти гирлянд длиной 345 м по 112 оптических модулей в детекторе, и ввод в эксплуатацию инструментальной гирлянды с оборудованием для калибровки детектора и мониторинга водной среды [1]. На основании долговременных натуральных испытаний созданной системы, которые были начаты в апреле 2013 г. и продолжались в 2014 г., сделан вывод о возможности тиражирования аппаратуры в масштабах демонстрационного кластера NT1000. Проведен начальный анализ данных первой очереди кластера. Результаты анализа показали, что как эффективность используемых калибровочных процедур, так и соответствие производительности всех составных частей детектора являются ожидаемыми. Проведен новый анализ данных NT200 за период 1998–2003 гг. на предмет поиска нейтрино от аннигиляции темной материи в Солнце. Получены верхние пределы на потоки мюонов и нейтрино, на скорость аннигиляции и на сечения рассеяния частиц темной материи на протонах в предположении разных каналов аннигиляции.

В 2014 г. группой ЛЯП в составе коллаборации **Daya Bay** получены новые результаты измерения угла смешивания нейтрино  $\theta_{13}$  и определения  $\Delta m_{ee}^2$ :  $\sin^2 2\theta_{13} = 0,084 \pm 0,005$ ,  $\Delta m_{ee}^2 = 2,44_{-0,11}^{+0,10}$ . Приведенное значение  $\sin^2 2\theta_{13}$  на сегодняшний день является наиболее точным в мире, а значение  $\Delta m_{ee}^2$  сравнимо по точности с измерениями другого флейворного среднего  $\Delta m_{\mu\mu}^2$ . Кроме основного осцилляционного анализа был проведен поиск сигнала стерильных нейтрино, который показал отсутствие сигнала от стерильных нейтрино и дал лучший мировой предел на их параметры:  $\Delta m_{41}^2$  и  $\theta_{14}$  в диапазоне  $\Delta m_{41}^2$  от 0,001 до 0,3 эВ<sup>2</sup> [2].

В рамках подготовки эксперимента **JUNO** в ОИЯИ выполнены расчеты защиты фотомножителей (ФЭУ) детектора от магнитного поля Земли. Проведены работы по характеризации новых ФЭУ с микроканальными пластинами, оптимизации систем высоковольтного питания и созданию прототипа высоковольтного питания на основе генератора Кокрофта–Уолтона для ФЭУ эксперимента JUNO.

В 2014 г. дубненская группа проекта **Borexino** принимала активное участие в физическом анализе накопленных данных в составе рабочих групп «анти-нейтрино», «солнечные  $pp$ -нейтрино» и «физика редких процессов». Главным результатом 2014 г. является измерение потока солнечных нейтрино из  $pp$ -реакции в режиме реального времени [3]. При анализе данных использовался метод спектральной подгонки, поэтому сигнал от  $pp$ -нейтрино выделялся по спектральным особенностям. Точность измерения потока  $pp$ -нейтрино составила около 10%. Результат подтверждает стационарность Солнца на временной шкале в сотни тысяч лет. Вместе с предыдущими измерениями солнечных нейтрино из реакций  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^8\text{B}$  и  $pep$  в «Borexino» данное измерение завершает изучение нейтринных потоков из цепи реакций, начинающихся с  $pp$ -реакции [4].

К сентябрю 2014 г. в рамках эксперимента **NOvA** была полностью завершена сборка и тестовый период работы, с ноября 2014 г. начат набор данных в полном объеме со всеми элементами как ближнего, так и дальнего детекторов. К январю 2015 г. ожидалась интегральная интенсивность пучка порядка  $(1,1-1,5) \cdot 10^{20}$  POT (протонов на мишени). Группа из Дубны приняла участие в сборке ближнего детектора, его заполнении жидким сцинтиллятором, тестах электроники и контроле работы детектора во время набора статистики. При участии сотрудников ЛИТ группа подготовила необходимое программное обеспечение с целью дальнейшей разработки алгоритмов реконструкции и физического анализа [5].

Проводятся работы по изучению применения различных приближений для осцилляционного анализа, эффекта прохождения нейтрино через вещество, а также влияния сечения нейтринного взаимодействия на систематические неопределенности.

В эксперименте **OPERA** группа ОИЯИ отвечает за анализ данных электронных детекторов, за совместный анализ данных эмульсионных интерфейсов и электронных детекторов, проводит анализ событий в блоках мишени с помощью созданных в Дубне автоматических сканирующих станций. В 2014 г. коллаборация OPERA, продолжая анализ данных, набор которых закончился в конце 2012 г., обнаружила 4-е событие взаимодействия  $\tau$ -нейтрино. С учетом ожидаемого фона в 0,23 события статистическая значимость свидетельства нейтринных осцилляций  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  составила  $4,2\sigma$ . Среди других результатов коллаборации необходимо отметить полученные новые ограничения на «экзотические» (типа LSND, MiniBOONE) осцилляции  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  и измерение зарядового отношения ТЭВ-ных атмосферных мюонов [6–8].

В эксперименте **NEMO-3** были проведены прецизионные измерения двойного  $\beta$ -распада и велся поиск безнейтринного двойного  $\beta$ -распада для семи  $\beta\beta$ -изотопов:  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{130}\text{Te}$ ,  $^{150}\text{Nd}$ , среди которых  $^{100}\text{Mo}$  и  $^{82}\text{Se}$  были доминирующими. Уникальная методика NEMO-3 дает возможность полностью восстанавливать кинематику событий, что позволяет существенно уменьшить фоны и исследовать механизмы мод двойного  $\beta$ -распада. За время измерений 34,7 кг·лет  $^{100}\text{Mo}$  не было найдено событий  $0\nu\beta\beta$ -распада и был определен предел для механизма легкого майорановского массового нейтрино  $T_{1/2}(0\nu\beta\beta) > 1,1 \times 10^{24}$  лет (90 %-й С.Л.). Это соответствует эффективной майорановской массе нейтрино в диапазоне  $|m_{\beta\beta}| < 0,3\text{--}0,8$  эВ в зависимости от используемой величины ядерного матричного элемента [9, 10].

Усовершенствованная экспериментальная трекориметрическая методика NEMO-3 будет использована для  $0\nu\beta\beta$ -эксперимента следующего поколения, названного **SuperNEMO**. Новый детектор имеет модульную конструкцию со способностью измерять одновременно несколько изотопов, в настоящее время основными изотопами являются  $^{82}\text{Se}$  и  $^{150}\text{Nd}$ . Ожидаемая чувствительность за пять лет измерений на 20 модулях детектора SuperNEMO (100 кг  $^{82}\text{Se}$ ) составит  $T_{1/2}(0\nu\beta\beta) > 10^{26}$  лет ( $|m_{\beta\beta}| < (0,04\text{--}0,11)$  эВ), что сравнимо с данными других проектов нового поколения [11].

В 2014 г. основные работы группы ЛЯП в составе эксперимента **EDELWEISS** были связаны со сборкой, отладкой и пуском установки, с установкой и тестированием новых детекторов, наладкой электроники, а также с моделированием детекторов, экспериментальным изучением фона и анализом данных. К февралю 2014 г. в рамках эксперимента произ-

ведены и установлены 36 детекторов FID800, что дает кумулятивную активную массу установленных детекторов примерно 22 кг. В 2015 г. коллаборацией планируется набрать более 3500 кг·сут статистики с ожидаемым нулевым уровнем фоновых событий в области поиска WIMP (чувствительность к сечению неупругого рассеяния WIMP–нуклон составит  $< 5 \cdot 10^{-45}$  см<sup>2</sup>). К 2018 г. чувствительность после набора 12000 кг·сут составит лучше  $< 10^{-45}$  см<sup>2</sup>, что дает возможность прямого детектирования WIMP. Длительный набор данных обеспечивает возможность поиска ожидаемых сезонных вариаций. Данный этап будет одновременно обеспечивать последнюю стадию R&D для эксперимента EURECA, предполагающего использовать до 1 т детекторов для поиска и исследования частиц темной материи. Необходимо отметить, что участие сотрудников ЛЯП в эксперименте обеспечивает базу для разработки и тестирования установки (криостата и детекторов) проекта  $\nu$ -GeN — эксперимента на Калининской АЭС по детектированию упругого когерентного рассеяния нейтрино на ядрах Ge.

Эксперимент **GERDA** нацелен на поиск безнейтринного двойного  $\beta$ -распада ( $0\nu\beta\beta$ )  $^{76}\text{Ge}$ . В первой фазе Phase I проводился набор данных с детекторами (всего по массе 18 кг  $^{76}\text{Ge}$ ) из предыдущих экспериментов Heidelberg–Moscow и IGEX. В 2014 г. были проанализированы данные по первой фазе GERDA Phase I с общей экспозицией 21,6 кг·лет, достигнут ультранизкий фон  $1 \cdot 10^{-2}$  соб./кэВ·кг·год в области поиска эффекта [12]. Положительный сигнал не был обнаружен, и в результате получен новый нижний предел на время жизни  $^{76}\text{Ge}$  относительно безнейтринного двойного  $\beta$ -распада  $T_{1/2} > 2,1 \cdot 10^{25}$  лет (90 %-й С.Л.), что соответствует пределу на эффективную массу нейтрино 0,2–0,4 эВ [13]. Начата подготовка ко второй фазе эксперимента (GERDA Phase II) [14]. Для этого в 2014 г. были изготовлены и протестированы 30 новых BEGe-детекторов из Ge-76 (около 20 кг Ge-76), проведены модернизация и тестирование мюонного вето на основе пластмассовых сцинтилляторов для GERDA Phase II, разработаны эффективные методы активного подавления фоновых событий. Осуществлен технический пуск вето-системы «LAr-scintillation Veto» для установки GERDA-II.

В 2014 г. проводились заключительные комплексные испытания аппаратуры эксперимента TUS в составе космической платформы в космическом центре НИИЭМ (Москва). Предполагается запуск детектора на орбиту спутника Земли в 2015 г. в составе спутника «Михаил Ломоносов» и набор данных в течение 3–5 лет. В 2014 г. в ОИЯИ было проведено детальное моделирование эксперимента с учетом особенностей детектора, методики и эффективности триггера, системы приема и передачи данных, а также условий проведения эксперимента — его солнечно-синхронной орбиты на высоте 500 км,

изменения фонового свечения атмосферы во время полета спутника и влияния отраженного Лунной солнечного света. В результате моделирования получена оценка ожидаемой статистики, в том числе энергетический спектр при пятилетней экспозиции. В 2015 г. предполагается разработка и изготовление прототипа наземного импульсного источника света для калибровки детектора TUS на орбите.

В 2014 г. рамках эксперимента **NUCLEON** проводились заключительные комплексные испытания аппаратуры в составе спутника «Ресурс-П» №2 в космическом центре «Прогресс» (Самара), а с октября 2014 г. предстартовые комплексные испытания совместно с ракетой-носителем «Союз-ТМ» на космодроме «Байконур». Запуск детектора произошел 26 декабря 2014 г. в составе спутника «Ресурс-П» №2, срок набора данных на орбите — 3–5 лет. Помимо участия в обработке поступаю-

щих с орбиты данных, в ОИЯИ предполагается в 2015 г. разработать и изготовить прототип калориметра для планируемого после детектора **NUCLEON** детектора ОЛВЭ на основе борированного сцинтиллятора и осуществить его тест на пучке SPS ЦЕРН.

В 2014 г. в рамках эксперимента **TAIGA** проводилась разработка конструкторской документации и начато изготовление опытного образца поворотной платформы трекового детектора черенковского света широких атмосферных ливней. Разработана конструкторская документация и изготовлен фундамент для установки гамма-телескопа №0 на площадке эксперимента «Тунка-133» в тункинской долине. Проведено моделирование методом Монте-Карло телескопа на основе программы **CORSIKA**. В 2015 г. предполагается завершить начатое в 2014 г. изготовление гамма-телескопа №0 и приступить к изготовлению гамма-телескопа №1.

## ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Группой сотрудников ОИЯИ в рамках эксперимента **ATLAS** проведен анализ по поиску тяжелых резонансов в диэлектронных и димюонных конечных состояниях распада, образующихся в  $pp$ -столкновениях на Большом адронном коллайдере при энергии в с. ц. м. 8 ТэВ и интегральной светимости свыше  $20 \text{ fb}^{-1}$ . Узкий резонанс с константами связи с фермионами  $Z$ -бозона Стандартной модели был исключен на уровне достоверности 95% при массах менее 2,74 ТэВ для диэлектронного и 2,58 ТэВ для димюонного каналов, суммарный предел составил 2,85 ТэВ [15]. Также был проведен анализ по поиску суперсимметрии в конечном состоянии с как минимум одним лептоном (электроном или мюоном), адронными струями и большим потерянными поперечным импульсом в  $pp$ -столкновениях на LHC при энергии в с. ц. м. 8 ТэВ и интегральной светимости  $20 \text{ fb}^{-1}$ . Никакого значительного превышения над предсказаниями Стандартной модели обнаружено не было. Поставлены пределы на массы суперсимметричных частиц в различных суперсимметричных моделях. В зависимости от модели исследования позволили исключить значения масс глюино 1,32 ТэВ и масс скварков менее 840 ГэВ [16].

Группа сотрудников ОИЯИ участвует в работах по наблюдению распада  $\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0$ , который еще не был исследован. Определение свойств распада может быть использовано для проверки теоретических предсказаний. Вероятность распада  $\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0$  должна совпадать по порядку величины с вероятностью распада  $\Lambda_b \rightarrow J/\psi\Lambda$  по аналогии с распадами  $B \rightarrow J/\psi K$  и  $B \rightarrow \psi(2S)K$ . Теоретическое предсказание для отношения распадов  $\Lambda_b \rightarrow \psi(2S)\Lambda$  и  $\Lambda_b \rightarrow J/\psi\Lambda$  равно 0,81 [17].

Проект **SANC** включает теоретические предсказания для многих трех- и четырехчастичных процессов Стандартной модели на однопетлевом уровне точности (QCD и EW NLO). Важнейшие результаты за 2014 г.: работа по вычислению  $J$ -функций для процессов вида  $ud \rightarrow WA$  [18]; разработка новой версии интегратора **MCSANC**, в которой добавлены процессы с фотонами в начальном состоянии и сделан ряд технических улучшений; теоретическое сопровождение анализа эксперимента **ATLAS** в виде вычисления электрослабых поправок для процессов типа Дрелла–Яна [19]; расширение уравнений партонной эволюции **DGLAP** включением **QED**-компоненты и реализация решения в виде пакета **QEDevol** [20], выпуск релизов программы **HERAFitter**.

В рамках проекта **CDF** основные результаты 2014 г. связаны с прецизионными измерениями массы топ-кварка в дилептонной выборке событий на полной статистике данных **CDF Run II**, получении усредненного значения массы топ-кварка на данных эксперимента **CDF** с точностью  $0,93 \text{ ГэВ}/c^2$ , испытаниями матрицы кристаллов **LYSO** на пучке  $\gamma$ -квантов в Майнце (Германия) и на электронном пучке во Фраскати (Италия). Проведены тесты новых «смешанных» кристаллов **BGSO** (**BGO**-**BSO**) и тестирование светосбора с различных образцов сцинтилляционных стрипов в рамках **НИР** для **Mu2e** вето-системы. Коллаборация **CDF** получила комбинированное значение массы топ-кварка на событиях с парами топ-кварк–анти топ-кварк. Использованы данные из результатов **Run-I** (1992–1996 г.) и **Run-II** (с 2001 г.), полученные с участием дубненской группы на полной интегральной светимости экспе-

римента CDF. С учетом корреляции ошибок различных измерений получено предварительное значение массы топ-кварка  $M_{\text{top}} = (173,16 \pm 0,57 (\text{стат.}) \pm 0,74 (\text{сист.})) \text{ ГэВ}/c^2$ , что соответствует полной неопределенности  $M_{\text{top}} = (173,16 \pm 0,93) \text{ ГэВ}/c^2$ , или 0,54 %-й точности [21].

В 2014 г. в эксперименте **BES-III** были продолжены исследования чармонийподобных резонансов. Найдены новые моды распада заряженных состояний  $Z_c^\pm$ , а также обнаружена нейтральная частица  $Z_c^0(4020)$ , предположительно являющаяся изоспиновым партнером заряженного состояния  $Z_c^\pm(4025)$  [22, 23]. Также в 2014 г. получено значение массы тау-лептона:  $M_\tau = (1776,91 + 0,16 - 0,18) \text{ МэВ}/c^2$ . Точность этого результата BES-III практически не уступает точности всех прежних измерений вместе взятых [24].

В прецизионных измерениях  $B(D^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu)$  псевдоскалярной константы распада  $f_D^+$  и матричного элемента  $|V_{cd}|$  были использованы данные эксперимента BES-III с суммарной светимостью  $2,92 \text{ фб}^{-1}$  при энергии 3,773 ГэВ в с. ц. м. Измерена величина парциальной ширины распада  $B(D^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu) = (3,71 \pm 0,19 (\text{стат.}) \pm 0,06 (\text{сист.})) \cdot 10^{-4}$ . Это значение в сочетании с величиной  $|V_{cd}|$ , определенной на основе наилучшего приближения в рамках Стандартной модели, позволило оценить величину  $f_D^+ = (203,2 \pm 5,3 \pm 1,8) \text{ МэВ}$ . С использованием же величины  $f_D^+$ , полученной на основе LQCD-расчетов, найдено значение  $|V_{cd}| = 0,2210 \pm 0,0058 \pm 0,0047$ . Все полученные значения — наиболее точные результаты измерений рассматриваемых величин [25].

В рамках эксперимента **DIRAC** наблюдается  $178 \pm 49 (3,6\sigma)$  характерных  $\pi K$ -пар от развала  $\pi K$ -атомов в Ni-мишени, а также оценено число родившихся  $\pi K$ -атомов:  $653 \pm 42$ . Это позволило осуществить первое измерение времени жизни  $\pi K$ -атома  $\tau = (2,5_{-1,8}^{+3,0}) \text{ фс}$  и впервые измерить изоспин-нечетную комбинацию  $S$ -волновых длин  $\pi K$ -рассеяния  $|a_0^-| = \frac{1}{3}|a_{1/2} - a_{3/2}| = (0,11_{-0,04}^{+0,09}) M_\pi^{-1}$ . Получены предварительные результаты специального эксперимента по наблюдению долгоживущих (метастабильных) состояний  $\pi^+ \pi^-$ -атома. Число наблюдаемых характерных  $\pi\pi$ -пар от развала долгоживущих состояний составляет  $380 \pm 53 (7,2\sigma)$ . Наблюдение долгоживущих состояний открывает возможность измерения разности уровней энергий  $ns$ - и  $np$ -состояний — лэмбовского сдвига [26].

В сеансах набора статистики эксперимента **PEN** было зарегистрировано около  $23 \cdot 10^6$  распадов  $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu$  и более  $150 \cdot 10^6$  распадов  $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$ , а также большое количество радиационных распадов мюонов и пионов. Проводится комплексный анализ этих данных методом максимального правдоподобия с использованием слепой идентификации для определения нового эксперименталь-

ного значения  $R_{e/\mu}^\pi$ . Полная обработка данных по  $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu$  позволит получить ограничение на  $F_V - F_A$  из  $SD^-$ -структурно-зависимой амплитуды, а из данных по  $\mu \rightarrow e \nu \nu \gamma$  уточнить значение параметра Мишеля  $\eta$ .

Эксперимент по поиску распада  $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$  проводится международной коллаборацией **MEG** на мюонном пучке ускорителя PSI в Швейцарии. Настоящее ограничение на верхнюю границу вероятности распада  $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ :  $5,7 \cdot 10^{-13}$  (90 %-й С.Л.). Полная обработка набранных данных позволит уменьшить это значение еще примерно в 1,5 раза. В рамках эксперимента была также измерена вероятность радиационного распада поляризованного мюона [27]. Проводится комплексная модернизация установки MEG (MEG-II), которая должна обеспечить достижение уровня чувствительности  $6 \cdot 10^{-14}$  к 2018 г.

На установке **ANKE** на ускорителе COSY в Юлихе выполнялись эксперименты в области адронной физики промежуточных энергий с применением поляризованных пучков и поляризованных струйных мишеней. Измерена анализирующая способность протона в упругом  $pp$ -рассеянии на малые углы при энергии 796 МэВ и пяти других энергиях в диапазоне от 1,6 до 2,4 ГэВ [28] с использованием поляризованного протонного пучка. При более высоких энергиях данные ANKE лежат значительно выше предсказаний этого же решения из волнового анализа при малых углах. Заново проведенный фазовый анализ с использованием последних результатов ANKE вместе с мировыми данными приводит к значительно лучшему описанию этих новых измерений.

Вопросы, связанные с рождением  $^3\text{He}$ , изучались во взаимодействиях поляризованного дейтронного пучка с протонами. Измерение дейтронной тензорной анализирующей способности  $t_{20}$  в реакции  $d \rightarrow p \rightarrow ^3\text{He} \eta$ , с малыми шагами по избыточной энергии до 11 МэВ, показало, что взаимодействие в конечном состоянии, вызывающее вариации энергии, не подвержено влиянию спиновой конфигурации во входном канале [29].

В части проекта, связанной с экспериментом PAX, прежние данные по исследованию деполяризации пучка были проанализированы заново с использованием более совершенной процедуры. Это позволило понизить верхний предел сечения электрон-протонной передачи спина в три раза [30] и сделать еще более надежным вывод о невозможности использования метода передачи спина для поляризации пучка.

В 2014 г. проводилась подготовка экспериментального оборудования установки **TRITON**, расположенной на мюонном канале фазотрона ЛЯП, для исследования ядерной реакции синтеза из состояния мюонной молекулы  $p\mu$ . В ходе подготовки осуществлена разработка программ off-line анализа экс-

периментальных данных. Проведено моделирование методом Монте-Карло физических процессов с учетом реальной геометрии эксперимента [31].

В рамках проекта **NN-GDH** в эксперименте по комптоновскому рассеянию поляризованных фотонов на поляризованных протонах, проведенном совместно с коллаборацией A2 на ускорителе MAMI (Майнц, Германия), в декабре 2014 г. из Дубны в Майнц был доставлен 1К-криостат, разработанный и созданный в ЛЯП ОИЯИ для совместных экспериментальных работ.

В 2014 г. в рамках проекта **MUON** продолжались исследования поведения поляризованных мюонов в веществе. Поляризованные отрицательные мюоны были использованы для изучения поведения акцепторного центра в алмазе, полученном методом химического осаждения из паровой фазы (CVD). Температурные зависимости скорости релаксации спина мюона и частоты прецессии спина измерены в диапазоне от 20 до 330 К в магнитном поле 14 кЭ, поперечном по отношению к спину мюона. Впервые наблюдался отрицательный сдвиг частоты прецессии спина мюона в алмазе. Этот сдвиг частоты может быть объяснен анизотропией сверхтонкого взаимодействия акцепторной примеси (бора) в алмазе [32].

Целью проекта **COMET** является поиск на ускорителе J-PARC безнейтринной конверсии мюона в электрон, которая может быть объяснена лишь за пределами Стандартной модели. В 2014 г. была отлажена технология изготовления строу-трубок с толщиной стенок 20 мкм. Изготовлена пробная партия в 100 трубок, трубки отправлены в Японию для изготовления прототипа детектора. Создано и испытано устройство для измерения натяжения трубок и проволок. На испытательном стенде проведены измерения характеристик 50 кристаллов LYSO размером  $2 \times 2 \times 12$  см. Прототип калориметра на базе этих кристаллов, а также на базе другого типа кристаллов, GSO, был испытан на электронном пучке в Тохоку (Япония). Анализ полученных данных, проведенный в Японии, и независимый анализ, выполненный в ЛЯП, привели к одинаковым выводам: кристаллы LYSO показали лучшие и удовлетворяющие требованиям эксперимента характеристики. На основании этого коллаборация COMET решила со-

здавать электромагнитный калориметр на базе кристаллов именно этого типа.

На  $4\pi$ -установке **FASA** на выведенном пучке ускорителя нуклотрон в Дубне изучена ядерная фрагментация для взаимодействия  $d(4,4 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$ . Проводился сравнительный анализ экспериментальной корреляционной функции для относительных углов IMF-IMF с расчетом по статистической модели мультифрагментации (SMM) для определения полной временной шкалы процесса. Показано, что фрагментация горячих ядер происходит с задержкой  $\approx 100$  фм/с по отношению к моменту взаимодействия. Анализ спектров кинетических энергий фрагментов показал наличие радиального потока 0,12 с для взаимодействия  $d(4,4 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$  [33].

В рамках эксперимента **LESY** впервые с использованием плазменных импульсных ускорителей получен спектр важных результатов по измерению как потенциалов электронного экранирования, так и энергетических зависимостей астрофизических  $S$ -факторов для  $pd$ -реакции, протекающей в дейтеридах титана и циркония [34, 35]. Впервые получена информация об энергетической зависимости выхода нейтронов из  $d(d, n)^3\text{He}$ -реакции, протекающей в текстурированной мишени из дейтерида титана с преимущественной ориентацией микрокристаллов в направлении  $\{100\}$ . Показано, что энергетическая зависимость фактора усиления  $dd$ -реакции описывается не только потенциалом экранирования, но и в рамках простого учета эффектов каналирования дейтронов в кристаллической решетке [36].

Наиболее значимым результатом мюонной группы проекта **PANDA** в 2014 г. стало утверждение технического проекта международной комиссией экспертов и Советом FAIR. Это потребовало значительных усилий по демонстрации успешной работы прототипов детектора и изучению эффектов старения, циркуляции газа. В 2014 г. группа ОИЯИ продолжила разработку физической программы и программного обеспечения эксперимента PANDA. В частности, в моделирование PandaRoot были включены новые генераторы событий моделей Fritiof и DPM, а также сделаны предложения о возможности изучения процессов, расширяющих физическую программу эксперимента.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В НЭОМАП ЛЯП создан лазерный детектор углового колебания поверхности Земли — прибор новой конструкции, на котором достигнуто разрешение  $5 \cdot 10^{-9}$  рад. Этот результат является принципиально важным, поскольку открывает новые возможности прецизионного исследования угловых колебаний поверхностей. Детектор может дать начало новому по-

колению инструментов для решения многих фундаментальных проблем науки и техники. Ключевая идея конструкции лазерного детектора — использование вектора гравитации в качестве высокостабильного опорного направления, гарантирующего горизонтальность поверхностного слоя жидкости, отражающей лазерный луч [37].

В СЭО ЛЯП в 2014 г. были проведены девять сеансов исследований материалов методом позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС) на образцах нержавеющей стали 304 AISI. Изучалось влияние термического окисления этого материала. Образцы были отожжены в вакууме, в воздухе и атмосфере  $N_2$  с различной длительностью отжига при 800 °С. Результаты показали многослойный характер оксидов, образованных на поверхности образцов 304 AISI. Вторым направлением ПАС-экспериментов были исследования образцов 304 AISI нержавеющей стали после водородной мультиимплантации. Образцы облучались ионами  $H^+$  с различными значениями энергий и доз. Оценены профили дефектов. Наблюдалась две области с постоянной концентрацией дефектов и область, где концентрация дефектов уменьшается [38].

На базе Медико-технического комплекса ЛЯП проводятся медико-биологические и клинические исследования по лечению онкологических больных, совершенствование оборудования и аппаратуры и разработка новых методов лучевой терапии и сопутствующей диагностики онкологических больных на медицинских адронных пучках фазотрона ОИЯИ.

Совместно с Медицинским радиологическим научным центром (Обнинск) и радиологическим отделением МСЧ-9 проводились регулярные сеансы протонной терапии по клиническому исследованию эффективности при лечении различных новообразований. В течение года проведено семь лечебных циклов суммарной продолжительностью 26 недель. На медицинском протонном пучке курс фракционированного лучевого лечения прошли 76 пациентов, при этом общее количество протонных терапевтических облучений (полей) превысило 5000. Кроме того, на гамма-аппарате «Рокус-М» были пролечены еще 28 пациентов.

Продолжались работы по разработке и созданию программно-аппаратного комплекса для макета многолепесткового коллиматора протонного пучка на 4 пары пластин. Макет послужит прообразом полномасштабного варианта устройства на 33 пары пластин, необходимого для реализации так называемого динамического метода облучения протонным пучком различных новообразований. С этой же целью продолжено создание компьютеризированного замедлителя переменной толщины для протонного пучка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avrorin A. V. et al. Data Acquisition System of the NT1000 Baikal Neutrino Telescope // Instr. Exp. Tech. 2014. V. 57, No. 3. P. 262–273.
2. An F. P. et al. (Daya Bay Collab.). Search for a Light Sterile Neutrino at Daya Bay // Phys. Rev. Lett. 2014. V. 113. P. 141802.
3. Bellini G. et al. (Borexino Collab.). Neutrinos from the Primary Proton-Proton Fusion Process in the Sun // Nature. 2014. V. 512. P. 383.
4. Bellini G. et al. (Borexino Collab.). Final Results of Borexino Phase-I on Low-Energy Solar Neutrino Spectroscopy // Phys. Rev. D. 2014. V. 89. P. 112007.

Совместно с сотрудниками отдела радиационной дозиметрии Института ядерной физики (Прага, Чехия) и Центра протонной терапии в Праге (РТС) проводились работы по измерению фоновых условий на сканирующем протонном пучке в кабине протонной терапии РТС с использованием термолюминесцентных детекторов. Совместно с сотрудниками ЛРБ ОИЯИ, ИМБП (Москва) проводились работы по изучению воздействия протонов с различными значениями ЛПЭ на биологические объекты. Совместно с сотрудниками Великопольского онкологического центра (Познань, Польша) на протонном пучке с использованием радиохромных пленок и гетерогенного фантома Алдерсона были продолжены эксперименты по верификации всех технологических этапов подготовки и проведения терапевтического облучения пациентов.

Исследована зависимость эффективности снижения радиационного поражения мышей с помощью лазерного излучения от интервала времени между облучениями. Результаты экспериментов показали, что снижение радиационного поражения мышей с помощью лазерного излучения в дозе 1 мДж/см<sup>2</sup> возможно через 24 ч после воздействия ионизирующего излучения в дозе 5 Гр, приводящей к костномозговой форме острой лучевой болезни. При летальной дозе ионизирующего излучения 7 Гр, приводящей к переходной форме ОЛБ, увеличение продолжительности жизни мышей наблюдается при использовании лазерного излучения как через 2, так и через 24 ч после воздействия ионизирующего излучения, однако эффективность лазера при использовании через 2 ч после поражения ионизирующим излучением существенно эффективнее [39].

Методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) изучена молекулярная природа 62  $\gamma$ - и нейтрон-индуцированных наследуемых «точковых» мутаций гена *cinnabar D. melanogaster*. Установлены два типа мутационных изменений, в виде внутригенных делеций разной величины, с одной стороны, и микроповреждения, не детектируемые этим методом, с другой, при двукратном преобладании делеций после действия нейтронов. Методом секвенирования получены первые результаты, свидетельствующие о генной конверсии, т.е. процессе замещения радиационно-поврежденного гена в облученной отцовской хромосоме геном из необлученной материнской хромосомы, в ранней зиготе после сингамии [40].

5. Anfimov N., Samoylov O., Sotnikov A. NOvA FEB Crosstalk Measurements. NOvA internal Note — DocDB #11405
6. Agafonova N. *et al.* Observation of Tau Neutrino Appearance in the CNGS Beam with the OPERA Experiment // Progress of Theor. and Exp. Phys. 2014. P. 101C01.
7. Agafonova N. *et al.* Procedure for Short-Lived Particle Detection in the OPERA Experiment and Its Application to Charm Decays // Eur. Phys. J. C. 2014. V. 74, Iss. 8. P. 2986.
8. Agafonova N. *et al.* Measurement of the TeV Atmospheric Muon Charge Ratio with the Complete OPERA Data Set // Eur. Phys. J. C. 2014. V. 74, Iss. 7. P. 2933.
9. Arnold R. *et al.* Search for Neutrinoless Double Beta Decay of  $^{100}\text{Mo}$  with the NEMO-3 Detector // Phys. Rev. D. 2014. V. 89. P. 111101 (R).
10. Arnold R. *et al.* Investigation of Double Beta Decay of  $^{100}\text{Mo}$  to Excited States of  $^{100}\text{Ru}$  // Nucl. Phys. A. 2014. V. 925. P. 25–36.
11. Remoto A. *on behalf of NEMO-3 and SuperNEMO Collabs.* Latest Results from NEMO-3 and Status of SuperNEMO // Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 2014.
12. Agostini M. *et al.* The Background of the  $0\nu\beta\beta$  Experiment GERDA // Eur. Phys. J. C. 2014. V. 74. P. 2764.
13. Agostini M. *et al.* Results on Neutrinoless Double Beta Decay of  $^{76}\text{Ge}$  from Phase I of the GERDA Experiment // Phys. Rev. Lett. 2013. V. 111. P. 122503.
14. Agostini M. *et al.* Upgrade of the GERDA Experiment // Proc. Science, PoS(TIPP2014)109.
15. ATLAS Collab. ATLAS-COM-PHYS-2013-1446 // Phys. Rev. D. 2014. V. 90. P. 052005.
16. ATLAS Collab. ATL-COM-PHYS-2014-929, to be submitted to JHEP.
17. ATLAS Collab. Observation of the Decay  $\Lambda 0 b \rightarrow \psi(2S)\Lambda 0$  with the ATLAS Detector. ATL-COM-PHYS-2014-180.
18. Bardin D. *et al.*  $J$  Functions for the Process  $ud \rightarrow WA$ . arXiv:1411.6845.
19. Aad G. *et al.* (ATLAS Collab.). Measurement of the Low-Mass Drell–Yan Differential Cross Section at  $\sqrt{s} = 7$  TeV Using the ATLAS Detector // JHEP. 2014. V. 1406. P. 112. arXiv:1404.1212.
20. Sadykov R. Impact of QED Radiative Corrections on Parton Distribution Functions. arXiv:1401.1133.
21. CDF Collab. Final Combination of the CDF Results on Top-Quark Mass. CDF Note 11080. 2014.
22. Ablikim M. *et al.* // Phys. Rev. Lett. 2014. V. 112. P. 022001.
23. Ablikim M. *et al.* // Phys. Rev. Lett. 2014. V. 112. P. 132001.
24. Ablikim M. *et al.* // Phys. Rev. D. 2014. V. 90. P. 012001.
25. Ablikim M. *et al.* // Phys. Rev. D. 2014. V. 89. P. 052001.
26. DIRAC Collab. // Phys. Lett. B. 2014. V. 735. P. 288–294.
27. Adam J. *et al.* // Nucl. Phys. Proc. Suppl. 2014. V. 248–250. P. 108–111.
28. Bagdasarian Z. *et al.* Measurement of the Analyzing Power in Proton–Proton Elastic Scattering at Small Angles // Phys. Lett. B. 2014. V. 739. P. 152.
29. Papenbrock M. *et al.* Absence of Spin Dependence in the Final State Interaction of the  $d \rightarrow p \rightarrow {}^3\text{He} \eta$  Reaction // Phys. Lett. B. 2014. V. 734. P. 333.
30. Oellers D. *et al.* New Experimental Upper Limit of the Electron–Proton Spin-Flip Cross-Section // Nucl. Instr. Meth. A. 2014. V. 759. P. 6.
31. Богданова Л. Н., Демин Д. Л., Фильченков В. В. Изучение механизма мюонного катализа реакции синтеза  $t + t$  // ЯФ. 2015. Т. 78, № 1–2. С. 1–11.
32. Mamedov T. N. *et al.* Muonic Atom as an Acceptor Centre in Diamond // J. Phys.: Conf. Ser. 2014. V. 551. P. 012046.
33. Avdeev S. *et al.* Electrical Properties of Deuteron Irradiated High Resistivity Silicon // Nucl. Instr. Meth. B. 2014. V. 325. P. 107–114.
34. Bystritsky V. M. *et al.* First Experimental Evidence of  $p(d, \gamma){}^3\text{He}$  Reaction in Deuteride Titanium in Ultralow Collision Energy Region // Nucl. Instr. Meth. A. 2014. V. 753. P. 91–96.
35. Bystritsky V. M. *et al.* Study of the  $p(d, \gamma){}^3\text{He}$  Reaction at Ultralow Energies Using a Zirconium Deuteride Target // Nucl. Instr. Meth. A. 2014. V. 737. P. 248–252.
36. Bystritsky V. M. *et al.* Experimental Verification of Hypothesis of  $dd$  Reaction Enhancement by Channeling of Deuterons in Titanium Deuteride at Ultralow Energies // Nucl. Instr. Meth. A. 2014. V. 764. P. 42–47.
37. Будагов Ю. А., Ляблин М. В. Патент РФ № 2510488. Устройство для измерения угла наклона.
38. Хородек П. и др. Развитие метода позитронной спектроскопии на установке LEPTA // Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т. 11, № 5(189). С. 1092–1098.
39. Voskanyan K. *et al.* Reduction of Radiation Damage in Mice after Acute and Prolonged Irradiation with Gamma Rays by Means of Laser Device // J. Phys. Sci. and Appl. 2014. V. 4(8). P. 501–506.
40. Давкова Л. Н., Александров И. Д., Александрова М. В. // Радиационная биология. Радиэкология. 2014. Т. 54, № 1. С. 5–20.





# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г. Н. ФЛЕРОВА

В 2014 г. научная программа Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова в области физики тяжелых ионов включала в себя эксперименты по синтезу и исследованию свойств тяжелых и экзотических ядер с использованием пучков ускоренных ионов стабильных и радиоактивных изотопов, изучение механизма ядерных реакций, развитие ускорительной техники, изучение взаимодействия тяжелых ионов с конденсированными средами, а также прикладные исследования. Эти направления исследований были представлены в трех лабораторных темах:

- синтез и свойства ядер на границах стабильности (девять проектов);
- радиационные эффекты и физические основы нанотехнологий, радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР (пять проектов);
- ускорительный комплекс пучков ионов стабильных и радиоактивных нуклидов (проект DRIBs-III) (девять проектов).

Время работы основных ускорителей ЛЯР в 2014 г. составило 10 630 ч.

## **DRIBs-III. УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПУЧКОВ ИОНОВ СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ**

Одним из основных проектов ОИЯИ является проект DRIBs-III (Dubna Radioactive Ion Beams). В рамках реализации проекта в 2014 г., в соответствии с решениями Ученого совета ОИЯИ и ПКК по ядерной физике, выполнены следующие работы.

1. Сооружение нового циклотрона ДЦ-280:
  - на Новокраматорском машиностроительном заводе (Украина) изготовлен и собран основной магнит циклотрона ДЦ-280 (рис. 1), проведены измерения его геометрических параметров. Началась поставка деталей магнита в ОИЯИ;



Рис. 1. Сборка сепаратора ACCULINNA-2 в экспериментальном зале циклотрона У-400М

- в ОИЯИ поставлен выводной магнит циклотрона ДЦ-280.

2. Экспериментальный корпус: практически завершены строительные работы на первом этаже экспериментального корпуса, включая зал ускорителя, экспериментальный зал и лабораторные помещения.

3. Лабораторный корпус:

- корпус принят в эксплуатацию;
- завершен монтаж и идет наладка оборудования.

4. В соответствии с контрактом, заключенным с компанией «SigmaPhi», в рамках создания установки ACCULINNA-2 в 2014 г. было изготовлено и поставлено в ОИЯИ все предусмотренное контрактом оборудование. В настоящее время в экспериментальном зале У-400М продолжается монтаж фрагмент-сепаратора.

Заключен контракт с компанией «SigmaPhi» на конструирование и изготовление магнита нулевого градуса для установки ACCULINNA-2. Контрактом предусмотрена поставка магнита в конце 2016 г.

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЯДЕР НА ГРАНИЦАХ СТАБИЛЬНОСТИ

**Синтез новых элементов.** В 2014 г. проведены эксперименты по синтезу и изучению радиоактивных свойств нейтронодефицитных изотопов флеровия (элемента 114) и продуктов их  $\alpha$ -распада, синтезированных в реакциях полного слияния  $^{239,240}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ . Работа выполнена на газонаполненном сепараторе ЛЯР ОИЯИ в сотрудничестве с лабораториями в

Ок-Ридже (ORNL), Ливерморе (LLNL), Ноксвилле (UT), Нэшвилле (VU) и Димитровграде (НИИАР).

Основные результаты работы приведены в таблице. Спонтанно делящийся изотоп  $^{284}\text{Fl}$  был впервые получен в реакциях  $^{239}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 3n)$  и  $^{240}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 4n)$ , а изотоп  $^{285}\text{Fl}$  — в реакции  $^{240}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 3n)$ . Ранее только одна цепочка распада

Мишень	Толщина, мг/см <sup>2</sup>	$E_{\text{лаб}}$ , МэВ	$E^*$ , МэВ	Доза $^{48}\text{Ca}$	Число ядер $^{284}\text{Fl}/^{285}\text{Fl}$
$^{239}\text{Pu}$	0,51	245	35,4–40,0	$1,4 \cdot 10^{19}$	1/–
$^{240}\text{Pu}$	0,49	245	36,5–41,1	$4,0 \cdot 10^{18}$	–/3
$^{240}\text{Pu}$	0,49	250	40,9–45,4	$4,7 \cdot 10^{18}$	4/–

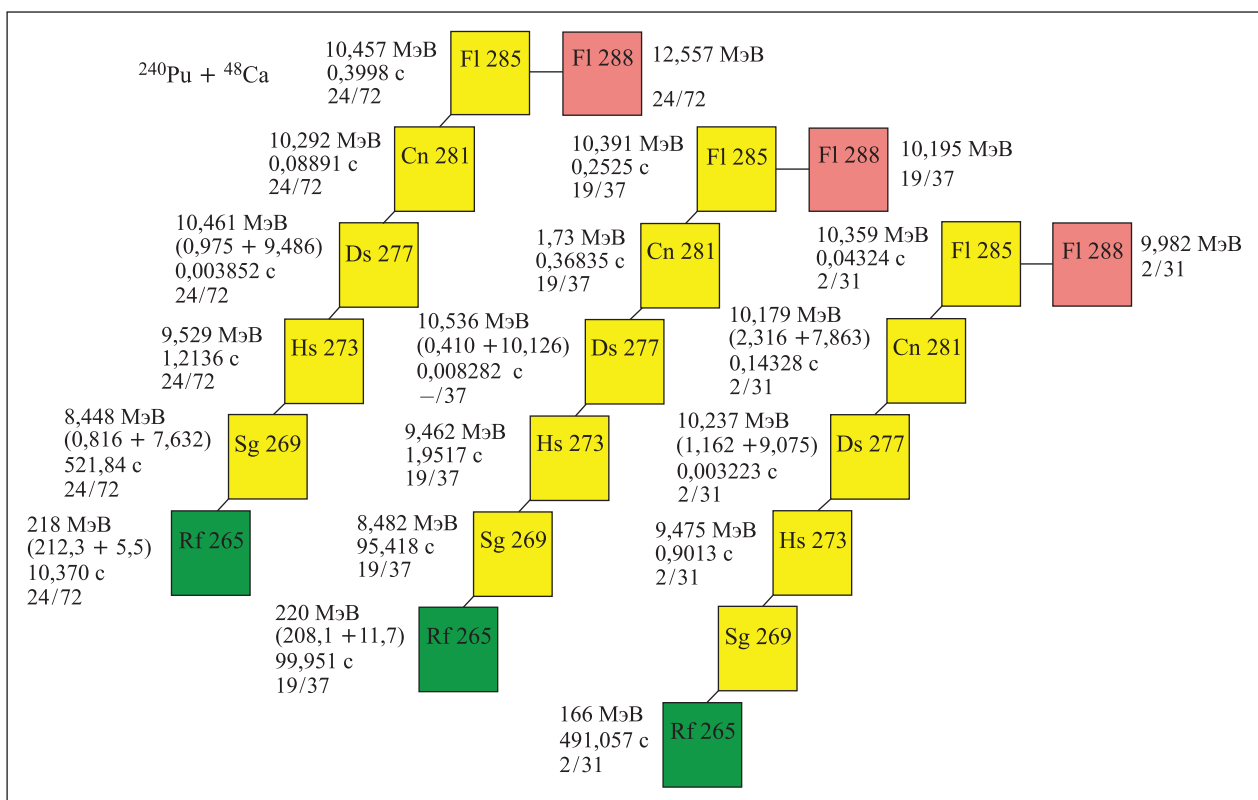


Рис. 2. Цепочки распада материнского ядра  $^{285}\text{Fl}$ , зарегистрированные в реакции  $^{240}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$

$^{285}\text{Fl}$  была зарегистрирована в реакции  $^{242}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 5n) ^{285}\text{Fl}$  в Беркли (США), однако энергия  $\alpha$ -частицы  $^{285}\text{Fl}$  не была измерена. Цепочки распада этого ядра показаны на рис. 2.

Сечения реакций  $^{239}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$  и  $^{240}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$  оказались приблизительно в 50 и 5 раз меньше сечения образования изотопов Fl в реакции  $^{244}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ . Наряду с повышенным ростом энергии  $\alpha$ -распада  $^{285}\text{Fl}$  по сравнению с более тяжелыми изотопами Fl, падением периода полураспада и доминированием спонтанного деления над  $\alpha$ -распадом для изотопа  $^{284}\text{Fl}$ , значительное падение сечений испарительных каналов реакций указывает на приближение к границе стабильности сверхтяжелых ядер в области нейтронодефицитных изотопов.

Некоторые результаты, полученные ранее, в 2014 г. были опубликованы в работах [1, 2].

**Химия трансактиноидов.** Завершен анализ экспериментальных данных по изучению химических свойств сверхтяжелых элементов 113, Sn и Fl, полученных в реакциях  $^{243}\text{Am} (^{48}\text{Ca}, 2n)$  и  $^{242,244}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, xn)$  в 2013 г. Впервые продемонстрирована высокая летучесть химических соединений элемента 113 и слабое взаимодействие с инертными поверхностями, а также исследована адсорбция на поверхности золота. Поведение элемента 113 позволяет сравнить его адсорбционные свойства со свойствами ртути и астата в условиях эксперимента. Полученные в ходе эксперимента результаты являются дополнительным независимым подтверждением синтеза новых элементов 113 и 115 в реакции полного слияния  $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$  [3].

Для изучения летучести Sn и Fl использовался термохроматографический метод. Было зарегистрировано семь цепочек распада  $^{287}\text{Sn}$  и  $^{289}\text{Sn}$ . Диапазон температур осаждения Sn находится в интервале температур от  $-25$  до  $-75$  °С. Анализ эмпирических корреляций энтальпий сублимации элементов 12-й группы Периодической таблицы Д. И. Менделеева показал, что Sn, обладая достаточно высокой летучестью, все еще продолжает экстраполяции химических свойств внутри группы, т. е. обладает металлическими свойствами.

На основе газонаполненного сепаратора была создана установка, объединившая возможности физического и химического сепарирования продуктов ядерных реакций. Эксперимент по изучению химических свойств элемента 113 на новой установке запланирован на 2015 г.

**Сепаратор VASSILISSA.** В 2014 г. продолжалась настройка и проводились тестовые эксперименты на модернизированном сепараторе SHELS. Измерялись коэффициенты транспортировки ядер отдачи, синтезируемых в реакциях с пучками  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{50}\text{Ti}$  [4, 5]. Впервые в экспериментах использовался новый многостриповый ( $128 \times 128$  стрипов) детектор большой площади

( $10 \times 10$  см). Экспериментально подтверждено увеличение трансмиссии ядер отдачи как минимум в два раза. В первом физическом эксперименте с пучком  $^{22}\text{Ne}$  детально изучались свойства распада изотопа  $^{224}\text{U}$ , синтезированного в реакции полного слияния  $^{22}\text{Ne} + ^{206}\text{Pb} \rightarrow ^{224}\text{U} + 4n$ , и свойства дочерних продуктов его распада. Новые результаты для изотопа  $^{224}\text{U}$  опубликованы в работе [6]. На рис. 3 представлен спектр, демонстрирующий новую моду  $\alpha$ -распада на  $2^+$ -уровень  $^{220}\text{Th}$ . Кроме этого, исследовался распад  $8^+$ -изомерного состояния в  $^{210}\text{Ra}$  и тонкая структура распада изотопа  $^{221}\text{Th}$ .

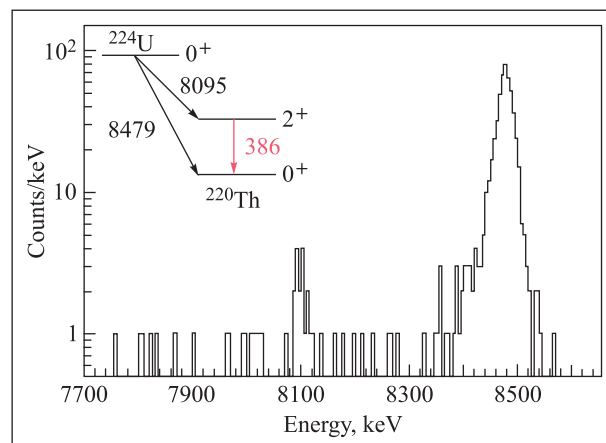


Рис. 3. Спектр  $\alpha$ -распада  $^{220}\text{Th}$

В экспериментах с тяжелыми ионами  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{50}\text{Ti}$  изучались свойства спонтанного деления изотопов  $^{250,252,254}\text{No}$  и  $^{256}\text{Rf}$  с применением нейтронного детектора в фокальной плоскости сепаратора SHELS. Использовались реакции полного слияния  $^{48}\text{Ca} + ^{204,206,208}\text{Pb} \rightarrow ^{250,252,252}\text{No} + 2n$ ,  $^{50}\text{Ti} + ^{208}\text{Pb} \rightarrow ^{256}\text{Rf} + 2n$ . Зарегистрировано более 1500 событий спонтанного деления изотопа  $^{256}\text{Rf}$ .

**Масс-спектрометр MASHA.** В течение 2014 г. группой масс-сепаратора MASHA были выполнены следующие основные работы.

1. Модернизирована система измерения постоянных токов от 192 стрипов в фокальной плоскости, позволяющая оперативно настраивать комплекс «ЭЦР-источник – масс-спектрометр» [7].

2. Произведена работа по замене электроники системы регистрации для кремниевого детектора фокальной плоскости типа колодец. Произведен перевод 448 спектрометрических трактов из стандарта SAMAC в стандарт PXI на основе современной цифровой электроники, позволяющей анализировать форму сигнала.

3. Создан пакет программного обеспечения, позволяющий в процессе эксперимента производить наблюдение за спектрами, поступающими от вновь созданной системы регистрации, а также вести оперативную сортировку данных.

4. Спроектирован и создан узел, предназначенный для измерения сечений реакций полного слияния с тяжелыми ионами. Произведено моделирование экспериментов по измерению сечений образования нейтронодефицитных изотопов в реакциях  $^{40}\text{Ar} + ^{144}\text{Sm}$  и  $^{40}\text{Ar} + ^{166}\text{Er}$ .

5. Выполнен комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасные условия проведения экспериментов с радиоактивными мишенями: налажен непрерывный контроль  $\alpha$ -активности внутри мишенной камеры, в форвакуумной линии, а также контроль радиационной обстановки воздушной среды вокруг мишенного узла.

6. Продолжается эксперимент по измерению массы  $^{283}\text{Sn}$ , получающегося как дочерний продукт  $\alpha$ -распада  $^{287}\text{Fl}$  в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$ .

7. Обработаны данные экспериментов 2013 г., по результатам подготовлено две статьи для публикации в материалах конференции EXON-2014.

**Динамика взаимодействия тяжелых ядер, деление тяжелых и сверхтяжелых ядер.** В 2014 г. был закончен анализ массово-энергетических распределений бинарных фрагментов, образованных в реакциях  $^{48}\text{Ca} + ^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{244}\text{Pu}$  и  $^{248}\text{Cm}$  при энергиях вблизи кулоновского барьера. Установлено, что основным процессом является асимметричное квазиделение, обусловленное влиянием замкнутых нейтронных и протонных оболочек с  $Z = 28, 82$  и  $N = 50, 126$ . Из измеренных сечений захвата и полученных в результате анализа массово-энергетических распределений вероятностей слияния для реакций  $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$  и  $^{48}\text{Ca} + ^{248}\text{Cm}$  был найден нижний предел выживаемости  $\sim 10^{-10}$  для составных ядер Fl и Lv [8].

Кроме этого, продолжались исследования влияния оболочечных эффектов на формирование нейтронообогащенных бинарных фрагментов, образованных в реакциях многоуклонных передач. На ускорителе У-400 на установке CORSET был проведен эксперимент по измерению массовых, энергетических и угловых распределений бинарных фрагментов, образованных в реакциях  $^{156,160}\text{Gd} + ^{186}\text{W}$  при энергиях вблизи кулоновского барьера. В результате эксперимента в области масс 200–215 а.е.м. было обнаружено значительное увеличение выхода фрагментов в случае реакции как с ионами  $^{156}\text{Gd}$ , так и  $^{160}\text{Gd}$  [9].

В 2014 г. на ускорителе ALTO (IPN, Орсе, Франция) был проведен эксперимент по изучению деления ядра  $^{220}\text{Th}^*$ , полученного в реакции  $^{34}\text{S} + ^{186}\text{W}$  при энергии пучка ионов серы  $E_{\text{lab}} = 160$  МэВ. Осколки деления  $^{220}\text{Th}^*$  регистрировались с помощью двухплечевого времяпролетного спектрометра CORSET.  $\gamma$ -кванты в совпадении с бинарными продуктами реакции измерены с помощью высокоэффективного  $\gamma$ -спектрометра ORGAM. Измерение двух скоростей осколков дало возможность применить коррекцию

на доплеровский сдвиг энергии зарегистрированных  $\gamma$ -квантов. Регистрация множественных  $\gamma$ -квантов, испущенных парными осколками деления, позволяет идентифицировать конкретную пару осколков, образующуюся в одном акте деления. Как первый шаг обработки данных, были исследованы три пары осколков, а именно: Mo + Cd, Sn + Zr и Kr + Xe. Предварительные результаты были представлены на международной летней школе в Румынии [10].

**Структура экзотических ядер.** В 2014 г. завершен анализ данных эксперимента по исследованию редких каналов распада ядра  $^{17}\text{Ne}$ , полученного в реакции  $^1\text{H} (^{18}\text{Ne}, d) ^{17}\text{Ne}$  на установке ACCULINNA. Исследования проводились с целью поиска редкой ветки истинного  $2p$ -распада из первого возбужденного состояния  $^{17}\text{Ne}$  ( $J^\pi = 3/2^-$ ,  $E^* = 1,288$  МэВ), для которой теория предсказывает очень низкую вероятность по отношению к вероятности  $\gamma$ -распада, представляющего основной канал распада этого состояния,  $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma \sim 10^{-5}$ . В результате установлен новый верхний предел отношения  $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma$  на уровне  $\sim 1,5 \cdot 10^{-4}$ , что значительно ниже известного из литературы значения  $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma < 7,7 \cdot 10^{-3}$ .

Изучались методы диагностики вторичного пучка с помощью кремниевых и алмазных детекторов для сепараторов ACCULINNA и ACCULINNA-2. Специально разработанные Si-детекторы и несколько алмазных CVDD-детекторов, взятых в качестве реперных, протестированы на пучке тяжелых ионов ускорителя У-400М. Впервые получены уникальные данные для кремния по радиационному воздействию (деградации) при облучении ионами  $^{40}\text{Ar}$  с энергией 40 МэВ/нуклон в широком диапазоне доз  $10^8 - 10^{13}$  част./см<sup>2</sup>. Также испытаны новые блоки быстродействующей электроники (широкополосные предусилители и дигитайзеры), которые в сочетании с Si-детекторами обеспечивают временную привязку с высокой точностью ( $\sigma_t \sim 20$  пс).

В рамках долгосрочного контракта между ОИЯИ и компанией «SigmaPhi» осуществлена поставка оборудования для нового сепаратора ACCULINNA-2 и проделан большой объем работ по его монтажу.

Основные результаты опубликованы в работах [11, 12].

**Реакции с пучками легких стабильных и радиоактивных ядер.** В 2014 г. был проведен цикл исследований легких нейтроноизбыточных ядер, в результате которого определены параметры потенциала ядер  $^{6,8}\text{He}$  и  $^{24}\text{O}$ , распределения плотностей и эффективные радиусы взаимодействия. На установке ACCULINNA получены абсолютные значения сечений и эффективные радиусы взаимодействия для разных мишеней в зависимости от энергии вторичного пучка. Показано, что сечения образования нейтроноизбыточных изотопов O, F, Ne, Ca в реакциях глубоконеупругих передач в некоторых случаях

оказываются гораздо больше, чем в реакциях фрагментации.

В рамках сотрудничества ЛЯР ОИЯИ с ИЯФ Орсе (Франция) проводились эксперименты по измерению нейтронной эмиссии, сопровождающей распада некоторых нейтроноизбыточных ядер. В результате измерений с использованием лазерной ионизации исследованы ядра в области замкнутых нейтронных оболочек  $N = 50$ :  $^{80,82,83,84}\text{Ga}$ ,  $^{82,83}\text{Ge}$ ,  $^{82,83}\text{As}$  и  $N = 82$ :  $^{123,124,125}\text{Ag}$ ,  $^{126}\text{Cd}$ ,  $^{127,128}\text{In}$ . Впервые для  $^{80}\text{Ga}$  наблюдалась изомерия — для двух состояний со спином  $J = 3$  и  $J = 6$  измерено время жизни и парциальные вероятности запаздывающей нейтронной эмиссии. Кроме того, получено подтверждение наличия изомерии в ядре  $^{83}\text{Ga}$ . Также измерены с высокой точностью времена жизни  $^{123,124,125}\text{Ag}$ . Впервые обнаружена и измерена вероятность нейтронной эмиссии для ядра  $^{126}\text{Cd}$ . На основании систематики запаздывающей нейтронной эмиссии сделан важный вывод о том, что в области  $^{132}\text{Sn}$  не происходит ослабления замкнутой оболочки  $N = 82$ .

В экспериментах, проведенных совместно с Институтом ядерной физики (Ржеж, Чешская Республика) и Циклотронной лабораторией Юваскюльского университета (JYFL, Финляндия), измерялось упругое и квазиупругое рассеяние в реакциях  $^9\text{Be} (^3\text{He}, ^3\text{He}^*) ^9\text{Be}$  и  $^9\text{Be} (\alpha, \alpha) ^9\text{Be}$  при энергиях около 40 МэВ. Кроме этих каналов изучались реакции передачи нуклонов  $^9\text{Be} (^3\text{He}, \alpha ^8\text{Be}, ^9\text{Be} (^3\text{He}, ^5\text{He}) ^7\text{Be}$ ,  $^9\text{Be} (^3\text{He}, t) ^9\text{B}$ . При анализе полученных дифференциальных угловых распределений  $^9\text{Be}$  возбужденному состоянию с энергией 11,3 МэВ было приписано новое значение спина  $9/2^-$ . При описании углового распределения для этого уровня  $^9\text{Be}$  необходимо было ввести октадекапольную деформацию, что свидетельствует о наличии  $\alpha + ^5\text{He}$ -кластеризации  $^9\text{Be}$ . На основе

проведенного анализа показано, что в ядре  $^{10}\text{B}$  может происходить спаривание нейтрона и протона с образованием дейтронного кластера  $\alpha + \alpha + d$ , что не может иметь место для  $^{10}\text{Be}$  как изобар-аналога из триплета  $A = 10$ .

Наиболее значимые результаты, полученные в 2014 г., опубликованы в работах [13–15].

**Теоретическая и вычислительная физика.** В 2014 г. рассчитаны сечения образования легких экзотических ядер в реакциях многонуклонных передач при низких энергиях для систем  $^{18}\text{O}$ ,  $^{26}\text{Mg}$  и  $^{36}\text{S} + ^{238}\text{U}$  [16]. Показано, что выходы достаточно экзотических нейтроноизбыточных ядер, образующихся в этих реакциях, выше примерно на два порядка величины по сравнению с реакциями фрагментации при высоких энергиях, что делает их перспективными для получения и изучения свойств легких экзотических ядер.

Показано, что для того, чтобы перераспределение нейтронов приводило к усилению подбарьерного слияния, не достаточно только наличия положительных  $Q$ , как считалось ранее [17]. Установлено, что существенное усиление слияния должно наблюдаться, если сталкивающиеся ядра еще и достаточно инертны к возбуждению коллективных мод. Выяснено, что значительное усиление подбарьерного слияния легких ядер возможно лишь для реакций с участием слабосвязанных ядер.

Из анализа угловых распределений продуктов реакций малонуклонных передач получена спектроскопическая информация о возбужденных состояниях изотопов бериллия и бора в столкновениях  $^4\text{He} + ^9\text{Be}$  [13]. Сделан вывод о специфической кластерной структуре основных и низколежащих состояниях ядер  $^{9,10}\text{Be}$  и  $^{10}\text{B}$  на основе анализа реакций передач и процессов возбуждения ротационной полосы в ядрах мишени.

## РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ И РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЛЯР

### Трековые мембраны

1. Выполнены исследования диодоподобных свойств одиночных асимметричных нанопор, полученных при облучении полимерной пленки ионами с разным атомным номером. Показана взаимосвязь между формой продольного профиля пор и их вольтамперными характеристиками [18].

2. Разработан метод получения композитных металл-полимерных мембран, обладающих в растворах электролитов асимметрией проводимости. Установлено, что появление асимметрии обусловлено изменением геометрии пор, а также существованием в

порах межфазной границы раздела между исходной мембраной и слоем металла.

### Наноразмерные структуры в материалах

1. Методами просвечивающей электронной микроскопии изучены радиационные повреждения в монокристаллах  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , облученных ионами ксенона с энергией 1,2 МэВ/нуклон [19]. Установлено, что ионы ксенона создают прерывистые латентные треки, начиная с уровня удельных ионизационных потерь 9,8–10,5 кэВ/нм.

2. Методами оптической, электронной и рамановской микроскопии, рентгеноструктурного ана-

лиза, а также измерения микротвердости исследовано влияние неупругих и упругих потерь энергии высокоэнергетичными ионами Хе с энергией 160 МэВ при дозе  $1 \cdot 10^{12} - 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$  на развитие водородной пористости в кремнии и дислокационной структуры в образцах на основе оксида урана. Установлено, что при изменении величины потерь энергии ионов Хе от 0 до 13,5 кэВ/нм в области неупругих взаимодействий подавляется процесс развития водородной блистерной структуры в кремнии.

3. Выполнены исследования воздействия  $\gamma$ -квантов с пороговой энергией 10 МэВ на синтез микроструктур и образование химических элементов в образце олова, помещенного в атмосферу плотного

гелия (1,1 кбар) и в атмосферу плотного водорода (3,5 кбар).

#### Радиоаналитические и радиоизотопные исследования

Исследовано разделение и концентрирование изотопов  $^{97}\text{Ru}$ ,  $^{237}\text{U}$ ,  $^{236}\text{Pu}$ ,  $^{99}\text{Mo}$  ( $^{99}\text{Tc}$ ),  $^{236}\text{Np}$  с применением наноструктурного материала и смолы TEVA. Исследовались реакции  $^{118}\text{Sn}(\gamma, n)^{117m}\text{Sn}$ ,  $^{196}\text{Pt}(\gamma, n)^{195m}\text{Pt}$  с целью получения радиоизотопов для биомедицинских исследований.

В целом выполнение научной программы ЛЯР в 2014 г. поддержано 15 грантами РФФИ, а также грантом правительства Московской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Oganessian Yu. Ts. et al.* Study of the Properties of the Superheavy Nuclei  $Z = 117$  Produced in the  $^{249}\text{Bk} + ^{48}\text{Ca}$  Reaction // EPJ Web of Conferences. 2014. V. 66. P. 02073-1–02073-4.
2. *Sagaidak R., Andreyev A.* Effects of Beam Energy Distribution on Fusion-Evaporation Excitation Functions // Intern. J. Mod. Phys. E. 2014. V. 23. P. 1450001-1–1450001-15.
3. *Dmitriev S. N. et al.* Pioneering Experiments on the Chemical Properties of Element 113 // Mendeleev Commun. 2014. V. 24. P. 253.
4. *Yeremin A. et al.* First Experimental Tests of the SHELS Separator // PEPAN Lett. 2015. V. 12, No. 1.
5. *Yeremin A. et al.* Experimental Tests of the Acceleration of  $^{50}\text{Ti}$  Ions and Study of  $^{50}\text{Ti}$  Induced Complete Fusion Reactions with SHELS Separator // PEPAN Lett. 2015. V. 12, No. 1.
6. *Lopez-Martens A. et al.* Fine Structure in the Alpha Decay of  $^{224}\text{U}$  // Eur. Phys. J. A. 2014. V. 50. P. 132; DOI 10.1140/epja/i2014-14132-8.
7. *Родин А. М. и др.* Сепаратор MASHA на пучке тяжелых ионов для определения масс и ядерно-физических свойств изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов // ПТЭ. 2014. № 4. С. 14–22.
8. *Kozulin E. M. et al.* Fusion-Fission and Quasifission of Superheavy Systems with  $Z = 110-116$  Formed in  $^{48}\text{Ca}$ -Induced Reactions // Phys. Rev. C. 2014. V. 90. P. 054608.
9. *Kozulin E. M. et al.* Experimental Study of Heavy Ion Induced Reactions at Energies Close to the Coulomb Barrier // VII Intern. Symp. on Exotic Nuclei EXON-2014, Sept. 8–13, 2014, Kaliningrad, Russia (to be published in World Sci. Publ., 2015).
10. *Harca I. M. et al.* Investigation of Shell Effects in the Fusion-Fission Process in the Reaction  $^{34}\text{S} + ^{186}\text{W}$  // Carpathian Summer School of Physics. Exotic Nuclei and Nuclear/Particle Astrophysics (V) «From nuclei to stars», Sinaia, Romania, July 13–26, 2014, Sinaia, Romania (to be published in AIP, 2015).
11. *Sharov P. G. et al.* Anomalous Population of  $^{10}\text{He}$  States in Reactions with  $^{11}\text{Li}$  // Phys. Rev. C. 2014. V. 90. P. 024610.
12. *Golovkov M. S. et al.* Two-Proton Decay of the First Excited State of  $^{17}\text{Ne}$  Nucleus // Proc. of the VII Intern. Conf. on Exotic Nuclei, Kaliningrad, Sept. 8–13, 2014 (in press).
13. *Lukyanov S. M. et al.* Study of Internal Structures of  $^{9,10}\text{Be}$  and  $^{10}\text{B}$  in Scattering of  $^4\text{He}$  from  $^9\text{Be}$  // J. Phys. (London). 2014. V. G41. P. 035102.
14. *Skobelev N. K. et al.* Fusion and Transfer Cross Sections of  $^3\text{He}$  Induced Reaction on Pt and Au in Energy Range 10–24.5 MeV // Phys. Part. Nucl. Lett. 2014. V. 11. P. 114.
15. *Пенионжкевич Ю. Э.* Пучки радиоактивных ядер — настоящее и будущее // ЯФ. 2014. Т. 77, № 11. С. 1.
16. *Zagrebaev V. I. et al.* Formation of Light Exotic Nuclei in Low-Energy Multinucleon Transfer Reactions // Phys. Rev. C. 2014. V. 89. P. 054608.
17. *Rachkov V. A. et al.* Examining the Enhancement of Sub-Barrier Fusion Cross Sections by Neutron Transfer with Positive  $Q$  Values // Phys. Rev. C. 2014. V. 90. P. 014614.
18. *Apel P. Yu. et al.* Accurate Characterization of Track-Etched, Conical Nanopores // Phys. Chem. Chem. Phys. 2014. V. 16. P. 15214–15223; DOI: 10.1039/C4CP01686F.
19. *Skuratov V. A. et al.* On the Threshold of Damage Formation in Aluminum Oxide via Electronic Excitations // Nucl. Instr. Meth. B. 2014. V. 326. P. 223–227.



# ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2014 г. была направлена на получение новых результатов в рамках четырех тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ: по физике конденсированных сред («Исследования наносистем и новых материалов с использованием рассеяния нейтронов», 04-4-1069-2009/2014, руководители В. Л. Аксенов, А. М. Балагуров и Д. П. Козленко); по нейтронной ядерной физике («Иссле-

дования в области нейтронной ядерной физики», 03-4-1104-2011/2016, руководители В. Н. Швецов, Ю. Н. Копач, Е. В. Лычагин и П. В. Седышев); по развитию базовых установок лаборатории («Развитие реактора ИБР-2М с комплексом криогенных замедлителей нейтронов», 04-4-1075-2009/2014, руководители А. В. Белушкин и А. В. Виноградов); по развитию комплекса спектрометров ИБР-2 («Перспективные разработки и создание оборудования для спектрометров ИБР-2М», 04-4-1075-2009/2014, руководители В. И. Приходько и С. А. Куликов).

## НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Основная часть научных экспериментальных работ проводилась на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2.

В 2014 г. в рамках пользовательской программы получено 163 заявки на проведение экспериментов из 17 стран мира. Свыше 46 % заявок были направлены на решение физических задач, 26 % посвящены проблемам материаловедения, остальные 28 % охватывали исследования в области химии, геологических наук, биологии и прикладные задачи. 150 поданных заявок принято к реализации.

**Научные результаты.** Проведено исследование атомной и магнитной структуры интерметаллидов кобальта  $R\text{Co}_2$  с помощью дифракции нейтронов в диапазоне высоких давлений 0–4 ГПа и температуры 10–300 К [1, 2]. Данные соединения на протяжении многих лет рассматривались как модельные системы, демонстрирующие явление зонного электронного метамагнетизма (ЗЭМ), которое заключается в появлении намагниченности подрешетки переходного металла как отклика на воздействие магнитного поля подрешетки редкоземельного металла в интерметаллидах. В ходе экспериментов установлено, что концепция ЗЭМ справедлива для соединений с достаточно высокими температурами магнитного упорядочения  $T_C \sim 150\text{--}200$  К ( $R = \text{Tb}, \text{Ho}$ ), но она не может описать магнитные свойства соединений с не-

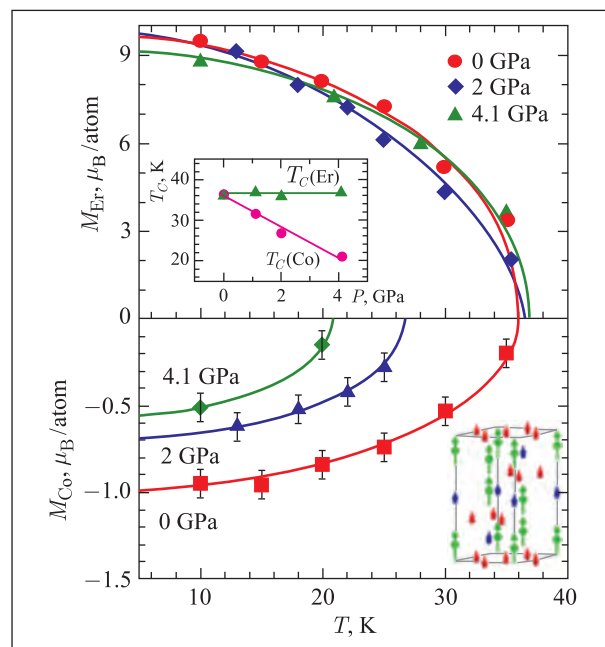


Рис. 1. Температурные зависимости намагниченностей Er- и Co-подрешеток в  $\text{ErCo}_2$  при различных давлениях, иллюстрирующие их независимое поведение, выходящее за рамки концепции ЗЭМ. На врезках показаны барические зависимости температур Кюри Er- и Co-подрешеток и характер магнитного упорядочения в этих соединениях

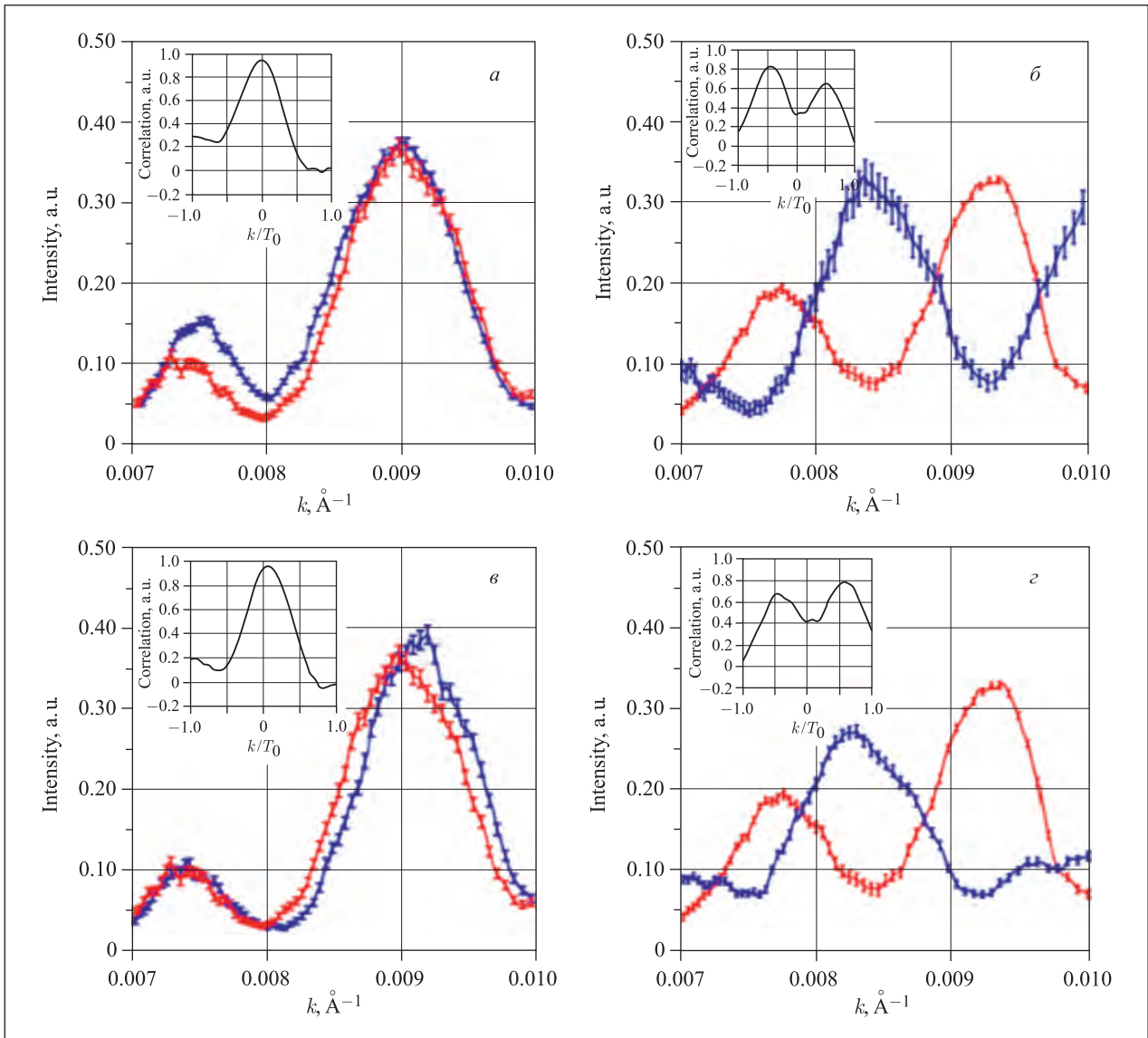


Рис. 2. Зависимости пропускания неполяризованных нейтронов, полученные с использованием первой экспериментальной схемы для CMS (*a*) и NCMS (*b*), а также второй экспериментальной схемы для CMS (*c*) и NCMS (*d*)

большими значениями  $T_C \sim 30\text{--}40$  К. На примере  $\text{ErCo}_2$  показано несогласованное поведение намагниченностей Er- и Co-подрешеток и подавление магнетизма Co-подрешетки при стабильных магнитных свойствах Er-подрешетки под давлением (рис. 1). Полученные результаты в сочетании с теоретическими расчетами указывают на необходимость уточнения концепции ЗЭМ с учетом особенностей электронной структуры соединений  $\text{RCO}_2$ .

На рефлектометре РЕМУР проведено исследование неважного прохождения нейтронов через некопланарную магнитную систему (NCMS) [3]. Новая генерация элементов спинтроники основана на использовании наиболее сложных некопланарных магнитных систем (NCMS), в которых реализуется пространственная зависимость трех ортого-

нальных компонент вектора индукции магнитного поля. Нейтрон, как и электрон, имеет спин  $s = 1/2$ , поэтому исследования процессов прохождения нейтронов важны для выявления общих закономерностей, присущих обеим частицам. Аппроксимация нейтронами поведения электрона является оправданной в ферромагнетиках, где обменное поле велико и можно пренебречь силой Лоренца. Некопланарная магнитная система, в соответствии с решением уравнения Шредингера, характеризуется свойством, не присущим копланарной магнитной системе (CMS), а именно, зависимостью пропускания неполяризованных нейтронов (или электронов) от направления их распространения. Для проверки этого утверждения была создана NCMS, в которой границы раздела между областями с разным направлением намагни-



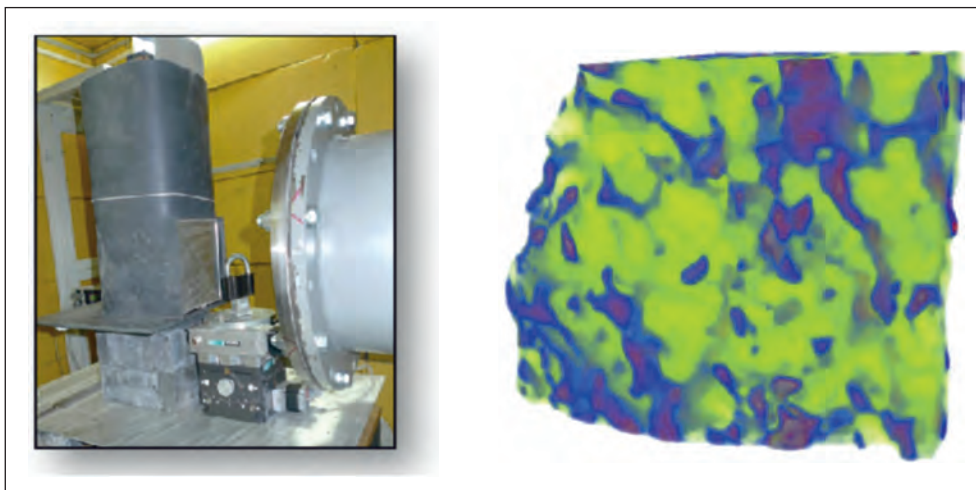


Рис. 3. Слева: установка нейтронной радиографии и томографии на 14-м канале ИБР-2. Справа: нейтронное томографическое изображение метеорита Сеймчан, показывающее распределение Fe–Ni-сплава и фракции горных пород (в основном оливина)

ченности не превышали толщину 10 нм, что обеспечивало неадиабатический режим прохождения через них спина нейтрона. NCMS представляла собой два магнитных зеркала с ортогональными друг другу и лежащими в плоскости зеркал векторами намагниченности, помещенных в направленное перпендикулярно зеркалам магнитное поле. Пучок нейтронов направлялся так, что реализовывались последовательности «первое зеркало – магнитное поле – второе зеркало» и «второе зеркало – магнитное поле – первое зеркало».

На рис. 2 показаны зависимости интенсивности нейтронов для CMS и NCMS соответственно. В случае NCMS наблюдается антифазное поведение кривых пропускания. Таким образом, показано, что NCMS обладает свойством зависимости пропускания

от направления распространения нейтронов, что, в свою очередь, есть следствие некоммутативности алгебры спина  $1/2$ .

**Методические результаты.** Продолжены работы по созданию макетного варианта спектрометра радиографии и томографии на канале 14 (рис. 3). Установлен в рабочее положение гониометр HUBER с трансляционными и вращательными степенями свободы. Проведены первые томографические эксперименты с различными типами объектов. Отработана процедура 3D-реконструкции внутреннего строения исследуемых объектов с помощью различных программных пакетов. Достигнутые результаты показали хорошее качество получаемых данных, сравнимое с уровнем других мировых нейтронных центров.

## НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2014 г. в ЛНФ работы по нейтронной физике велись в традиционных направлениях, таких как: изучение процессов нарушения пространственной и временной четности при взаимодействии нейтронов с ядрами; изучение процесса деления; экспериментальное и теоретическое исследование фундаментальных свойств нейтрона;  $\gamma$ -спектроскопия нейтронно-ядерных взаимодействий; структура атомного ядра; получение новых данных для реакторных приложений и для ядерной астрофизики; эксперименты с ультрахолодными нейтронами. Значительная часть исследований выполнена на модернизированной исследовательской ядерной установке ИБР-2, источнике

резонансных нейтронов ИРЕН и установке ЭГ-5. Особо следует отметить широкий круг прикладных работ, связанных с применением НАА. Ряд работ в области фундаментальной физики и физики ультрахолодных нейтронов проводился на установках ядерных центров Германии, Китая, США, Франции и Швейцарии.

В 2014 г. продолжались работы по модернизации установки ИРЕН. Цель работ — достижение проектных параметров источника нейтронов (интенсивность порядка  $10^{13}$  нейтр./с) к 2016 г. Проект предусматривает монтаж второй ускоряющей секции, установку новых модуляторов и замену клистро-

нов. Монтаж второй секции, новых источников СВЧ-мощности, урановой мишени требует значительной модернизации инженерной инфраструктуры комплекса ИРЕН, работы по которой ведутся в настоящее время. Так, в 2014 г. был произведен монтаж системы кондиционирования и вентиляции ускорительных залов, начаты работы по модернизации системы электроснабжения здания 43. Вместе с тем, в 2014 г. на физический эксперимент установка ИРЕН проработала 1360 ч.

Проведено тестирование многодетекторной установки «Ромашка», состоящей из 24 гексагональных кристаллов NaI(Tl), при помощи  $\gamma$ -квантов из реакции неупругого рассеяния 14-МэВ нейтронов на углероде  $^{12}\text{C}(n, n'\gamma)^{12}\text{C}$ . В качестве источника нейтронов использовался генератор меченых нейтронов ИНГ-27. Нейтроны испускаются из реакции  $d + ^3\text{H} \rightarrow ^4\text{He}(3,5 \text{ МэВ}) + n(14,1 \text{ МэВ})$ , в которой  $\alpha$ -частица и нейтрон разлетаются практически в противоположных направлениях, и поэтому, зная направление импульса  $\alpha$ -частицы, можно с хорошей точностью определить направление импульса нейтрона.

В 2014 г. в ЛНФ совместно с ТУ Праги проводились измерения тройного и четверного спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$  с использованием детекторов TimePix. Для идентификации тройных частиц использовался  $\Delta E$ - $E$ -метод, позволяющий разделять легкие заряженные частицы по заряду. В качестве  $\Delta E$ -детектора использовался тонкий кремниевый детектор (12 мкм), в качестве  $E$ -детектора — пиксельный детектор TimePix с толщиной сенсорного слоя 300 мкм. Наблюдены 72 события, в которых две частицы зарегистрированы одновременно одним или двумя телескопами. События, в которых две  $\alpha$ -частицы испускались под очень маленьким углом друг к другу, приписаны псевдочетверному делению — распаду нестабильного короткоживущего  $^8\text{Be}$ .

Продолжены экспериментальные и теоретические исследования реакций (нейтрон, заряженная частица) на быстрых нейтронах. Измерения проводятся на ускорителе Ван де Граафа ЭГ-5 в ЛНФ и ЭГ-4.5 Института физики тяжелых ионов Пекинского университета. Проведены измерения реакций  $^{25}\text{Mg}(n, \alpha)^{22}\text{Ne}$  и  $^{54,56,\text{nat}}\text{Fe}(n, \alpha)$ . Завершен анализ данных измерений реакций  $^{57}\text{Fe}(n, \alpha)^{54}\text{Cr}$  и  $^{63}\text{Cu}(n, \alpha)^{60}\text{Co}$  при  $E_n \sim 4,0$ – $6,5$  МэВ.

Продолжена работа по проверке слабого принципа эквивалентности для нейтрона с гравитационным спектрометром «Erigraph», построенным в 2010 г. и существенно усовершенствованным в 2011 г. Работа прибора основана на совместном использовании нейтронных интерферометров Фабри–Перо и прерывателя-модулятора нейтронного потока. Изменение энергии нейтрона  $mgH$  при па-

дении в гравитационном поле сравнивается в нем с энергией, передаваемой нейтрону при дифракции в  $-1$ -й порядок на движущейся дифракционной решетке.

Особенностью прибора является возможность использования оригинального метода времени пролета, основанного на периодической модуляции нейтронного потока и измерении фазы осцилляции скорости счета детектора. Регистрация УХН ведется детектором, синхронизованным с модулятором. Высокая степень монохроматизации пучка ( $\Delta v/v < 2\%$ ) позволяет работать с временами пролета, многократно превышающими период модуляции, что обеспечивает уникальное энергетическое разрешение прибора.

На установке ИРЕН изучалось воздействие нейтронов и  $\gamma$ -квантов на пластиковые сцинтилляторы, используемые в эксперименте CMS в ЦЕРН. Опыт трехлетней работы адронного калориметра показал неожиданно большое уменьшение светового выхода пластиковых детекторов. Сделан вывод, что не все факторы влияния радиоактивного излучения на сцинтилляторы были учтены. Для выяснения этого вопроса были проведены исследования четырех типов пластиковых сцинтилляторов SCSN-81, UPS-923A (изготовлены в Харькове), BC-408, LHE (изготовлены в Дубне). Измерения световых выходов показали, что существует значительный вклад от наведенной активности.

Ускоритель ЭГ-5 проработал в 2014 г. 495 ч на различные эксперименты. Основное направление исследований — элементный анализ приповерхностных слоев твердых тел с помощью ядерно-физических аналитических методик резерфордского обратного рассеяния (методика RBS) и методики ядер отдачи (методика ERD). Эксперименты проводились с участием сотрудников ряда российских и зарубежных институтов.

В подотчетный период в секторе нейтронного активационного анализа и прикладных исследований разработан пакет программ для комплексной автоматизации многоэлементного нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 и проведен монтаж трех устройств автоматической смены образцов для автоматизации массовых измерений спектров облученных образцов на трех детекторах.

В 2014 г. продолжались совместные работы с Институтом биотехнологии и микробиологии АН Молдовы по исследованию процесса извлечения токсичных металлов (хрома, никеля) из сточных вод с помощью микроводоросли *Spirulina platensis*. Выполнялись также исследования по мониторингу изменения содержания основных компонентов биомассы спирулины (белков, углеводов и др.) в процессе образования наночастиц серебра микроводорослями.

## ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

Эксплуатация исследовательской ядерной установки ИБР-2 осуществляется на основании лицензии Ростехнадзора № ГН-03-108-2614 от 27.04.2012 г. и лицензии Ростехнадзора № ГН-03-108-2871 от 30.04.2014 г.

С января 2014 г. проводились регулярные циклы работы ИБР-2 на мощности 2 МВт для науч-

ных экспериментов с функционированием замедлителя КЗ-202 в водяном или криогенном режиме в соответствии с планом-графиком физического пуска замедлителя.

В таблице представлены данные по работе ИЯУ ИБР-2 на физический эксперимент.

Данные по работе ИБР-2 на физический эксперимент

№ цикла	Период	Режим работы замедлителя	Время работы реактора на физический эксперимент, ч
1	13.01–24.01	Водяной	267
2	30.01–08.02	Криогенный	201
3	13.05–29.05	Водяной	390
4	03.06–11.06	Водяной	163
5	22.09–06.10	Водяной	326
6	13.10–27.10	Водяной	327
7	31.10–09.11	Криогенный	187
8	21.11–08.12	Водяной	398
9	15.12–26.12	Криогенный	233
Всего:			2492

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

В течение 2014 г. проводились исследования на экспериментальном полномасштабном стенде криогенного шарикового замедлителя КЗ201. Основной целью экспериментов была проверка проекта установки, в том числе возможности загрузки камеры криогенного замедлителя КЗ201 замороженными шариками из смеси мезитилена и метаксилола по трубопроводу с углом подъема 50°. Эксперименты показали, что расчеты правильны и шарики без каких-либо затруднений преодолевают данный подъем транспортного трубопровода и достигают камеры-имитатора, расположенной внутри внешней вакуумной оболочки.

Криогенный замедлитель КЗ202 находится в эксплуатации с 2012 г. В течение 2014 г. проходила модернизация его систем управления и программного обеспечения.

На физический эксперимент КЗ202 работал в течение трех циклов. Выполнялись также важные исследования, направленные на увеличение цикла работы ИБР-2 в режиме криогенного замедлителя до 11 сут.

Максимальная длительность работы КЗ202 к настоящему времени составляет 410 МВт·ч (8,5 сут

работы ИБР-2). Возможность увеличения длительности цикла зависит от вязкости облученной рабочей смеси замедлителя (мезитилен и метаксилол). С целью увеличения длительности реакторного цикла в криогенном режиме до 11 сут были проведены эксперименты по загрузке камеры КЗ202 замо-

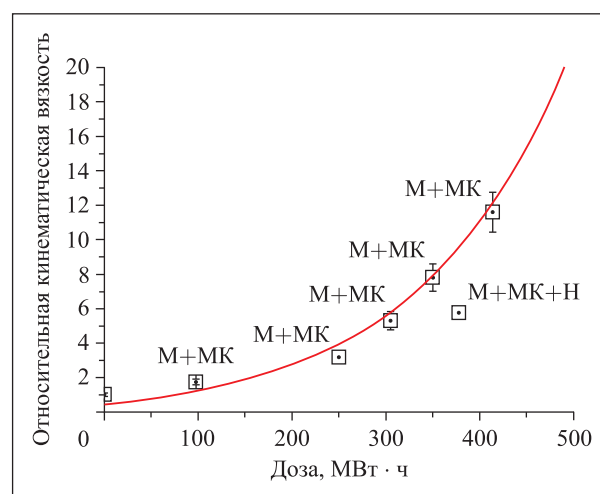


Рис. 4. Полномасштабный стенд КЗ201

роженными шариками, полученными из раствора нафталина и смеси мезитилена и метаксилола, и их облучению. Исследования показали, что при добавлении нафталина вязкость смеси существенно

уменьшается (рис.4). Эксперименты по увеличению длительности цикла работы КЗ202 будут продолжены совместно с МГУ им. М.В.Ломоносова в 2015 г.

## КОНФЕРЕНЦИИ И ШКОЛЫ

В 2014 г. в ЛНФ была организована и проведена V Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок» (10–15 ноября, Дубна). Участие в школе приняли студенты, аспиранты и молодые ученые из 13 городов России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Армении и Монголии, которые отбирались с учетом их специальностей. Целью школы было знакомство молодых ученых, студентов и аспирантов с современным состоянием приборной и методической базы для проведения экспериментов с помощью нейтронов.

С 27 по 30 мая в Дубне проходил Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-XXII). Это традиционный ежегодный семинар ЛНФ в данной области.

С 24 по 27 июня ЛНФ проводилась международная конференция «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2». Целью конференции было объединить пользователей нейтронных установок для обсуждения экспериментальных результатов, перспектив дальнейших исследований и развития спектрометров ИБР-2.

С 29 сентября по 3 октября в Дубне прошла летняя школа-конференция «Физика комплексных и магнитных мягких систем: физико-механические и структурные свойства», организованная совместно с Институтом физики сплошных сред РАН, Румынским физическим обществом, Западным университетом Тимишоары и Национальным институтом физики и ядерной техники им. Х.Хулубея (Румыния).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Burzo E. et al. // J. Alloys Compd. 2014. V.584. P.393–401.*
2. *Kozlenko D.P. et al. // Sci. Rep. 2015. V.5. P.8620; DOI: 10.1038/srep086202014.*
3. *Tatarskiy D.A. et al. // Phys. Rev. Lett. 2014 (accepted).*



# ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В 2014 г. Лабораторией информационных технологий в направлении «Сети, компьютеринг, вычислительная физика» проводились исследования по двум темам первого приоритета: «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных». В рамках сотрудничества с другими лабораториями ОИЯИ ученые ЛИТ принимали участие в исследованиях по 25 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ. ЛИТ должна обеспечивать развитие сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ для научно-производственной деятельности Института и стран-участниц ОИЯИ на базе современных информационных технологий. На базе Центрального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ (ЦИВК ОИЯИ) развивается многофункциональный

центр хранения, обработки и анализа данных, который призван обеспечить широкий спектр возможностей пользователям на основе входящих в него компонент: грид-инфраструктуры уровня Tier1 и Tier2 для поддержки экспериментов на LHC (ATLAS, ALICE, CMS, LHCb), FAIR (CBM, PANDA) и других масштабных экспериментов; вычислительного кластера общего назначения; инфраструктуры облачных вычислений; вычислительного гетерогенного кластера HybriLIT; учебно-исследовательской инфраструктуры для распределенных и параллельных вычислений. Каждая из этих компонент как имеет собственное оборудование, так и разделяет оборудование с другими компонентами центра, используя современные средства виртуализации.

В 2014 г. сотрудниками ЛИТ опубликованы 182 научные работы в реферируемых научных изданиях, представлено 36 докладов на международных и российских конференциях.

## ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

В 2014 г. продолжались работы, связанные с развитием и обеспечением надежного функционирования сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ. Основными элементами этой инфраструктуры являются телекоммуникационные каналы связи, локальная вычислительная сеть (ЛВС), вычислительный комплекс и базовое программное обеспечение, в том числе на основе облачных и грид-технологий, объединяющее информационно-вычислительные ресурсы Института в единую, доступную для всех пользователей среду.

**Телекоммуникационные каналы связи ОИЯИ.** В 2014 г. поддерживалась надежная работа высокоскоростного канала связи Дубна–Москва. Для связи с научными сетями и сетью интернет использовались следующие каналы связи: LHCORP/ЦЕРН (10 Гбит/с), RBnet (10 Гбит/с), E-арена и российские научные сети (10 Гбит/с), RUNet и международные научные сети (10 Гбит/с). Пропускная способность резервного канала связи составила 10 Гбит/с, и была

Таблица 1

Подразделение	Входящий трафик, Тбайт	Исходящий трафик, Тбайт
ЛФВЭ	72,71	36,58
ЛЯП	61,8	56,81
ЛНФ	50,27	56,84
ЛИТ	46,28	24,01
Серверы общего доступа	42,49	8,91
ЛРБ	25,22	1,25
ЛТФ	24,61	9,98
Управление	19,17	45,58
ЛЯР	18,07	4,12
Узел удаленного доступа (VPN)	15,87	4,5
ГРК	13,56	2,64
ОАО «НПК Дедал»	8,19	1,66
МСЧ-9	5,56	1,11
Университет «Дубна»	4,85	5,74
Санаторий-профилакторий «Ратмино»	4,2	1,29

Таблица 2

Научно-образовательные сети	Файлообмен (р2р)	Веб-ресурсы	Социальные сети	Программное обеспечение	Мультимедиа
93,04 %	4,18 %	1,5 %	0,65 %	0,63 %	0,01 %

улучшена его надежность за счет внедрения дополнительного маршрутизатора Cisco7606-S. Проработана возможность плавной модернизации внешнего канала до скорости 100 Гбит/с. Распределение входящего (превышающего 3 Тбайт) и исходящего трафика по подразделениям ОИЯИ в 2014 г. приведено в табл. 1. Общий входящий трафик ОИЯИ, включая серверы общего назначения, Tier1, Tier2 и вычислительный комплекс, составил в 2014 г. 3,3 Пбайт (2,6 Пбайт в 2013 г.). Распределение входящего трафика по категориям приведено в табл. 2.

Создание Tier1-центра в ОИЯИ потребовало высокоскоростной надежной сетевой инфраструктуры с выделенным резервируемым каналом в ЦЕРН (LHCOPN). В 2014 г. Tier1 в ОИЯИ был включен в подсистему LHCOPN. Пропускная способность LHCOPN между Tier0 и Tier1 и между Tier1 и Tier1 составила 10 Гбит/с.

**Локальная вычислительная сеть ОИЯИ.** Продолжена работа по внедрению 10-гигабитной сети внутри лабораторий за счет перевода на 10-гигабитные оптические интерфейсы сетевого оборудования в зданиях и корпусах подразделений ОИЯИ. Для поддержки пользователей произведены плановые работы по усовершенствованию webmail, mail, проху и авторизационных сервисов. Проведена работа по переводу на единую авторизацию для веб-сервисов ОИЯИ с использованием протокола OAuth 2.0. В 2014 г. расширен список подключенных объектов ОИЯИ, находящихся за пределами площадок ОИЯИ. Произведено подключение единой системы международной академической вычислительной сети с прозрачным роумингом edu roam (education roaming), что позволило пользователям ОИЯИ подключаться к этой сети с использованием пароля, полученного в сетевой службе ОИЯИ.

ЛВС ОИЯИ содержит 7802 сетевых элемента и 12292 IP-адреса. На 2014 г. зарегистрировано 4057 пользователей сети, более 1500 пользователей сервиса mail.jinr.ru, 1416 пользователей электронных библиотек и 861 пользователь сервиса удаленного доступа.

**Многофункциональный центр хранения, обработки и анализа данных.** В настоящее время в ЛИТ начато создание многофункционального центра хранения, обработки и анализа данных в ОИЯИ. Центр развивается на базе ЦИВК ОИЯИ и призван расширить набор вычислительных сервисов, предоставляемых пользователям.

В настоящий момент основной вычислительный кластер состоит из 2560 64-битных процессоров и системы хранения данных общей емкостью 1800 Тбайт. Центральный маршрутизатор сети кластера соединен с основным маршрутизатором сети ОИЯИ на скорости 10 Гбит Ethernet.

Реализована новая версия системы мониторинга вычислительного комплекса ОИЯИ. В соответствии с целями и задачами создан базовый функционал системы мониторинга, который позволяет службе операторов вести наблюдение за вычислительными ресурсами и их обеспечением в реальном времени.

Вычислительные средства и системы хранения информации управляются базовым программным обеспечением, позволяющим использовать вычислительные ресурсы и системы хранения как в международных проектах для распределенных вычислений (WLCG, FUSION, BIOMED, HONE, PANDA, CBM, BES, NICA/MPD и др.), так и в интересах локальных пользователей ОИЯИ. Все вычислительные мощности доступны и пользователям ОИЯИ, и пользователям грид через единую систему пакетной обработки задач.

Системы хранения и доступа к данным dCache и XROOTD обеспечивают работу с данными как для локальных пользователей ОИЯИ, так и для внешних пользователей. Поддерживаются две инсталляции dCache: dCache-1 — для экспериментов CMS и ATLAS; dCache-2 — для локальных пользователей, групп пользователей и международных проектов NICA/MPD, HONE, FUSION, BIOMED, COMPASS. Две инсталляции системы доступа к данным XROOTD поддерживают работу с данными трех международных коллабораций ALICE, PANDA и CBM. Все системы хранения построены с использованием аппаратного механизма защиты данных RAID6. На рис. 1 приведены распределения использования ресурсов вычислительного кластера.

В табл. 3 дана статистика использования вычислительного кластера в 2014 г. подразделениями Института и группами пользователей, за исключением пользователей грид-среды.

**Грид-среда ОИЯИ.** В 2014 г. продолжалась работа в рамках крупномасштабных грид-проектов: «Всемирный вычислительный грид для LHC» (WLCG, <http://lcg.web.cern.ch/LCG/>), «Европейская грид-инфраструктура» (EGI-InSPIRE — Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for

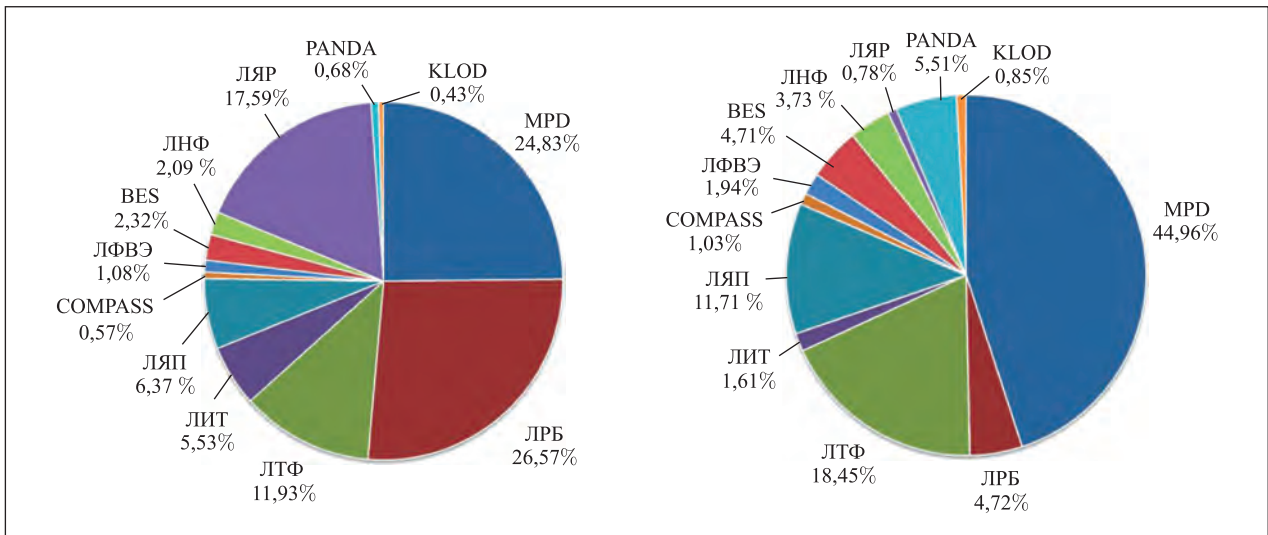


Рис. 1. Распределение по процессорному (слева) и по астрономическому времени (справа) ресурсов вычислительного кластера между подразделениями Института и группами пользователей

Таблица 3

Лаборатория/ группа	Число заданий	Процессорное время, kSi2K · ч	Астрономическое время, kSi2K · ч
ЛРБ	893701,32	89251,84	1158
МРД	835048,52	850393,16	64120
ЛЯР	591555,74	14687,34	362
ЛТФ	401326,39	348956,78	9319
ЛЯП	214328,90	221485,29	8310
ЛИТ	185922,76	30508,33	468
ВЕС	78183,51	89081,31	32511
ЛНФ	70211,33	70570,20	392
ЛФВЭ	36165,57	36715,10	1233
PANDA	22936,75	104304,17	360753
КОМПАСС	19167,64	19403,42	2582
KLOD	14601,20	16101,93	4368

Researchers in Europe, <http://www.egi.eu/projects/egi-inspire/>). Вычислительный кластер ОИЯИ, как грид-сайт JINR-LCG2 глобальной грид-инфраструктуры, поддерживает вычисления восьми виртуальных организаций (ВО) (alice, atlas, biomed, cms, dteam, fusion, hone, lhcb), а также предоставляет возможность использования грид-ресурсов для экспериментов BES и PANDA. Основными пользователями грид-ресурсов ОИЯИ являются виртуальные организации всех экспериментов на LHC.

Серверы системы управления загрузкой кластера используются для распределения задач (локальных пользователей и WLCG) для различных сайтов проекта WLCG. Сервис X509 PX (ProXy) хранит и обновляет сертификаты пользователей для защиты ресурсов и задач пользователей в грид-системах. Это основной метод контроля зарегистрированных пользователей в проекте WLCG. На кластере поддерживается распределенная файловая система CVMFS (CernVM File System), обеспечивающая доступ к программному обеспечению коллабораций ALICE,

ATLAS, CMS, LHCb и BES, которое установлено на серверах в ЦЕРН. Два VObox (Virtual Organization box) используются коллаборациями ALICE и CMS для обеспечения своей работы на сайтах WLCG.

Для обслуживания грид-сайта в ОИЯИ установлено 22 сервера с ПО промежуточного уровня EM12/EM13 проекта WLCG. Кроме функций поддержки работы самого сайта JINR-LCG2, часть серверов реализует важные сервисы и функции поддержки российского грид-сегмента проекта WLCG. В табл.4 и на рис.2 (слева) приведены данные по использованию в 2014 г. грид-инфраструктуры ОИЯИ виртуальными организациями, входящими в RDIG/WLCG/EGI. В 2014 г. на этом сайте было выполнено около 5 млн задач, затраты процессорного времени при этом составили около 160 млн ч в единицах HEPSpec06. Сайт ОИЯИ — один из наиболее эффективных сайтов уровня Tier2 в инфраструктуре WLCG.

Таблица 4

ВО	Процессорное время, HEPSpec06 · ч	Число заданий
atlas	41 876 104	2 677 075
cms	46 230 972	1 003 803
alice	45 093 312	786 849
lhcb	21 135 604	141 346
biomed	1 650 056	237 252
bes	300 552	40 456
hone	266 944	20 016
fusion	46 348	16 624
ops	572	80 438
Всего	156 600 464	5 003 859

В Лаборатории информационных технологий создан центр уровня Tier1 для эксперимента CMS. В настоящий момент Tier1 состоит из 1200 64-битных процессоров системы хранения объемом

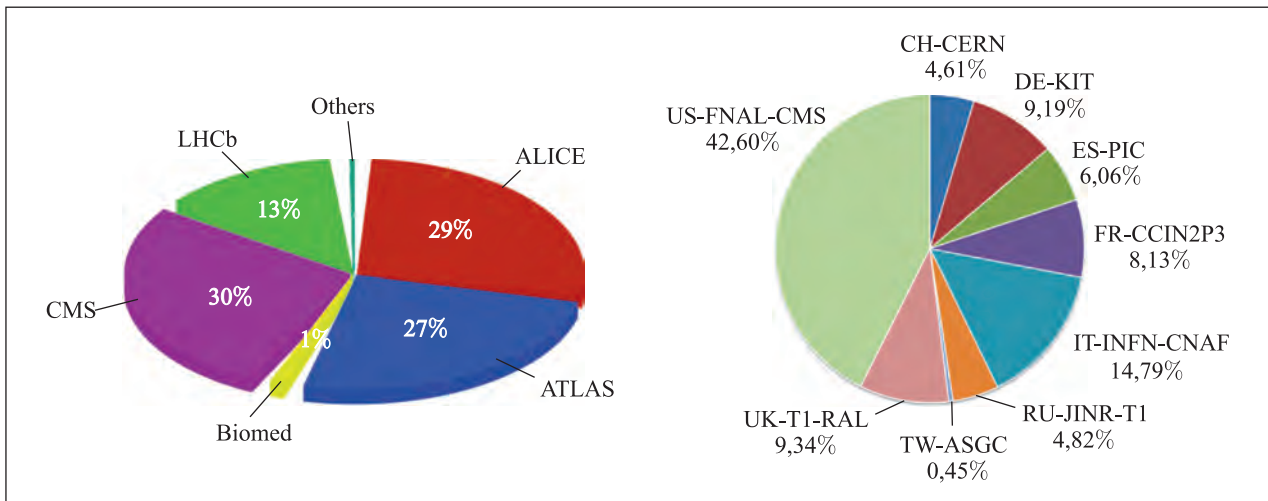


Рис. 2. Распределение объема использования грид-инфраструктуры ОИЯИ уровня Tier2 виртуальными организациями, входящими в RDIG/WLCG/EGI (слева). Использование Tier1-центров экспериментом CMS (справа)

660 Тбайт и ленточной системы хранения на 72 Тбайт. В 2014 г. на Tier1-сайте ОИЯИ было выполнено более 1 млн задач, затраты процессорного времени при этом составили около 65 млн ч в единицах HEPSpec06. На рис. 2 (справа) приведены данные по использованию Tier1-центров экспериментом CMS. Вклад Tier1-центра ОИЯИ составил 4,82 %.

К началу нового сеанса на ЛHC необходимо закончить построение первой очереди полнофункционального Tier1-центра в ОИЯИ. Для этих целей установлен ленточный робот фирмы IBM емкостью 5 Пбайт, на стадии завершения работы по вводу в эксплуатацию источников бесперебойного питания и системы межрядного кондиционирования для нового модуля Tier1.

В 2014 г. была продолжена работа по интеграции параметров сетевых соединений между сайтами инфраструктуры коллаборации ATLAS в процессы принятия решений системы обработки задач PanDA (Production and Distributed Analysis System). В частности, был создан сервис, который переносит только необходимые данные из ATLAS SSB (Site Status Board), в которой хранятся как текущая информация, так и исторические данные в AGIS (ATLAS Grid Information System), являющейся единой информационной системой для всех систем коллаборации ATLAS. Также в 2014 г. разработан сервис, переносящий сетевые метрики, а также дополнительную информацию во внутреннюю информационную систему PanDA-SchedConfig. SchedConfig является базой данных, содержащей конфигурационные параметры, необходимые для работы PanDA, частичное дублирование сделано для того, чтобы в случае недоступности информационной системы AGIS PanDA сохраняла работоспособность [1].

**Вычислительный кластер с гетерогенной архитектурой HybriLIT.** В 2014 г. введен в эксплуатацию вычислительный кластер HybriLIT (<http://hybrilit.>

[jinr.ru](http://jinr.ru)), содержащий четыре вычислительных узла: два узла с тремя графическими ускорителями NVIDIA Tesla K40 (Atlas) в каждом, узел с двумя сопроцессорами Intel Xeon Phi 7120P, а также узел, содержащий NVIDIA Tesla K20x и сопроцессор Intel Xeon Phi 5110P. Все вычислительные узлы содержат по два процессора Intel Xeon E5-2695v2. В состав кластера HybriLIT дополнительно входят управляющий узел и узел хранения данных. На рис. 3 представлена структура и основные характеристики кластера HybriLIT. Включение кластера HybriLIT в собственную вычислительную инфраструктуру многофункционального центра хранения, обработки и анализа данных предоставляет возможность сотрудникам Института и ученым из стран-участниц ОИЯИ выполнять расчеты с использованием ускорителей вычислений, создавать собственное программное обеспечение для проведения исследований, требующих ресурсоемких расчетов, а также использовать уже адаптированные для гибридных архитектур пакеты программ и математических библиотек. На базе кластера HybriLIT проведены обучающие курсы по технологиям параллельного программирования в рамках конференции GRID'2014, в рамках Международной молодежной конференции MPAMCS'2014 и в рамках школы «The Helmholtz International Summer School “Lattice QCD, Hadron Structure and Hadronic Matter” 2014». В работе учебных курсов приняли участие более 60 человек из Германии, Монголии, России, Румынии и др.

В настоящий момент сотрудниками ЛИТ совместно с сотрудниками Института экспериментальной физики и Технического университета в Кошице (Словакия) для эффективного использования гетерогенного кластера HybriLIT создается и внедряется информационно-программная среда, включающая удобные сервисы для разработки, отладки и профилирования параллельных приложений.



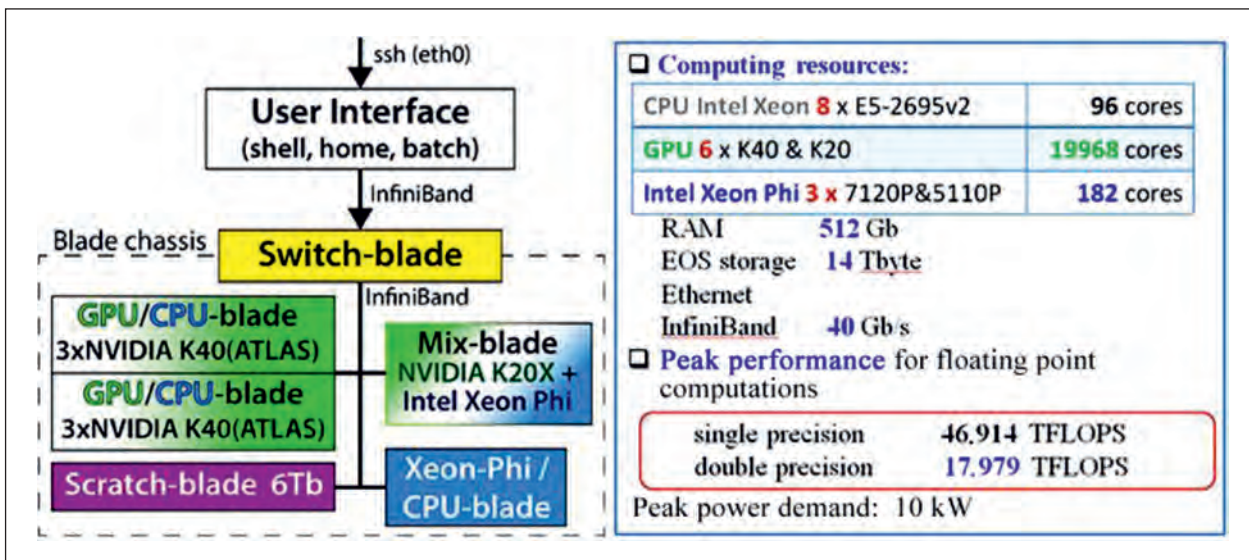


Рис. 3. Структура гетерогенного вычислительного кластера HybridLIT (слева). Основные параметры вычислительных элементов кластера и его производительность (справа)

**Облачная среда.** В начале 2014 г. введена в эксплуатацию облачная инфраструктура ОИЯИ (<http://cloud.jinr.ru>). На 2014 г. ресурсы облачной среды составили 138 ядер, 260 ГБ ОЗУ и 10 ТБ дискового пространства. В настоящий момент в облаке зарегистрировано 67 учетных записей.

Ресурсы облачного сервиса используются для различных работ в рамках тем Проблемно-тематического плана, а также для выполнения обязательств ЛИТ и ОИЯИ по различным проектам. В облачной инфраструктуре создано:

- два полигона на базе ППО PanDA: один — для разработки, второй — для оценки его пригодности для построения компьютеринг-инфраструктуры проекта NICA;
- полигон на базе ППО DIRAC для эксперимента BES-III и счетные ресурсы для него;
- тестовые экземпляры сервисов по управлению проектами (JPMS) и сервера документов (JDS).

На рис. 4 приведено распределение облачных ресурсов между лабораториями и группами ОИЯИ за 2014 г.

Выполнена миграция сервисов учебно-исследовательской и тестовой грид-инфраструк-

туры на виртуальные машины в облачный сервис ОИЯИ.

На VOMS-сервере учебно-исследовательской грид-инфраструктуры создана виртуальная организация NICA для проведения соответствующих исследовательских работ по одноименному проекту.

#### Информационная и программная поддержка.

В 2014 г. разработана новая система моделирования грид- и облачных сервисов, ориентированная на повышение эффективности разработки системы хранения и обработки данных ускорительного комплекса NICA. В системе реализован подход учета качества работы уже функционирующей системы при проектировании ее дальнейшего развития за счет объединения самой программы моделирования с системой мониторинга реального грид-облачного сервиса через специальную базу данных [2].

Проведен сравнительный анализ пакетов моделирования облачных инфраструктур: CloudSim, iCanCloud, CReST. Эти программные пакеты позволяют создавать модели облачных систем с определенной функциональностью и конфигурацией. Результатом работы готовой модели является статистическая

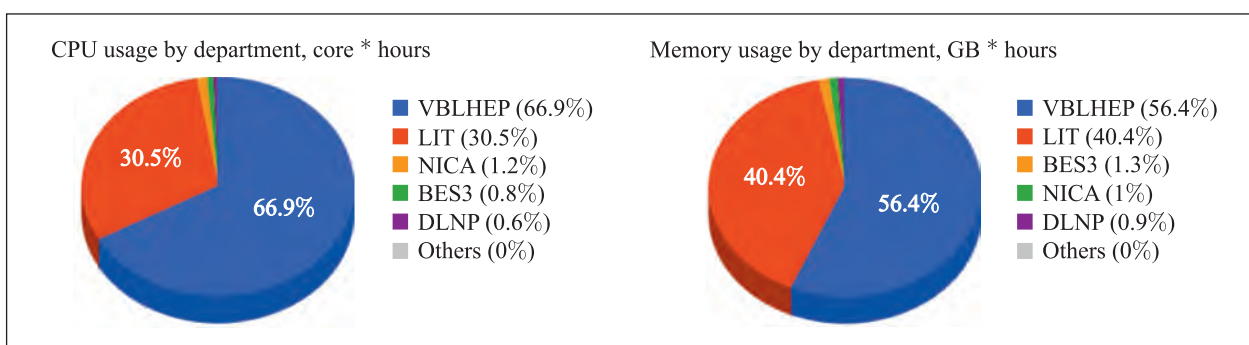


Рис. 4. Распределение облачных ресурсов между лабораториями и группами ОИЯИ за 2014 г.

информация по наиболее важным характеристикам облачных инфраструктур: времени выполнения задач, жизненному циклу виртуальных машин, использованию ресурсов. Анализируя эту информацию, разработчик может выявить узкие места в модели и предусмотреть их устранение решением, верность которого можно проверить следующей итерацией симуляции [3].

Разработаны подходы для обеспечения интеграции контента и интероперабельности информационных систем, сопровождающих научные исследования в ОИЯИ, а именно: сервера научных документов JINR Document Server (JDS), информационно-аналитической системы «Персональная Информация о сотрудниках ОИЯИ»/Personal Information (PIN) и системы управления мероприятиями Indico [4].

В течение 2014 г. продолжались работы по переходу на единую информационную платформу 1С 8.2 УПП: произведена интеграция 1С 8.2 УПП и ADB2 в части оперативного исполнения бюджета ОИЯИ; разработан специализированный конструктор по многострочным документам; запущен в эксплуатацию модуль «Бюджетирование», в том числе «Заявочный механизм». Также в течение 2014 г. проводилось обучение пользователей, в частности, осуществлено обучение новому функционалу «взаиморасчеты с хозрасчетными подразделениями». Регулярно проводились еженедельные встречи с пользователями из бухгалтерии для выявления проблем, возникающих при работе с 1С, и решения оперативных задач.

В 2014 г. была проведена настройка системы электронного документооборота (СЭД) «1С: Документооборот», был запущен в промышленную эксплуатацию документ «Договор подряда» с соответствующими схемами электронного согласования, а также подготовлены необходимые инструкции пользователей и проведено обучение пользователей по созданию и согласованию документов «Договор подряда» в СЭД «1С: Документооборот».

В 2014 г. выполнялись работы по корректировке планов проекта в информационной системе управления проектом NICA (ADB2-EVM), была подготовлена отдельная версия модуля ART-EVM в ЦЕРН, проведена интеграция функционала ART-EVM с информационной системой (ИС) управления проектом NICA (ADB2-EVM), осуществлено развертывание ART-EVM на площадке в ОИЯИ и произведено

тестирование функционала интеграции с информационной системой управления проектом NICA. В рамках развития ИС управления проектом NICA осуществлена разработка функционалов: по работе с базовыми планами (baselines), по вводу показателей освоенного объема (EV), системе уведомлений; проведено тестирование отчетных форм в ADB2-EVM; осуществлена синхронизация справочников иерархической структуры работ (WBS) между ИС управления проектом NICA (ADB2-EVM) и 1С. Также в 2014 г. проводилась модернизация и шло развитие функционала по сверке фактических данных по оплате счетов/заказов 1С и ADB2 и обучение руководителей 1-го и 2-го уровней WBS по работе с системой ADB2-EVM.

В течение 2014 г. продолжались работы по актуализации программной среды и баз данных информационных сайтов ЛИТ и ОИЯИ — <http://lit.jinr.ru>, <http://www.jinr.ru>, <http://wwwinfo.jinr.ru> и др. Также осуществлялось создание и хранение электронных документов, связанных с научной и административной деятельностью ЛИТ и Института, — по представлению научно-организационного отдела ОИЯИ (информация о работе базовых установок, о сессиях Ученого совета ОИЯИ и т. д.), был организован интернет-доступ к соответствующей информации: о премиях ОИЯИ — поисковая система (данные с 1960 г.) [http://wwwinfo.jinr.ru/search\\_award\\_dbs.htm](http://wwwinfo.jinr.ru/search_award_dbs.htm); о конференциях, рабочих совещаниях ОИЯИ (<http://wwwinfo.jinr.ru/confer-e.htm>); о диссертационных советах ОИЯИ ([http://wwwinfo.jinr.ru/dissertation/JINR\\_DCs.htm](http://wwwinfo.jinr.ru/dissertation/JINR_DCs.htm)) и объявлениях о защите кандидатских (докторских) диссертаций в ОИЯИ ([http://wwwinfo.jinr.ru/announce\\_disser.htm](http://wwwinfo.jinr.ru/announce_disser.htm)) — по представлению ученых секретарей советов. В 2014 г. проводились работы по сопровождению и модернизации веб-портала журналов «Физика элементарных частиц и атомного ядра» (ЭЧАЯ) и «Письма в ЭЧАЯ»: <http://pepan.jinr.ru/>. Традиционно осуществлялись разработки, создание и поддержка специализированных информационных веб-сайтов, сайтов различных конференций, совещаний, симпозиумов а также выполнена организация хостинга веб-сайтов по заявкам лабораторий ОИЯИ (ЛНФ им. И. М. Франка — CMR@IBR-2, ЛЯП им. В. П. Джелепова — RCRC-2014, ЛЯР им. Г. Н. Флерова — EXON-2014, ЛРБ — MPGRRE-2015, ЛИТ — RCDL-2014 и др.).

## **МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Одним из основных направлений деятельности ЛИТ является обеспечение математической алгоритмической и программной поддержки эксперимен-

тальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ. Ниже дана краткая информация о некоторых из полученных результатов.

Разработан новый алгоритм построения сегментов в камерах торцевой части установки CMS на Большом адронном коллайдере. С использованием программы, специально созданной для нахождения некоторых до сих пор недоступных для анализа параметров симулированных МК-объектов был проведен анализ результатов, полученных с помощью разных алгоритмов, и доказано значительное превосходство нового алгоритма над стандартным как для частиц, полученных при соударении пучков, так и для космических лучей.

В рамках работы по проектированию и оптимизации установки проекта «Baryonic Matter at Nucleon» (BM@N) выполнен ряд мероприятий, в частности, проведен анализ данных, полученных с прототипа GEM-детектора, в ходе которого рассчитана эффективность и ряд других параметров работы детектора. Результаты анализа переданы специалистам для последующей коррекции геометрии прототипа. Разработан и передан для внедрения в базовый программный пакет эксперимента код для считывания информации, полученной с GEM-детектора. Рассчитана эффективность DC-детектора при низких значениях электрического напряжения, а также создано программное обеспечение для работы с данными, полученными с восьми плоскостей детектора.

На основе фильтра Калмана разработан алгоритм реконструкции траектории заряженных частиц в режиме реального времени эксперимента CBM (GSI, Дармштадт, Германия). Задачи реконструкции траекторий заряженных частиц требуют привлечения высокопроизводительных вычислительных ресурсов, в связи с этим программная реализация предложенного алгоритма осуществлялась на основе различных технологий параллельного программирования, адаптированных к гибридным вычислительным архитектурам. Для численного решения рассматриваемой задачи использовался гибридный сервер ЛИТ с двумя центральными процессорами Intel Xeon X5660 и графической картой NVIDIA GTX 480 [5].

Сотрудниками ЛИТ и ЛФВЭ, участниками коллаборации Geant4, выполнена работа «Эффект подавления *uu*-дикварков при расщеплении протонов в монте-карловских генераторах событий». Большинство монте-карловских генераторов событий множественного рождения предполагают, что нуклоны расщепляются на кварки и дикварки в сильных взаимодействиях. В частности, протоны расщепляются на *ud*-дикварк и *u*-кварк с вероятностью  $2/3$  и на *uu*-дикварк и *d*-кварк с вероятностью  $1/3$ . В работе показано, что использование для последней вероятности значения  $1/6$  позволяет описать на количественном уровне данные NA49 по реакциям  $p + p \rightarrow p + X$  при  $158 \text{ ГэВ}/c$ . Подавленный вес *uu*-дикварков в протонах ожидается в инстантонной модели вакуума КХД. Согласно этой модели взаимодействие кварков зависит от их «ароматов». Например, взаимодействие отлично от нуля для квар-

ков с разными «ароматами». Поэтому *uu*-дикварки должны быть подавлены в протонах. Для моделирования реакций  $p + p \rightarrow p + X$  использовалась модель Fritiof (FTF) Geant4. Были получены хорошие результаты. Указанное подавление дикварков включено в последнюю версию Geant4 [6].

Разработана программа ROTHEA на языке ФОРТРАН-77 для расчета с заданной точностью собственных значений, поверхностных собственных функций и их первых производных по параметру параметрического самосопряженного двумерного эллиптического дифференциального уравнения с условиями Дирихле и/или Неймана в конечной двумерной области. Программа вычисляет также потенциальные матричные элементы — интегралы от произведения поверхностных функций и/или первых производных от поверхностных функций по параметру. Собственные значения, зависящие от параметра и матричных элементов, вычисленные программой ROTHEA, могут быть использованы для решения с помощью программы KANTVP задач на связанные состояния и многоканальных задач рассеяния для систем связанных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка [7].

Проведен анализ сечений неупругого рассеяния  $\pi$ -мезонов ядрами Si, Ni, Pb при энергии 291 МэВ на основе микроскопического оптического потенциала (ОП). Эти ОП определялись на основе пион-нуклонной амплитуды и распределения плотности ядра. При этом использовались параметры  $\pi N$ -амплитуды в ядерной среде, полученные ранее из анализа данных упругого рассеяния на тех же ядрах. Расчет сечений велся на основе релятивистского волнового уравнения. Из сравнения с экспериментом сечений неупругого рассеяния получены параметры деформации ядер [8].

Разработан метод и комплекс программ для численного моделирования процесса формирования поляронных состояний в конденсированных средах. Проведено численное исследование этого процесса для водной среды при воздействии лазерного облучения в ультрафиолетовом диапазоне. Показано, что в рамках предложенного подхода удается численно воспроизвести экспериментальные данные по формированию фотовозбужденных гидратированных электронов. Представлена схема численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих динамическую модель полярона. Программная реализация выполнена с использованием технологии параллельного программирования MPI [9].

Экспериментальным путем из исследования поведения критической температуры  $T_c$  при постепенном замещении ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в плоскости  $\text{CuO}_2$  двухвалентными металлическими ионами  $\text{M}^{2+}$  получено прямое доказательство роли плоскостей  $\text{CuO}_2$  в возникновении высокотемпературной сверхпроводимости в купратах. Функциональные зависимо-

сти  $T_c$  от содержания  $y$  в ионе  $M$   $T_c = T_c(y)$  выводятся из имеющихся экспериментальных данных по  $\text{La}_{1,85}\text{Sr}_{0,15}\text{Cu}_{1-y}\text{M}_y\text{O}_4$  (LSCO) для  $M^{2+}$ , обозначающего  $\text{Zn}^{2+}$  или  $\text{Ni}^{2+}$ . Обработка данных и проведенный анализ в обоих случаях указывают на резкое линейное уменьшение  $T_c$  при увеличении  $y$  с наклоном, зависимым от иона  $M$ . Этот результат обосновывает основную гипотезу эффективной двумерной двухзонной модели Хаббарда (Plakida N. M. et al. // Phys. Rev. B. 1995. V. 51. P. 16599; Eur. Phys. J. B. 2013. V. 86. P. 115; Плакида Н. М. и др. // ЖЭТФ. 2003. Т. 124, №2. С. 367; Plakida N. M. High-Temperature Cuprate Superconductors. Experiment, Theory, and Applications, 2nd Ed. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010) поиска происхождения высокотемпературной сверхпроводимости в купратах внутри отдельных плоскостей  $\text{CuO}_2$  [10].

Впервые получены формулы для коэффициентов многочленов, представленных в виде базисных элементов (МБЭ), зависящих от параметров трехточечной сетки. Применение МБЭ-многочленов высоких степеней для кусочно-полиномиальной аппроксимации и сглаживания улучшает качество аппроксимации и существенно повышает эффективность алгоритмов обработки данных [11].

Для описания подпространств сепарабельных и перепутанных состояний были использованы методы вычислительной теории инвариантов и компьютерной алгебры. В частности, исследованы двухкубитные системы и трехуровневые квантовые системы (кутриты). Было показано, что пространство состояний полностью является полуалгебраическим множеством (т.е. набором полиномиальных уравнений и неравенств), задаваемым полиномиальными инвариантами глобальной унитарной группы —  $SU(4)$  для двухкубитных систем и  $SU(3)$  для кутритов [12].

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В 2014 г. совместно с китайскими коллегами проводилась разработка системы распределенных вычислений для эксперимента BES-III (Beijing Spectrometer III) на электрон-позитронном коллайдере в Пекине. Для системы распределенных вычислений эксперимента BES-III была выбрана инфраструктура DIRAC (Distributed Infrastructure with Remote Agent Control), позволяющая реализовать требуемые функциональные возможности. Сотрудники ЛИТ активно участвуют в решении всех задач развития GRID-системы для эксперимента BES-III, особенно в разработке систем управления данными и GRID-мониторингом. В 2014 г. достигнут большой прогресс в создании инфраструктуры хранения данных, а также разработана и внедрена первая версия системы мониторинга для BES-III.

На основе метода конечных элементов проведено численное моделирование распределения токов и магнитных полей в сверхпроводнике с переменным током, позволяющее определить потери энергии в сверхпроводнике и, таким образом, оптимизировать его конструкцию. Для токов 2–5 кА (по амплитуде) передающий кабель может состоять из сравнительно небольшого числа элементов  $\text{MgB}_2$ . Его эффективность существенно зависит от распределения токов и магнитных полей, которые, в свою очередь, формируются в зависимости от числа и упорядочивания сверхпроводящих компонент внутри кабеля, а также от магнитных свойств сопутствующих материалов. Численное моделирование позволяет тестировать различные конфигурации кабеля и таким образом получать информацию, необходимую для оптимизации его конструкции. При моделировании учитывалась зависимость критического тока от магнитной индукции и нелинейных свойств магнитных материалов [13].

В рамках самосогласованной теории среднего поля изучен однородный бозе-газ твердых сфер. Показано, что предложенный подход аккуратно описывает основное состояние бозе-газа для произвольных сильных взаимодействий и хорошо согласуется с вычислениями по методу Монте-Карло. Поскольку все другие приближения среднего поля работают только для очень малых параметров газа, предложенная самосогласованная теория представляет собой уникальный метод описания бозе-систем с произвольными параметрами газа [14]. Также показано, что предложенная самосогласованная теория среднего поля является единственным вариантом теории среднего поля, правильно предсказывающей фазовый переход второго рода в бозе-системах с атомными взаимодействиями произвольной силы в отличие от других вариантов, предсказывающих переход первого рода [15].

В рамках коллаборации с Университетом Кейптауна (ЮАР) и Университетом Пловдива (Болгария) в ЛИТ ОИЯИ проведено численное исследование комплексов локализованных структур в двух динамических системах, каждая из которых имеет множество физических приложений. Первая система описывается нелинейным уравнением Шредингера с внешней накачкой и диссипацией (NLS), вторая — уравнением двойного синус-Гордона (2SG). Численный анализ в обоих случаях основан на продолжении соответствующих стационарных решений по параметрам и численном решении линеаризованной задачи на собственные значения для анализа устойчивости и бифуркаций. Для первой системы продемонстрировано существование устойчивых и неустойчивых мультисолитонных структур в случае малой дисси-

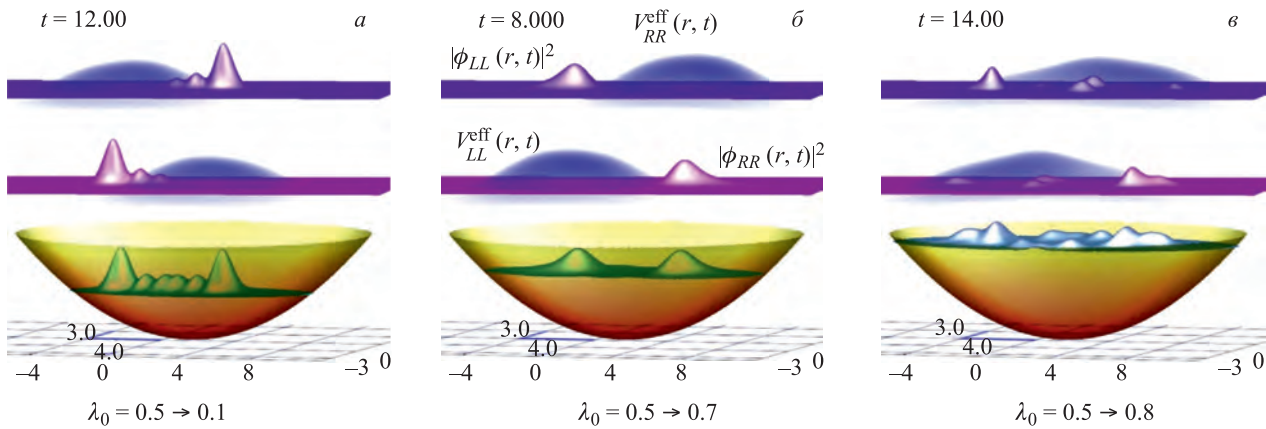


Рис. 5. Визуализация концепции индуцированных временизависимых барьеров в двумерном случае. Эволюция фрагментированных бозонных систем, активированная резким смещением внешнего гармонического потенциала (ловушки)  $V(x, y) \rightarrow V(x - 1,5, y - 0,5)$  с одновременным изменением параметра межчастичного взаимодействия: а) сильное уменьшение межчастичного отталкивания  $\lambda_0 = 0,5 \rightarrow 0,1$ , решение на временном слое  $t = 12$ ; б) умеренное возрастание  $\lambda_0 = 0,5 \rightarrow 0,7$ , решение на временном слое  $t = 8$ ; в) сильное возрастание  $\lambda_0 = 0,5 \rightarrow 0,8$  при  $t = 14$

пации. Для второй системы свойства мультифлюксонных решений 2SG исследованы в зависимости от параметра второй гармоники. Показано, что учет второй гармоники приводит к изменению свойств известных решений и появлению новых сосуществующих флюксонных состояний. Полученные результаты применимы к модели длинных джозефсоновских контактов [16].

В сотрудничестве со словацкими коллегами разработан алгоритм моделирования процесса теплопроводности при проектировании и оптимизации криогенной ячейки, импульсно подающей рабочие газы (в миллисекундном диапазоне) в электронно-струнный источник высокозарядных ионов. Создана модель криогенной ячейки с четырьмя слоями (материалами). Для ускорения расчетов разработан параллельный алгоритм, реализованный на языке OpenCL. Результаты расчетов показывают, что выбранные характеристики и конфигурация устройства удовлетворяют необходимым требованиям к режиму его работы [17].

В рамках сотрудничества между группой по теории многочастичных бозонных систем Центра квантовой динамики Гейдельбергского университета и

Лабораторией информационных технологий ОИЯИ продолжены работы по теоретическому исследованию динамических свойств квантовых систем, реализованных на основе сверххолодных атомов и молекул, находящихся во внешних магнитооптических потенциалах (ловушках). В частности, продолжалась дальнейшая разработка и оптимизация пакета MCTDHB (The Multiconfigurational Time-Dependent Hartree for Bosons package), реализующего одноименный метод численного решения многочастичного нестационарного уравнения Шредингера. Разработанные для пакета MCTDHB программные модули предназначены для проведения 1D-, 2D-, 3D-расчетов на гибридных вычислительных системах, включающих в себя многоядерные CPU и графические ускорители. Параллельные модули реализованы на основе современных технологий параллельного программирования MPI + CUDA (MPI + PGI CUDA). Примеры результатов расчетов пакета MCTDHB приведены на рис. 5.

Разработка, оптимизация и предварительные расчеты проводились на гетерогенном вычислительном кластере HybriLIT (ЛИТ ОИЯИ) и гибридном кластере K100 (ИПМ им. М. В. Келдыша) [18].

## СОВЕЩАНИЯ, КОНФЕРЕНЦИИ

С 3 по 8 февраля в Объединенном институте ядерных исследований прошла XXI Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование». Наряду с ЛИТ ОИЯИ и Международным университетом «Дубна» организаторами конференции стали МГУ им. М. В. Ломоносова, Пушинский центр биологических исследований, Научный совет

РАН по биологической физике, Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Центр национального интеллектуального резерва МГУ, фонд «Национальное интеллектуальное развитие», межрегиональная общественная организация «Женщины в науке и образовании». Традиционно проведены презентация и обсуждение исследовательских проектов

учащихся средних образовательных учреждений в рамках проекта «ФОРОС», которые были организованы в университете «Дубна». Ученики приехали из Москвы, Подмосковья, Твери, Ижевска. Для учащихся, которые не смогли приехать в Дубну, был организован телемост.

Очередное двухдневное рабочее совещание по компьютерной алгебре проходило в ЛИТ ОИЯИ 21–22 мая 2014 г. В нем приняли участие более 40 ученых из университетов и научных центров Бухареста, Софии, Тбилиси, Москвы, Санкт-Петербурга, Иванова, Переславы-Залесского, Петрозаводска, Саратова, Тамбова и Дубны. Было представлено 34 доклада.

Участники ознакомились с рядом новых многообещающих результатов по исследованию и решению алгебраических, дифференциальных и разностных уравнений, по повышению вычислительной эффективности алгоритмов компьютерной алгебры, по исследованию алгебраических свойств запутанных состояний кубитов в квантовой информатике, а также по приложениям компьютерной алгебры в физике и математике.

С 30 июня по 5 июля в Лаборатории информационных технологий проходила шестая международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании». Исполнилось десять лет со дня проведения первой конференции в 2004 г. Стоит отметить, что за эти десять лет конференция превратилась в уникальный форум для обсуждения широкого спектра вопросов, связанных с использованием распределенных и грид-технологий в различных областях науки, образования, промышленности и бизнеса, а также обмена новыми идеями и свежими результатами. В работе конференции приняли участие около 200 ученых из научных центров Армении, Белоруссии, Болгарии, Венгрии, Монголии, Румынии и других стран. Россия была представлена участниками из более чем 30 университетов и исследовательских центров. В рамках конференции была организована работа восьми секций, на которых обсуждалась текущая и будущая роль грид-технологий, добровольных вычислений, облачных технологий, BigData в моделях компьютеринга для мегапроектов в России и мире, таких как NISA и FAIR. Также в рамках конференции было проведено рабочее совещание «Computing models, Software and Data Processing for the future HENP experiments». Всего на конференции заслушано 30 пленарных, свыше 65 секционных и рассмотрено 13 стендовых докладов. В рамках конференции проведены двухнедельные обучающие курсы по технологиям параллельного программирования. Участники из Монголии, Румынии и России заслушали лекции по вопросам, касающимся таких технологий, как MPI, OpenMP, CUDA и OpenCL, практические занятия были проведены на базе гетерогенного вычислительного кластера HybrilIT (<http://hybrilit.jinr.ru/>).

С 25 по 29 августа 2014 г. под эгидой национального комитета Международного сообщества по промышленной и прикладной математике, международного координационного комитета по вычислительной математике академий наук стран СНГ проходила международная молодежная конференция «Современные проблемы прикладной математики и информатики» (MPAMCS'2014). Организаторами конференции выступили ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, ЛИТ ОИЯИ, ИВМ РАН, НИВЦ МГУ им. М. В. Ломоносова. Конференция собрала участников из России, Белоруссии, Таджикистана, Армении, Монголии, Словакии и др. Общее число участников составило 132 человека, из них 108 человек — студенты, аспиранты, молодые ученые в возрасте до 35 лет включительно (более 80% от общего числа участников). На конференции молодые ученые смогли ознакомиться с современными методами и подходами к решению задач науки и техники на высокопроизводительных вычислительных системах, с методами разработки больших комплексов программ, с современными технологиями параллельного программирования, а также с последними достижениями в области эксафлопсных вычислений и Big Data. Лучшие доклады молодых ученых опубликованы в журнале «Математическое моделирование».

С 13 по 16 октября 2014 г. в Дубне проходила очередная, 16-я конференция в серии ежегодных научных конференций «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» — RCDL-2014. Наряду с докладами российских участников из Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Ярославля и др. — сотрудников научно-исследовательских институтов, преподавателей и аспирантов вузов, специалистов библиотечного дела и индустрии информационных технологий — на конференции RCDL-2014 были представлены также доклады ученых из Великобритании, Индии, Казахстана и Франции. На заседаниях 14 секций конференции заслушано 28 докладов и 19 сообщений. По традиции, установившейся в последние годы, в рамках конференции проведен диссертационный семинар молодых ученых, на котором обсуждались направления и результаты научных исследований, выполняемых авторами представленных на семинар докладов.

При поддержке ЛИТ ОИЯИ, ЦЕРН и НИЯУ «МИФИ» с 20 по 24 октября 2014 г. прошла пятая школа по информационным технологиям «Грид и административно-управленческие системы ЦЕРН». Пятая школа была посвящена вопросам управления сложными научными комплексами и информационными системами. Всего в работе школы приняли участие студенты из 12 ведущих высших учебных заведений, в том числе из Санкт-Петербургского государственного университета, МГУ им. М. В. Ломоносова, ННГУ им. Н. И. Лобачевского, РЭУ им. Г. В. Плехана

нова, ТвГУ, НИЯУ «МИФИ», МГТУ им. Н.Э.Баумана, а также студенты из Словакии и Грузии. Для участников школы прочитаны лекции по базам данных, облачным вычислениям, электронным библиотекам, грид-технологиям, разработке программного обеспечения, ускорительному комплексу NICA, созданию центра Tier1 в ОИЯИ. Организаторами школы проведено соревнование среди

участников. В первый день занятий студентам было выдано задание, которое они могли решать и реализовывать в течение всей недели. Лучшее всех справился с заданием Кирилл Корепанов из МГТУ им. Н.Э.Баумана, второе место заняла команда студентов из ТвГУ и третье — из университета «Дубна». По окончании школы победителям были вручены призы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Maeno T. (Brookhaven Nat. Lab.) et al. (ATLAS Col-lab.) // J. Phys. Conf. Ser. 2014. V.513. P.032062; https://inspirehep.net/record/1302031.*
2. *Кореньков В. В. и др. // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. №5. С. 635–642.*
3. *Кореньков В. В., Муравьев А. Н., Нечаевский А. В. // Электронный журнал «Системный анализ в науке и образовании». 2014. Вып. №2.*
4. *Заикина Т. Н. и др. // Тр. XVI Всерос. конф. RCDL-2014, Дубна, 2014. С. 349.*
5. *Аблязимов Т. О. и др. // Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т. 11, №4. С. 828–846.*
6. *Ужинский В., Галоян А. arXiv:1410.6612 [hep-ph]. 2014.*
7. *Gusev A. A. et al. // Comput. Phys. Commun. 2014. V. 185. P. 2636–2654.*
8. *Лукуанов В. К. et al. // Bull. of the Rus. Acad. of Sci. Physics. 2014. V. 78, Iss. 5. P. 421–426.*
9. *Волохова А. В. и др. // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. Т. 6, №2. С. 253–261.*
10. *Oprea A., Adam S., Adam Gh. // Romanian J. of Phys. 2014. No.5–6. P. 544–549.*
11. *Дикусар Н. Д. // Математическое моделирование. 2014. Т. 26, №3. С. 31–48.*
12. *Gerdt V., Khvedelidze A., Palii Yu. // J. Math. Sci.. 2014. V. 200, No. 6. P. 682–689.*
13. *Grilli F. et al. // Physica C: Superconductivity. 2014. V. 504. P. 167–171.*
14. *Yukalov V. I., Yukalova E. P. // Phys. Rev. A. 2014. V. 90. P. 013627-7.*
15. *Yukalov V. I., Yukalova E. P. // J. Phys. B. 2014. V. 47. P. 095302-6.*
16. *Земляная Е. В., Алексеева Н. В., Атанасова П. Х. // Вестн. РУДН. Сер. Математика. Информатика. Физика. 2014. №2. С. 363.*
17. *Айрян А., Прибыш Я. // Вестн. РУДН. Сер. Математика. Информатика. Физика. 2014. №2. С. 67–71.*
18. *Streltsova O. I. et al. // Phys. Rev. A. 2014. V. 89. P. 061602(R).*



## ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

В 2014 г. в лаборатории продолжались работы по теме 04-9-1077-2009/2017 «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий» в следующих направлениях: фундаментальные радиобиологические и радиационно-генетические исследования с тяжелыми заряженными частицами, исследования влияния ускоренных заряженных частиц на центральную нервную

систему и структуры глаза; математическое моделирование радиационно-индуцированных эффектов; радиационные исследования на базовых установках ОИЯИ и в окружающей среде. Имеют продолжение работы по теме 04-9-1112-2013/2015 «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли».

### РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И РАДИОБИОЛОГИЯ

Проведено сравнительное исследование индукции и репарации кластерных двуниевых разрывов (ДР) ДНК при действии  $\gamma$ -квантов  $^{60}\text{Co}$  и ускоренных тяжелых ионов. Показано, что при облучении ионами  $^{11}\text{B}$  (ЛПЭ  $\sim 135$  кэВ/мкм) ДР ДНК формируются вдоль трека прохождения частицы, в то

время как при  $\gamma$ -облучении повреждения равномерно распределены в ядре клетки. Действие ионов  $^{11}\text{B}$  индуцирует формирование тяжелых кластерных повреждений ДНК, репарация которых замедлена по сравнению с  $\gamma$ -облучением (рис. 1, а). Облучение ионами  $^{11}\text{B}$  приводит к формированию в три раза боль-

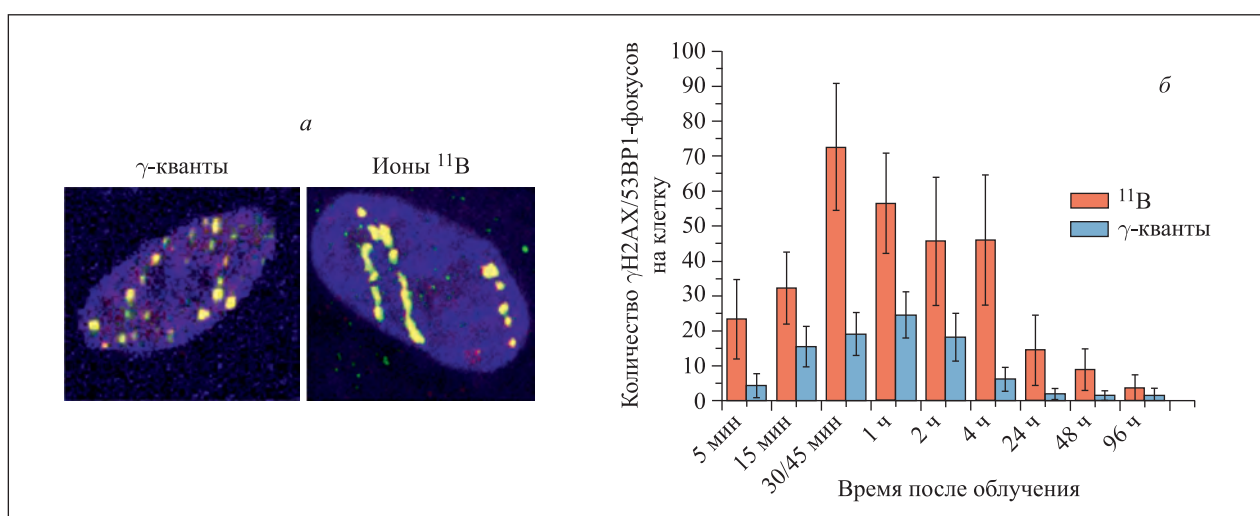


Рис. 1. а) Визуализация ДР ДНК в ядрах фибробластов с использованием метода иммуноцитохимического окрашивания. б) Кинетика формирования и элиминации  $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов (гистон  $\gamma\text{H2AX}$  и репарационный белок 53BP1 — маркеры ДР ДНК) при действии  $\gamma$ -квантов  $^{60}\text{Co}$  и ускоренных ионов  $^{11}\text{B}$



шего количества  $\gamma$ H2AX/53BP1-фокусов по сравнению с облучением  $\gamma$ -квантами. Максимальный выход фокусов после  $\gamma$ -облучения наблюдали по истечении 1 ч пострадиационной инкубации фибробластов, и большая часть фокусов (~ 75 %) элиминировалась в течение 4 ч (рис. 1, б). Работа выполнена с целью изучения механизмов действия тяжелых заряженных частиц космического происхождения на биологические объекты — ключевой проблемы космической радиобиологии [1–7].

Исследованы механизмы, лежащие в основе нелинейности зависимости «доза–эффект» для цитогенетических эффектов в области малых доз ионизирующих излучений. В частности, роль радиационно-индуцированных активных форм кислорода (АФК) в индукции хромосомных aberrаций. Ранее установлено, что ингибирование протеинкиназы Р38 нивелирует гиперчувствительность клеток карциномы молочной железы CAL51 к воздействию  $\gamma$ -излучения, пик которой наблюдался в области 5 сГр. Это позволило рассматривать НАДФ-оксидазу в качестве основного источника АФК, которые ответственны за повышение выхода хромосомных повреждений в области малых доз  $\gamma$ -облучения. Данное предположение было подтверждено в экспериментах по изучению выхода aberrантных клеток CAL51 с использованием ингибитора НАДФ-оксидазы (DPI). Блокирование данной оксидазы, и как следствие генерации АФК, приводит к значительному снижению выхода aberrантных клеток в широком диапазоне доз (рис. 2). При этом пик гиперчувствительности в области 5 сГр полностью нивелируется (рис. 2, врезка), а дозовая зависимость приближается к линейной. Эти данные указывают на то, что гиперчув-

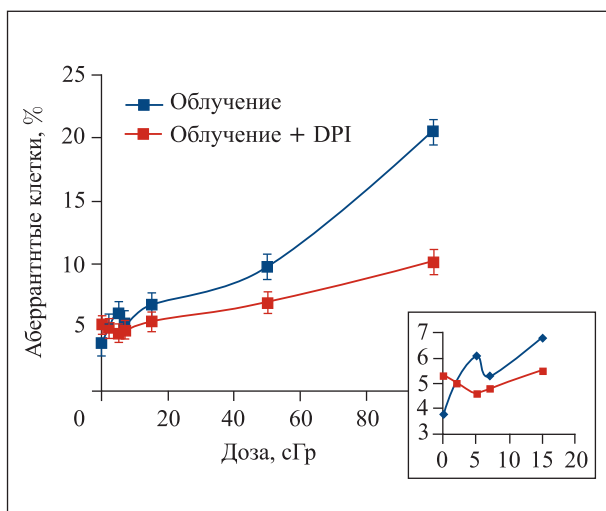


Рис. 2. Влияние ингибитора НАДФ-оксидазы на выход aberrантных клеток CAL 51 при действии  $\gamma$ -излучения

велирует гиперчувствительность клеток карциномы молочной железы CAL51 к воздействию  $\gamma$ -излучения, пик которой наблюдался в области 5 сГр. Это позволило рассматривать НАДФ-оксидазу в качестве основного источника АФК, которые ответственны за повышение выхода хромосомных повреждений в области малых доз  $\gamma$ -облучения. Данное предположение было подтверждено в экспериментах по изучению выхода aberrантных клеток CAL51 с использованием ингибитора НАДФ-оксидазы (DPI). Блокирование данной оксидазы, и как следствие генерации АФК, приводит к значительному снижению выхода aberrантных клеток в широком диапазоне доз (рис. 2). При этом пик гиперчувствительности в области 5 сГр полностью нивелируется (рис. 2, врезка), а дозовая зависимость приближается к линейной. Эти данные указывают на то, что гиперчув-

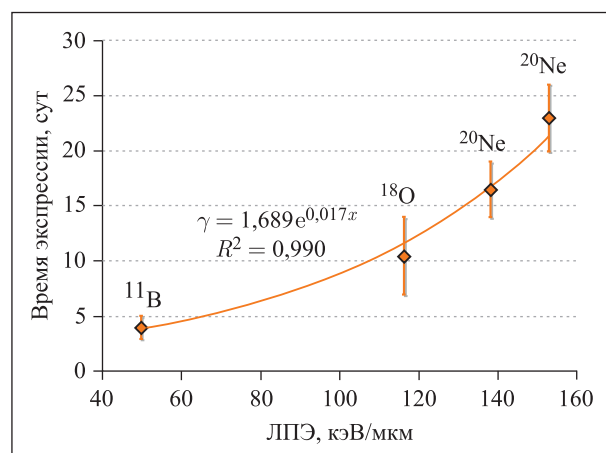


Рис. 3. Максимальный уровень радиационно-индуцированного мутагенеза в клетках китайского хомячка в зависимости от «времени экспрессии» и ЛПЭ ускоренных ионов

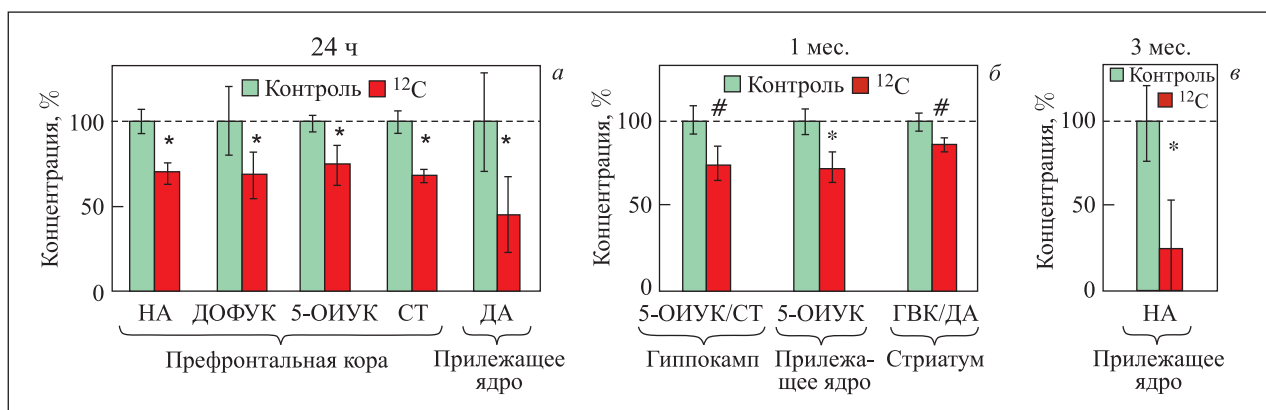


Рис. 4. Изменение уровня моноаминов и их метаболитов в структурах головного мозга крыс после облучения ионами  $^{12}\text{C}$  ( $\pm$ SD; \* —  $p \leq 0,05$ ; # —  $p \leq 0,1$ ). НА — норадреналин, ДА — дофамин, СТ — серотонин, ДОФУК — 3,4-диоксифенилукусная кислота, 5-ОИУК — 5-гидроксииндолукусная кислота, ГВК — гомованилиновая кислота

ствительность в области малых доз  $\gamma$ -облучения обусловлена цитотоксическим действием АФК, генерируемых НАДФ-оксидазой [8].

Исследован радиационно-индуцированный HPRT-мутационез в клетках китайского хомячка (линия V79) после воздействия ускоренных ионов с различной ЛПЭ (50, 116, 138, 153 кэВ/мкм). Обнаружено, что его проявление зависит от сроков высева облученных клеток («времена экспрессии» мутаций) в селективную питательную среду с 6-тиогуанином и ЛПЭ-излучений. Частота спонтанного и радиационно-индуцированного мутагенеза после экспрессии в течение 4 сут составила  $\sim 1,2 \cdot 10^{-5}$ . При увеличении периода экспрессии отмечено увеличение уровня мутагенеза до максимального значения с последующим его снижением до спонтанного уровня. Положение этого максимума зависело от ЛПЭ ускоренных ионов (рис. 3). С увеличением ЛПЭ значение максимума смещается в сторону более длинных «времен экспрессии». Например, максимальный уровень мутагенеза наблюдался через 11 сут после облучения ускоренными ионами кислорода  $^{18}\text{O}$  (ЛПЭ  $\sim 116$  кэВ/мкм) и через 23 сут после облучения ускоренными ионами неона  $^{20}\text{Ne}$  (ЛПЭ  $\sim 153$  кэВ/мкм). На основании проведенных ранее исследований можно предположить, что повышенный уровень радиационно-индуцированного мутагенеза определяется возрос-

шей хромосомной нестабильностью популяции облученных клеток и его проявление в разные «времена экспрессии» зависит от тяжести первоначальных повреждений [9].

Проведено исследование обмена моноаминов в различных структурах головного мозга крыс после облучения ускоренными тяжелыми ионами. Показано, что при действии ионов  $^{12}\text{C}$  (ЛПЭ  $\sim 10$  кэВ/мкм) наиболее выраженные эффекты наблюдаются в острый период после радиационного воздействия, составляющий 24 ч. На протяжении последующих трех месяцев происходит восстановление индуцированных нарушений (рис. 4). Во все сроки после облучения выявлена повышенная чувствительность прилежащего ядра, что указывает на важную роль этой структуры мозга в радиационно-индуцированном нарушении когнитивных функций и эмоционально-мотивационных состояний [10–12].

В сотрудничестве со специалистами из Национального института рака в Неаполе и Университета Удине выполнен начальный этап работ по исследованию противолучевых свойств рекомбинантной формы марганец-супероксиддисмутазы (rMnSOD). У мышей, облученных протонами в сублетальной дозе, воспроизведена костномозговая форма острой лучевой болезни. Шестикратное ежедневное введение rMnSOD после облучения обеспечило статисти-

Время после облучения	Группа животных	Масса тела, г	Масса селезенки, мг	Масса тимуса, мг	ККМ, $N \cdot 10^6/\text{бедро}$	ЧЛ, $N \cdot 10^9/\text{л}$	МИ, %	ЧАМ, %
43 ч	Контроль	26,4 $\pm$ 1,5	126,8 $\pm$ 30,5	21,4 $\pm$ 9,0	49,4 $\pm$ 5,6	9,3 $\pm$ 2,0	2,5 $\pm$ 0,9	2,2 $\pm$ 3,2
	Однократное введение rMnSOD сразу после облучения	24,8 $\pm$ 1,3	29,0 $\pm$ 5,1	11,8 $\pm$ 1,3	22,9 $\pm$ 2,4	0,9 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,1	47,6 $\pm$ 2,8
	Однократное введение ФР сразу после облучения	24,2 $\pm$ 1,5	31,8 $\pm$ 1,9	11,5 $\pm$ 1,0	24,2 $\pm$ 1,7	0,9 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,2	45,9 $\pm$ 8,1
7-е сут	Однократное введение rMnSOD сразу после облучения	24,6 $\pm$ 1,1	34,8 $\pm$ 3,1	14,8 $\pm$ 3,4	63,1 $\pm$ 1,0	4,5 $\pm$ 0,4	1,6 $\pm$ 0,3	26,7 $\pm$ 3,3
	Однократное введение ФР сразу после облучения	24,8 $\pm$ 0,8	33,2 $\pm$ 9,5	11,7 $\pm$ 1,5	64,7 $\pm$ 4,9	6,1 $\pm$ 1,9	1,5 $\pm$ 0,2	22,7 $\pm$ 2,9
	Ежедневное введение rMnSOD	25,2 $\pm$ 1,9	62,2 $\pm$ 16,2	39,0 $\pm$ 18,1	79,5 $\pm$ 1,7	7,4 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,3	29,5 $\pm$ 4,8
	Ежедневное введение ФР	24,6 $\pm$ 1,3	32,4 $\pm$ 3,4	13,0 $\pm$ 6,2	67,9 $\pm$ 2,6	5,3 $\pm$ 1,2	1,3 $\pm$ 0,2	29,4 $\pm$ 10,5

*Примечание.* Сокращения в таблице: ФР — физиологический раствор, ККМ — клеточность костного мозга, ЧЛ — число лейкоцитов в периферической крови, МИ — митотический индекс клеток костного мозга, ЧАМ — число aberrантных митозов в клетках костного мозга.

чески достоверное ускоренное восстановление массы тимуса, массы селезенки и числа лейкоцитов в периферической крови животных на седьмые сутки после воздействия радиации (см. табл.). Полученные ре-

зультаты указывают на наличие лечебного эффекта у препарата  $\gamma$ MnSOD при острой лучевой болезни на уровне сублетальной дозы протонного облучения [13, 14].

## ФОТОРАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тотальное облучение мышей ускоренными протонами и  $\gamma$ -квантами в дозе 14 Гр не приводит к морфологическим и функциональным изменениям в сетчатке глаза мышей (рис. 5).

В ответ на такое облучение формируются одно- и двунитевые разрывы ДНК в сетчатке, которые репарируются в течение 24 ч (рис. 6). Вместе с тем в ответ на облучение сетчатки ускоренными протонами в дозе 14 Гр экспрессируются белки P53 и ATM, но они не запускают механизма апоптоза. Результаты этой части работы говорят о том, что в сетчатке *in vivo* имеется порог генотоксической устойчивости при воздействии ионизирующего излучения в дозах менее 14 Гр. Доза выше пороговой вызывает дегенерацию сетчатки, гибель фоторецепторов. При облучении головы мышей ускоренными протонами в дозе 25 Гр наблюдается необратимое снижение функциональной активности сетчатки глаза. Тем не менее отмечается полная репарация разрывов ДНК в сетчатке глаза мышей. Отсюда следует, что репарация повреждений ДНК необходима, но недостаточна для восстановленных процессов в сетчатке.

Ранее было показано, что облучение протонами в дозе 1 Гр снижает МНМ-индуцированную гибель фоторецепторов и стимулирует в клетках сетчатки репарацию двунитевых разрывов ДНК. Этот ре-

зультат подтвержден снижением апоптотической дегенерации двунитевой ДНК в клетках радиационно-прекондиционированной сетчатки [15–17].

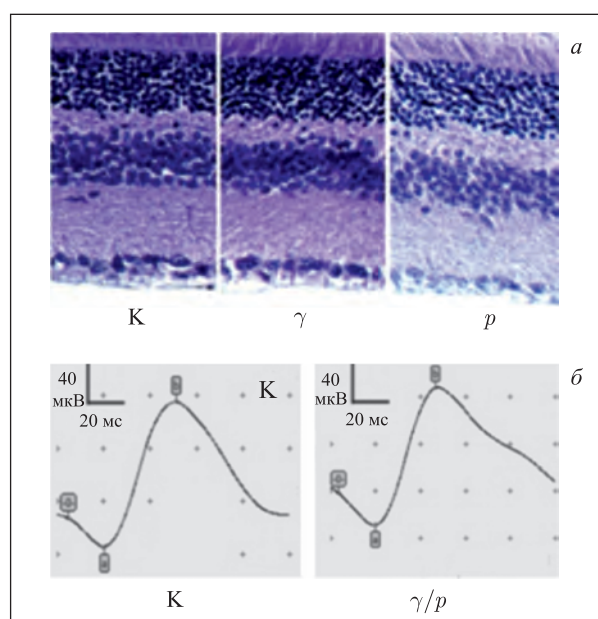


Рис. 5. Микрофотографии срезов (а) и электроретинограмма (б) сетчатки глаза мышей после общего облучения их ускоренными протонами и  $\gamma$ -квантами в дозе 14 Гр

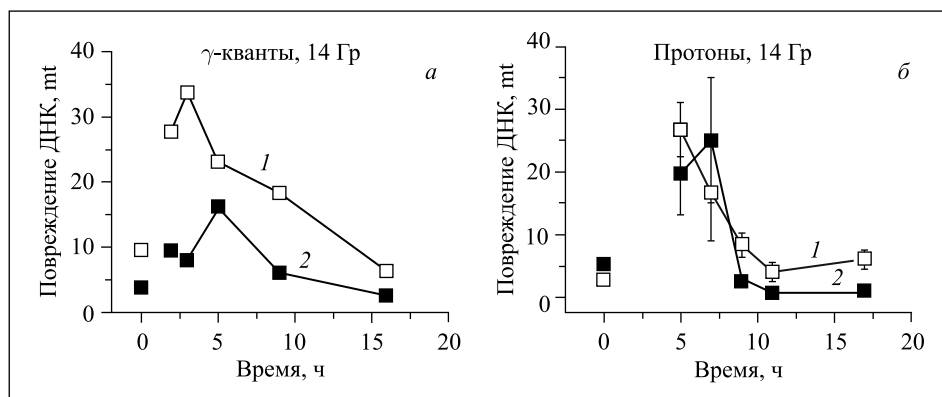


Рис. 6. Динамика репарации однострунных (1) и двунитевых (2) разрывов ДНК в сетчатке глаза *in vivo* после облучения мышей  $\gamma$ -квантами (а) и протонами (б) в дозе 14 Гр

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

Построена детальная математическая модель мутационного процесса, индуцированного ультрафиолетовым излучением (УФ), в репарационно-дефицитных клетках *E. coli*. На основе модели возможен анализ закономерностей и механизмов влияния дефектов в различных генах на репарацию повреждений и уровень мутагенеза (рис. 7). Предложенная модель является результатом обобщения и формализации большого числа экспериментальных данных по системам репарации бактерий и индуцированному мутагенезу и может быть использована для прогнозирования реакции бактериальных клеток на излучения с разными физическими характеристиками [18].

Разработана математическая модель, описывающая основные механизмы репарации двуниевых разрывов ДНК при действии ионизирующих излучений разного качества. Предложенный расчетный подход позволяет воспроизводить кинетику формирования и элиминации  $\gamma$ H2AX-фокусов, уровень которых кор-

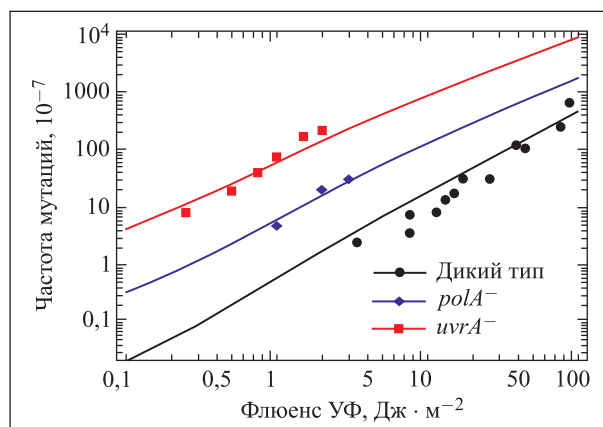


Рис. 7. Частота УФ-индуцированных мутаций в клетках *E. coli*, имеющих дефекты в системе эксцизионной репарации в *uvrA*-гене и *polA*-генах. Результаты расчетов (линии) сравниваются с экспериментальными данными (точки) (Bates H. et al. // J. Bacteriol. 1989. V. 171. P. 2480–2484; Kato T. et al. // Genetics. 1974. V. 87. P. 1–18)

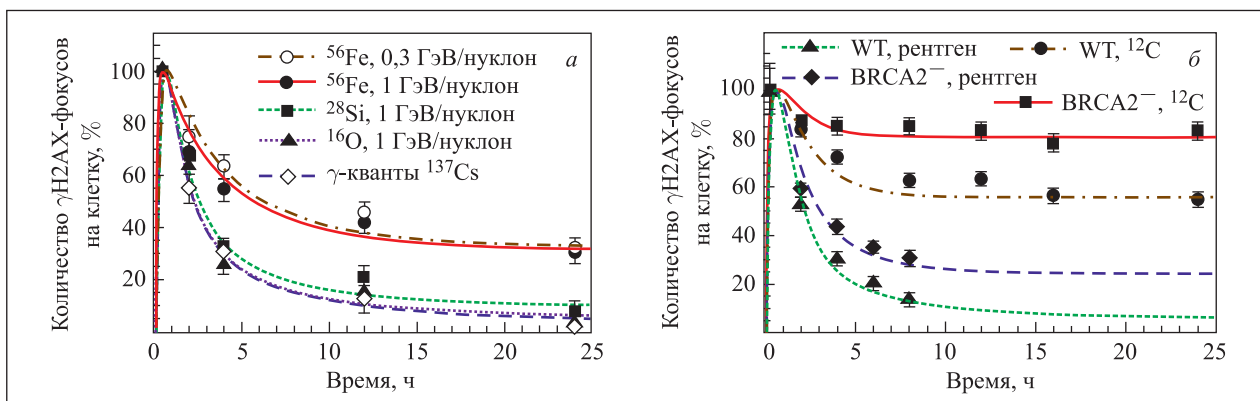


Рис. 8. а) Кинетика формирования и элиминации радиационно-индуцированных  $\gamma$ H2AX-фокусов в фибробластах кожи человека. б) Сравнительная оценка кинетики  $\gamma$ H2AX-фокусов в клетках дикого типа (WT) и в клетках, содержащих дефекты в системе репарации ДР ДНК (BRCA2<sup>-</sup>). Кривые — результаты расчета, точки — экспериментальные данные (Asaithamby A. et al. // Radiat. Res. 2008. V. 169(4). P. 437–446; Shibata A. et al. // EMBO J. 2011. V. 30. P. 1079–1092)

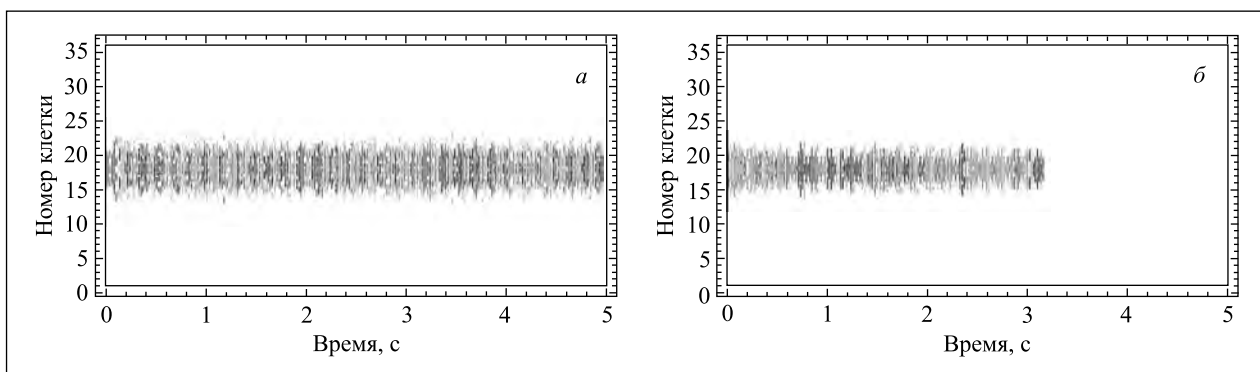


Рис. 9. Расчет пространственно-временной активности участка нейронной сети в ходе кратковременного удержания информации об объекте в контрольном образце (а) и при дозе облучения выше пороговой (б)

релирует с количеством ДР ДНК в клетке. Построенная модель отражает основные временные характеристики восстановления ДР при действии излучений в широком диапазоне значений ЛПЭ: от  $\gamma$ -квантов  $^{137}\text{Cs}$  до тяжелых ионов  $^{56}\text{Fe}$  (рис. 8, а). Показано, что модель может быть применена для описания кинетики репарации ДР ДНК в клетках, содержащих дефекты в системе репарации (рис. 8, б) [19, 20].

Проведено исследование влияния ионизирующего излучения на пространственно-временную динамику биофизической модели нейронной сети, отвечающей за кратковременное удержание информации об объекте (рис. 9). Показано, что изменение свойств синаптических рецепторов, обусловленное действием заряженных частиц, вызывает потерю устойчивости специфических паттернов активности при дозе облучения, превышающей пороговую. Предложенная математическая модель может быть использована для теоретической оценки нарушения когнитивных функций при действии ионизирующих излучений различного качества, в том числе при решении задач космической радиобиологии [21].

В соавторстве с коллегами из Сербии (Институт ядерных наук «Винча») разработана модель нелинейной динамики микроотрубочек, входящих в состав нервных клеток. Развита математический аппарат ис-

следования таких систем. Аналитически и численно получены основные типы решений, описывающих распространение нелинейных локализованных колебаний и структурных переходов. Показано, что затухание сигнала не препятствует переносу информации на масштабе порядка длины микроотрубочки (рис. 10). Результаты исследования позволяют выя-

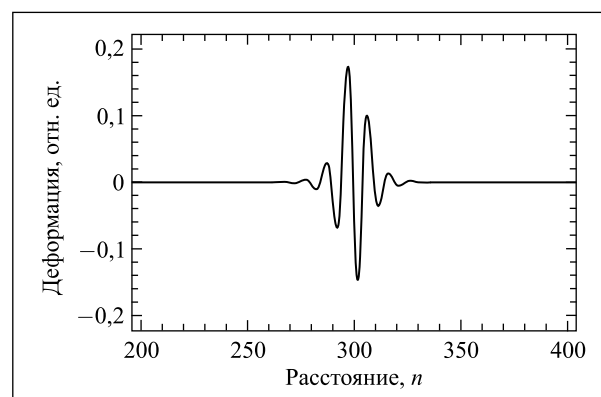


Рис. 10. Типичная форма сигнала в микроотрубочке. Расстояние распространения задается числом  $n$  структурных субъединиц (димеров тубулина)

вить картину механизмов переноса сигналов и транспорта молекул вдоль микроотрубочек в ходе внутриклеточных процессов [22].

## ФИЗИКА ЗАЩИТЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На установке «Геном-М» циклотрона МЦ-400 Лаборатории ядерных реакций при ускорении ядер  $^{11}\text{B}$  до энергии 33 МэВ/нуклон были выполнены облучения большого количества биологических образцов. Ведутся работы по совершенствованию системы контроля качества пучка ионов на установке «Геном-М», в частности, по созданию двумерного  $\Delta E-E$ -спектрометра тяжелых ионов. На медицинском пучке протонов фазотрона ЛЯП с энергией 170 МэВ в 2014 г. проведено два сеанса облучения биологических образцов.

В рамках астробиологических исследований выполнено два эксперимента по облучению формамида с космической пылью на пучке протонов (ЛПЭ  $\sim 0,6$  кэВ/мкм) фазотрона ЛЯП и на пучке ионов  $^{11}\text{B}$  (ЛПЭ  $\sim 200$  кэВ/мкм) циклотрона МЦ-400 ЛЯП при разных значениях поглощенной дозы. С целью изучения элементного состава метеоритов ряд используемых образцов был подвергнут нейтронно-активационному анализу на установке РЕГАТА импульсного реактора ИБР-2. Проводится  $\gamma$ -спектрометрический анализ облученных образцов метеоритов.

Продолжены работы по прогнозированию радиационной обстановки на основе МК-программы транспорта излучений в веществе MCNPX на проектируемом бустерном синхротроне комплекса NICA. Исследовались вопросы адекватности радиационного контроля по амбиентной дозе нейтронов соблюдению нормативных требований по эффективной дозе нейтронов в полях излучений на ядерно-физических установках ОИЯИ [23].

В рамках совместных работ с ЛНФ и ИКИ РАН по ядерной планетологии создан экспериментальный стенд для проведения натуральных испытаний приборов на моделях планетарных грунтов и их градуировки. С целью снижения фона рассеянных нейтронов стенд размещен в ангаре на открытой площадке вблизи корпуса 72 ЛРБ. Стенд предназначен для работы с нейтронными генераторами и отвечает всем требованиям радиационной безопасности (по блокировкам, сигнализации, автоматизированной системе зонного радиационного контроля по нейтронам и  $\gamma$ -квантам). В качестве первой модели «сухого» грунта используется массив флот-стекла общим весом около 25 т. Для имитации подповерх-

ностного водяного льда внутри массива стекла помещаются слои полиэтилена. На стенде проводятся исследования контрольного прибора DAN, аналогич-

ного тому, что работает на Марсе в составе ровера «Curiosity», а также спектрометра АДРОН для изучения элементного состава поверхности Луны.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЕ И В БЛИЖАЙШЕМ КОСМОСЕ

Анализируются реакции синтеза химических соединений из формамида  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  (продукта гидролиза  $\text{HCN}$ ) при действии излучений с разной ЛПЭ. Реакции синтеза осуществлялись при облучении ускоренными протонами и ионами  $^{11}\text{B}$  и  $^{12}\text{C}$  в присутствии катализаторов, полученных из метеоритов различных классов. На основании выполненных экспериментов сделан вывод о том, что в системе «формамид – вещество метеоро-

ритов + ионизирующее излучение» в заметных количествах формируются пребиотические соединения вплоть до нуклеозидов — основных фрагментов, входящих в состав РНК и ДНК. Получены представители всех классов молекул, необходимых для образования жизни на Земле: карбоновые кислоты, аминокислоты (рис. 11), сахара, нуклеиновые основания, нуклеозиды (рис. 12) и другие сложные соединения [24, 25].

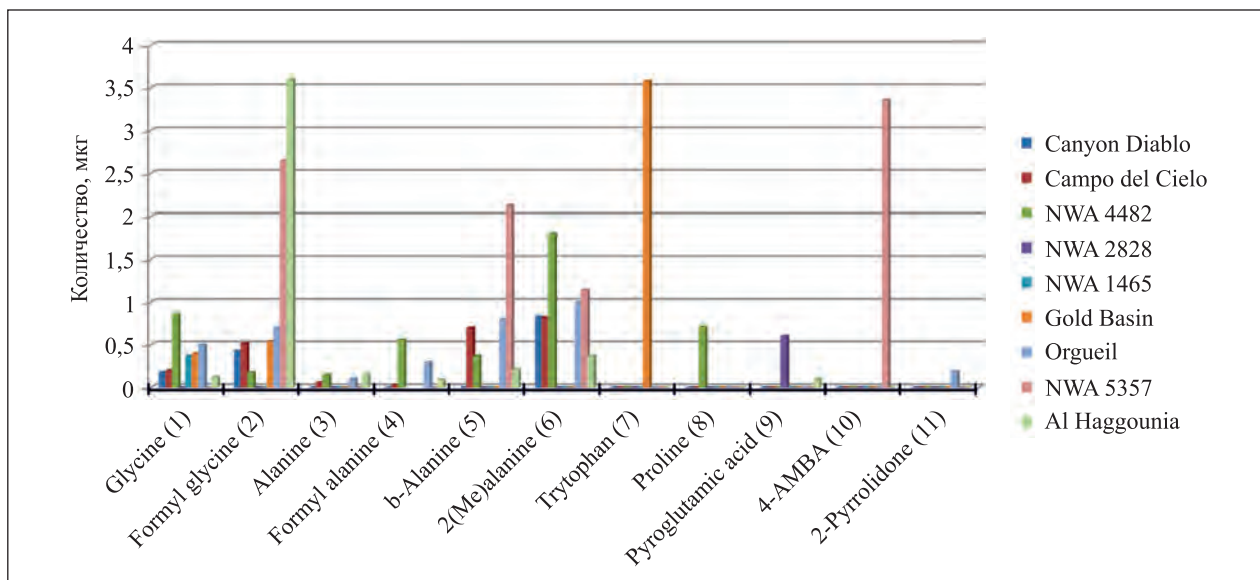


Рис. 11. Данные по образованию аминокислот

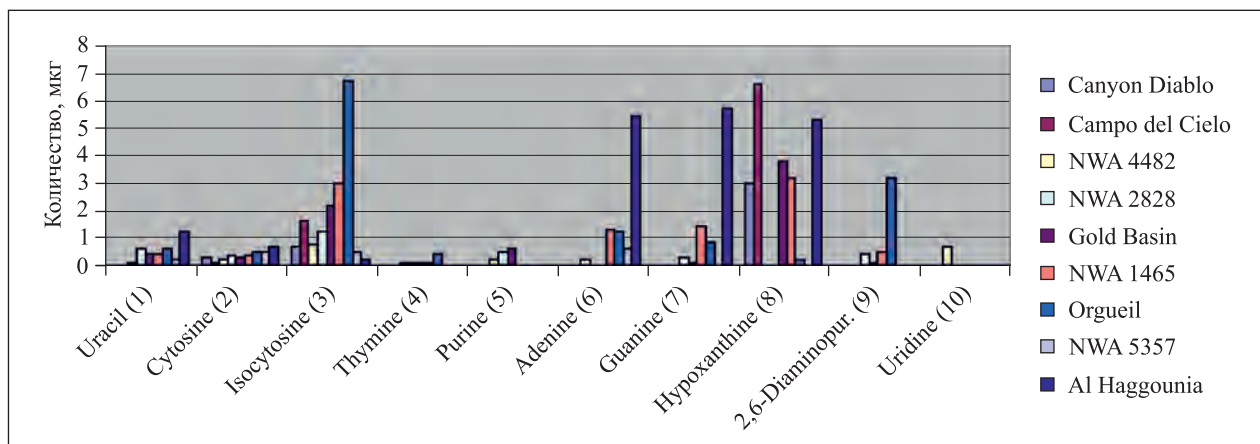


Рис. 12. Данные по образованию нуклеиновых оснований и нуклеозидов

## КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

В течение 2014 г. сотрудники лаборатории приняли участие в 8 научных конференциях в России и в 5 — проходивших в различных странах.

Совместно с Научным советом по астробиологии при Президиуме РАН, Научным советом по радиобиологии РАН, Научным советом РАН по проблемам палеобиологии и эволюции органического мира, Институтом медико-биологических проблем РАН, Палеонтологическим институтом им. А. А. Борисяка РАН, Международным университетом «Дубна» проведена двухдневная конференция «Актуальные проблемы общей и космической радиобиологии и астробиологии» (памяти академиков Н. М. Сисакяна и А. Н. Сисакяна). В ходе нее рассмотрены вопросы фундаментальной радиационной биологии, космической радиобиологии и астробиологии: цитогенетические эффекты, индуцированные облучением, закономерности индукции и репарации повреждений ДНК; радиационные и радиобиологические аспекты

длительных пилотируемых космических полетов; вопросы обеспечения радиационной безопасности длительных космических полетов; действие тяжелых заряженных частиц высоких энергий на структуры и функции центральной нервной системы; моделирование действия тяжелых заряженных частиц космического происхождения на биологические объекты; биогеохимические исследования космической пыли; исследования биофоссилий в метеоритах и древних земных породах; вопросы исследования космического вещества методами ядерной физики.

Продолжался учебный процесс на кафедре «Биофизика» университета «Дубна». По специальности «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» обучается 48 студентов и по специальности «Радиобиология» 6 аспирантов. В 2014 г. на кафедру принято 8 новых студентов. 8 студентов успешно закончили обучение и получили диплом инженера-физика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

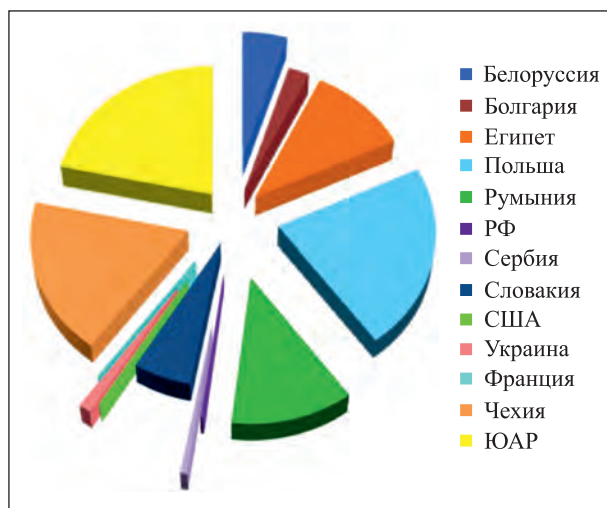
1. Ježková L. et al. Function of Chromatin Structure and Dynamics in DNA Damage, Repair and Mismatch:  $\gamma$ -Rays and Protons in Action // *Appl. Radiat. Isot.* 2014. V. 83. P. 128–136.
2. Falk M. et al. Primary and Secondary Clustering of DSB Repair Foci and Repair Kinetics Compared for  $\gamma$ -Rays, Protons of Different Energies, and High-LET  $^{20}\text{Ne}$  Ions // *J. Radiat. Res.* 2014. V. 55. P. i79–i80; DOI: 10.1093/jrr/rrt210.
3. Falk M. et al. Chromatin Differentiation of White Blood Cells Decreases DSB Damage Induction, Prevents Functional Assembly of Repair Foci, but Has no Influence on Protrusion of Heterochromatic DSBs into the Low-Dense Chromatin // *J. Radiat. Res. (Impact Factor: 1.45)*. 03/2014. V. 55, Suppl. 1. P. i81–i82; DOI: 10.1093/jrr/rrt194.
4. Ježková L. et al. Function of Chromatin Structure and Dynamics in DNA Damage, Repair and Mismatch:  $\gamma$ -Rays and Protons in Action // *Appl. Radiat. Isot.* 2014. V. 83. Pt. B: 128–36.
5. Falk M. et al. Primary and Secondary Clustering of DSB Repair Foci and Repair Kinetics Compared for  $\gamma$ -Rays, Protons of Different Energies, and High-LET  $^{20}\text{Ne}$  Ions // *J. Radiat. Res. (Impact Factor: 1.45)*. 03/2014. V. 55, Suppl. 1. P. i79–i80; DOI: 10.1093/jrr/rrt210.
6. Falk M. et al. Determining Omics Spatiotemporal Dimensions Using Exciting New Nanoscopy Techniques to Assess Complex Cell Responses to DNA Damage: Part A — Radiomics // *Crit. Rev. in Eukaryotic Gene Expression*. 2014. V. 24(3). P. 205–223.
7. Falk M. et al. Determining Omics Spatiotemporal Dimensions Using Exciting New Nanoscopy Techniques to Assess Complex Cell Responses to DNA Damage: Part B — Structuromics // *Crit. Rev. in Eukaryotic Gene Expression (IF = 2.065)*. 2014. V. 24(3). P. 225–247.
8. Рзянина А. В. и др. Радиочувствительность клеток карциномы молочной железы человека CAL51 в области малых доз  $\gamma$ -излучения и ее модификации // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2015. № 2 (в печати).
9. Blaha P. et al. HPRT Mutant Induction in V79 Cells at Different Times after Heavy Ion Irradiation // *Abstract Book of the 60th Radiation Research Society Meeting*. Las Vegas, USA, Sept. 21–24, 2014. P. 153.
10. Штемберг А. С. и др. Воздействие высокоэнергетических протонов в пике Брэгга на поведение крыс и обмен моноаминов в некоторых структурах мозга // *Нейрохимия*. 2015. Т. 32, № 1. С. 1–8.
11. Белокопытова К. В. и др. Распределение моноаминов и их метаболитов в структурах головного мозга крыс в поздние сроки после облучения ионами  $^{12}\text{C}$  // *Нейрохимия*. 2015 (в печати).
12. Belokopytova K. et al. Early and Long-Term Effects of Low- and High-LET Radiation on Rat Behavior and Monoamine Metabolism in Different Brain Regions // *The 40th COSPAR Scientific Assembly*.

- Aug. 2–10, 2014, Moscow. Book of abstracts. P.F2.1-13-14.
13. *Ambesi-Impiombato F. S. et al.* Effect of Recombinant Manganese Superoxide Dismutase (rMnSOD) on the Hematologic Status in Mice Irradiated by Protons // *Med. Radiol. Radiat. Safety.* 2014. V.59(6). P. 5–17.
  14. *Ambesi-Impiombato F. S. et al.* The 40th COSPAR Scientific Assembly. Aug. 2–10, 2014, Moscow. Book of abstracts. P.F2.2-28-14.
  15. *Виноградова Ю.В. и др.* Повреждение и функциональное восстановление сетчатки у мышей после воздействия ионизирующего излучения и метилнитрозомочевины // *Радиационная биология и радиэкология.* 2014. Т. 54, №4. С. 385–392.
  16. *Tronov V. A. et al.* Mouse Retinal Adaptive Response to Proton Irradiation: Correlation with DNA Repair and Photoreceptor Cell Death // *Phys. Part. Nucl., Lett.* 2015. V. 12, No. 1. P. 173–183.
  17. *Тронов В.А. и др.* Радиационное прекондиционирование сетчатки глаза у мышей *in vivo* повышает ее устойчивость к последующему генотоксическому воздействию и стимулирует восстановление // *Цитология.* 2015. Т. 56, №2 (в печати).
  18. *Bugay A. N. et al.* Modeling Nucleotide Excision Repair and Its Impact on UV-Induced Mutagenesis during SOS-Response in Bacterial Cells // *J. Theor. Biol.* 2015. V. 364, No. 1. P. 7–20.
  19. *Belov O. et al.* A Quantitative Model of the Major Pathways for Radiation-Induced DNA Double-Strand Break Repair // *J. Theor. Biol.* 2014. DOI: 10.1016/j.jtbi.2014.09.024. P. 1–16.
  20. *Belov O. et al.* A Quantitative Model of the Major Pathways for Radiation-Induced DNA Double-Strand Break Repair. JINR Preprint E19-2014-39. Dubna, 2014. 32 p.
  21. *Бугай А.Н., Пархоменко А.Ю.* Влияние ионизирующих излучений на транспорт сигналов в нервной системе // VII съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность). 21–24 окт. 2014 г., Москва. Тез. докл. С. 368.
  22. *Zdravkovic S. et al.* Localized Modulated Waves in Microtubules // *Chaos.* 2014. V. 24, No.2. P. 023139.
  23. *Krylov A. et al.* GEANT4, MCNPX, and SHIELD Code Comparison Concerning Relativistic Heavy Ion Interaction with Matter // *Phys. Part. Nucl., Lett.* 2014. V. 11, No. 4.
  24. Проблемы изучения космической пыли на Земле (к программе исследования) / Под ред. Бочкарева Н.Г. Сост. Гиндилис Л.М., Капралов М.И. Дубна, 2014. 87 с.
  25. *Saladino R. et al.* Meteorite-Catalyzed Syntheses of Nucleosides and of Other Compounds of Prebiotic Relevance from Formamide under Proton Irradiation // *PNAS.* 2015 (in print).



## Международная студенческая практика.

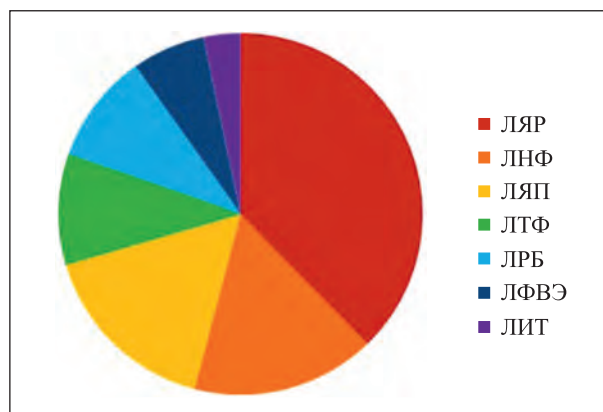
Со времени открытия в 2004 г. международных студенческих практик по направлениям исследований ОИЯИ в них приняли участие 1012 представителей Белоруссии, Болгарии, Египта, Польши, Румынии, РФ, Сербии, Словакии, США, Украины, Франции, Чехии и ЮАР.



Количество участников международных практик (2004–2014 гг.)

Летняя студенческая практика по направлениям исследований ОИЯИ в 2014 г. проводилась в три этапа. Первый этап практики 18 мая–8 июня был организован для 24 египетских студентов, во втором этапе с 6 по 27 июля принимали участие 70 студентов из Болгарии, Польши, Румынии, Словакии и Чехии. Участниками заключительного, третьего этапа с 7 по 28 сентября 2014 г. стали 46 студентов из ЮАР, Белоруссии и Сербии. Кроме посещения ознакомительных лекций и экскурсий на базовые установки Института, практиканты выполняли учебно-исследовательские проекты в лабораториях ОИЯИ. Участники практики имеют возможность заранее познакомиться с описаниями учебно-исследовательских проектов, размещенных на сайте УНЦ. В базе 55 проектов, из них 23 проекта ЛЯР.

Отчеты-презентации студентов о выполненных проектах по окончании практик размещены на страницах практик сайта УНЦ.



База учебно-исследовательских проектов для участников практик в 2014 г.

## Образовательный процесс на базе ОИЯИ.

В 2014 г. в Учебно-научном центре проходили обучение 422 студента и аспиранта базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИРЭА, университета «Дубна» и университетов стран-участниц ОИЯИ.

В летней производственной практике 2014 г. приняли участие 27 студентов старших курсов Белорусского государственного университета информатики и радиотехники, Воронежского государственного университета, Казанского национального исследовательского технологического университета, Московского государственного университета, Московского энергетического института, Смоленского государственного университета, Томского политехнического университета. На сайте УНЦ (<http://uc.jinr.ru/>) база данных содержит 77 учебных курсов в разделах «Физика частиц и квантовая теория поля», «Ядерная физика», «Конденсированные среды, физика наноструктур и нейтронная физика», «Физические установки», «Информационные технологии», «Математическая и статистическая физика».

**Аспирантура ОИЯИ.** В 2014 г. в аспирантуре ОИЯИ обучались 37 человек из Армении, Белоруссии, Германии, Казахстана, РФ, из них по специальности «Теоретическая физика» — 14 человек, по специальности «Физика атомного ядра и элементарных частиц» — 9, по специальности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» — 6 человек. Научное руководство аспирантами осуществляют 14 научных сотрудников ЛТФ, 8 — ЛФВЭ, 7 — ЛИТ, 3 — ЛЯР, 3 — ЛЯП, 2 сотрудника ЛНФ. Кандидатские диссертации защитили 3 аспиранта.

**Новые студенческие программы.** В 2014 г. в ОИЯИ открылась новая летняя студенческая программа. При разработке этой программы учитывался опыт работы аналогичной летней студенческой программы в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН). Участники программы выбираются сотрудниками Института на конкурсной основе. В 2014 г. было подано 30 заявок на участие из 9 стран-участниц, из которых было отобрано 8 — от студентов и аспирантов из РФ, Египта, Польши, Кубы и Чехии. Участники программы в течение 6–8 недель с июня по сентябрь выполняли исследовательские проекты в ЛФВЭ, ЛИТ и ЛЯП. С отчетами студентов о проделанной работе можно ознакомиться на сайте программы по адресу [students.jinr.ru](http://students.jinr.ru).

В целях расширения сотрудничества между ОИЯИ и Чехией осенью 2014 г. стартовала программа, позволяющая студентам и аспирантам принимать участие в фундаментальных и прикладных исследованиях в научных центрах Чехии.

**Организация научных школ для учителей физики в ОИЯИ и ЦЕРН.** УНЦ совместно с Европейской организацией ядерных исследований продолжает организовывать в ОИЯИ и в ЦЕРН международные научные школы для учителей физики из стран-участниц. Информация об организации и проведении школ размещается на специальном сайте «Виртуальная академия физики высоких энергий» (<http://teachers.jinr.ru/>).

С 23 по 27 июня участниками школы в ОИЯИ были 26 учителей физики РФ, Белоруссии и Болгарии и 12 их учеников. По инициативе московского городского Дома учителя с 30 июня была организована отдельная программа для 20 учителей физики из Москвы.

В программе школ — лекции ведущих сотрудников ОИЯИ о современных исследованиях, экскурсии в лаборатории и на базовые установки. В рамках школ предусмотрена конференция учителей для обмена педагогическим опытом, а также занятия в лабораторном физическом практикуме УНЦ для учащихся.

Во время видеоконференции с ЦЕРН при проведении школы в 2014 г. можно было задать вопросы о

деятельности этой организации и познакомиться со специальной программой для учителей.

2–8 ноября в работе школы в ЦЕРН принимали участие 42 преподавателя физики школ РФ, Армении, Белоруссии, Казахстана, Украины. Лекции читали сотрудники ведущих научных центров из стран-участниц ОИЯИ, работающие в ЦЕРН.

**Мастерская физики «105-й элемент» свободного образовательного проекта «Летняя школа».** 25 студентов естественно-научных и инженерных специальностей с 21 июля по 3 августа 2014 г. принимали участие в работе мастерской физики «105-й элемент» свободного образовательного проекта «Летняя школа» <http://letnyayashkola.org/>, организованной в Дубне на базе дома отдыха ОИЯИ «Волга». Программа мастерской включала лекционную и экскурсионную части, а также практические занятия. Лекции были посвящены широкому спектру проблем ядерной физики, физики элементарных частиц и релятивистских тяжелых ионов, физики нейтрино и космологии, конденсированного состояния, биофизики и радиобиологии. Участники совершили экскурсии на базовые установки ОИЯИ, выполнили практические работы, а также приняли участие в видеоконференции с ЦЕРН. По результатам работы мастерской студенты-участники представили свои доклады на общем научном семинаре школы.

**Международная научно-практическая конференция «Флеровские чтения-2014».** В начале января 2014 г. для школьников и студентов-первокурсников была организована международная научно-практическая конференция «Флеровские чтения-2014». Организаторы — ОИЯИ, свободный образовательный проект «Летняя школа», дубненский лицей № 6.

**«День физики» в Дубне.** 25–29 марта 2014 г. в Дубне проводились мероприятия для детей и взрослых под общим названием «День физики». Организаторы — УНЦ ОИЯИ, Музей истории науки и техники ОИЯИ, универсальная библиотека им. Д. И. Блохинцева и межшкольный физико-математический факультатив. В программу входили научно-популярные лекции, экскурсии, демонстрации физических опытов, командный турнир «Квантовый марафон», естественно-научные игры для школьников «Броуновское движение».

**Видеоконференции.** Учебно-научный центр ОИЯИ организует видеоконференции и оказывает содействие в их проведении, а также осуществляет видеотрансляции через систему управления видеоконференций ОИЯИ, где в УНЦ, в точке двустороннего доступа, можно принять участие в заседании, задать вопросы и выступить в дискуссии.

В 2014 г. состоялись видеоконференции:

— видеотрансляция научной сессии ОФН РАН из ФИАН «Физика на Большом адронном коллайдере. Бозон Хиггса»;

— видеоконференция «Исследования в области физики высоких энергий» с ЦЕРН для участников детского фестиваля науки в московском Дворце пионеров на Воробьевых горах;

— видеомосты заседаний объединенного семинара «Физика на ЛНС», организованного в рамках сотрудничества институтов России и стран-участниц ОИЯИ в эксперименте «Компактный мюонный соленоид»;

— видеомост очередной сессии объединенного комитета по сотрудничеству ЮАР–ОИЯИ, соединивший Кейптаун и Дубну;

— видеоконференция между ОИЯИ и Самарским государственным университетом. Организаторы — советы молодых ученых и специалистов ОИЯИ и СГУ.

**Организация визитов.** В 2014 г. были организованы экскурсии, видеоконференции и занятия в физическом практикуме для школьников Дубны (91 человек), Ликино-Дулево (40), Москвы (243), Великого Новгорода (15), Петрозаводска (18), Ставропольского края (17), Талдомского района (30), Твери (15), Ярославля (54), а также для 20 участников физического кружка школы им. Дж. Кеннеди (Берлин, Германия).

Традиционно крепкие связи существуют между УНЦ и польскими образовательными учреждениями. В 2014 г. учебно-ознакомительные программы были организованы для 11 студентов из Люблина, 26 студентов из Варшавы, 18 школьников и преподавателей из г. Торунь. В течение недели гости слушали лекции о деятельности лабораторий ОИЯИ, для них были организованы экскурсии на базовые установки.

**Работа с дубненскими школьниками.** В учебное время для 25 дубненских школьников старших классов два раза в неделю проводятся занятия по физике, включающие лекции, лабораторные работы и физические демонстрации в учебно-физическом практикуме УНЦ.

**Структурные изменения.** При Учебно-научном центре ОИЯИ созданы две новые структуры: научно-инженерная группа и отдел разработки и создания образовательных программ.

Научно-инженерная группа организована по рекомендации весенней сессии Комитета полномоч-

ных представителей 25–26 марта 2014 г. для реализации современных образовательных программ по подготовке научно-технических кадров для исследовательских центров стран-участниц ОИЯИ и Института. Деятельность группы направлена на расширение спектра образовательных программ УНЦ и сотрудничающих с УНЦ вузов в вопросах, касающихся новых учебно-производственных практик, а также для подготовки бакалаврских, магистерских и аспирантских дипломных проектов по проектированию, созданию и эксплуатации электрофизических установок.

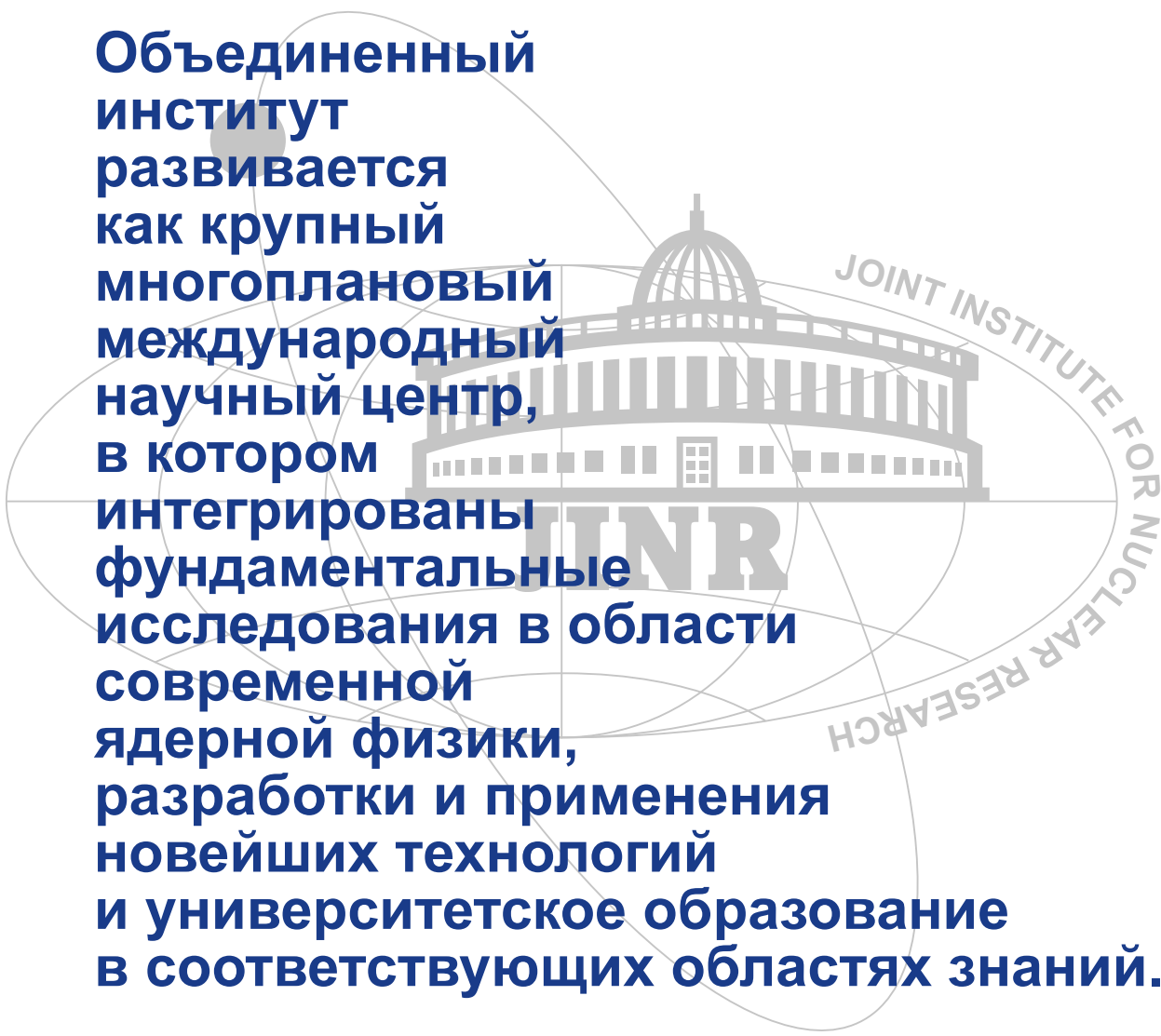
Основной задачей отдела разработки и создания образовательных программ является пропаганда достижений современной науки и технологий, включение в образовательный процесс современных научных данных, создание на основе информационных и коммуникационных технологий виртуальных и on-line лабораторных работ на современном научном оборудовании с использованием данных с современных физических установок. Отдел осуществляет развитие и совершенствование научно-информационного обеспечения ОИЯИ, участие в международных проектах со странами-участницами ОИЯИ, BNL (США) и ЦЕРН по созданию обучающих и научно-познавательных программ для студентов и школьников на основе современных компьютерных технологий.

**О подготовке и повышении квалификации рабочих, ИТР и служащих.** На курсах по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Ростехнадзору, обучено 60 человек.

В 2014 г. 12 сотрудников Института повысили свою квалификацию на различных семинарах, организованных учебными заведениями Москвы. 45 сотрудников ОИЯИ обучены на организованных в ОИЯИ курсах и аттестованы Центральной аттестационной комиссией ОИЯИ. В 2014 г. была организована аттестация в Территориальной аттестационной комиссии Ростехнадзора 12 руководящих работников и специалистов Института по нормативным правовым актам и нормативно-техническим документам, устанавливающим требования промышленной безопасности в различных отраслях надзора. В 2014 г. в ОИЯИ прошли производственную практику 6 учащихся МОПЭК и МОАТТ.

Для аспирантов и сотрудников ОИЯИ в УНЦ работают курсы английского, французского и русского языков.

**Объединенный институт развивается как крупный многоплановый международный научный центр, в котором интегрированы фундаментальные исследования в области современной ядерной физики, разработки и применения новейших технологий и университетское образование в соответствующих областях знаний.**





Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 14–19 июля.  
Совещание по физике сильно взаимодействующих систем



Лаборатория теоретической  
физики им. Н. Н. Боголюбова,  
24–28 февраля.  
18-я Международная  
научная конференция  
молодых ученых  
и специалистов ОИЯИ,  
посвященная 105-летию  
со дня рождения  
Н. Н. Боголюбова





3–8 февраля. 12-я Зимняя школа по теоретической физике  
«Малочастичные системы: теория и приложения»



Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 25 августа–5 сентября. Гельмгольцевская международная летняя школа «КХД на решетке, структура адронов и адронная материя»

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 21 июля–1 августа.  
Участники Гельмгольцевской международной летней школы «Теория ядра и астрофизические приложения»





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, январь.  
Технологическая площадка под строительство коллайдера NICA

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 10–15 ноября.  
Участники Международного симпозиума, посвященного 70-летию открытия принципа автофазировки





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, май.  
Линия производства трубчатого сверхпроводящего кабеля

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина.  
Испытания предсерийного дипольного магнита бустера: ведутся измерения магнитного поля







Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, декабрь.  
Площадка будущего комплекса NICA. Работает машина по вдавлванию свай



Дубна, 7–11 апреля. Участники совещания коллаборации NA61/NA49



Дубна, 16 сентября.  
Визит в Дубну делегации  
представителей науки  
и бизнеса Индии



Дубна, 17–23 сентября.  
Визит в ОИЯИ делегации  
молодых ученых из научных  
организаций Азербайджана,  
Армении, Белоруссии,  
Казахстана и Молдовы.  
У памятника В. И. Векслеру



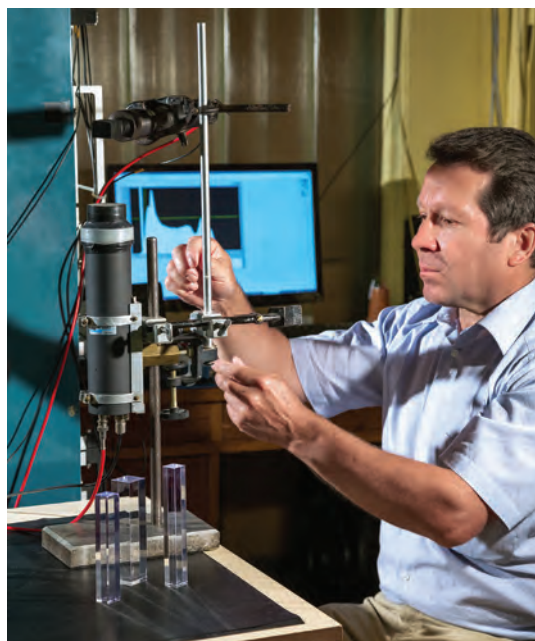
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова.  
Справа налево: директор лаборатории В. А. Бедняков, профессор Ю. А. Будагов  
и отмеченные наградой ATLAS Н. С. Азарян и М. В. Ляблин

Дубна, 19–21 мая. Участники международного совещания коллаборации OPERA  
у памятника Б. М. Понтекорво и В. П. Джелепову

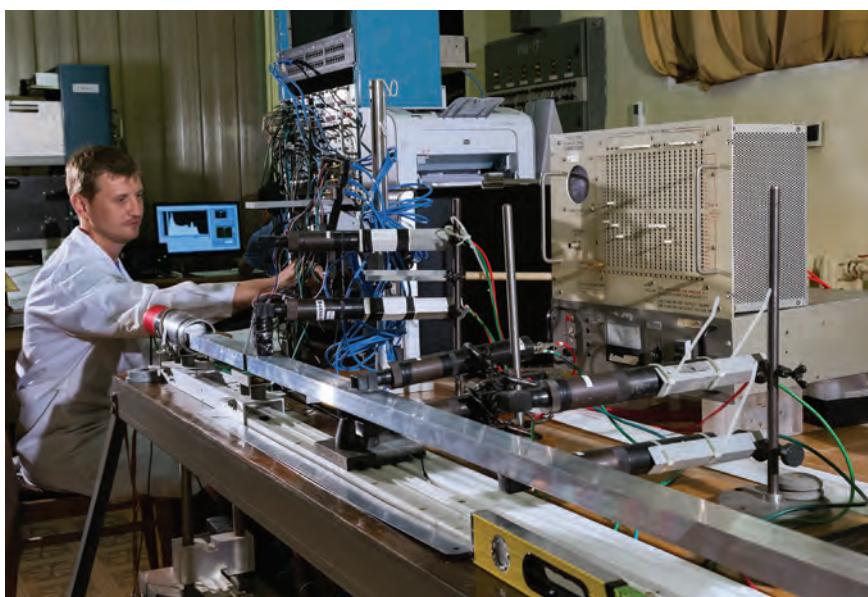




Дубна, 8–10 сентября. 25-е совещание коллаборации А2



Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелеева.  
Экспериментальный стенд для исследований свойств  
сцинтилляционных кристаллов



Лаборатория ядерных  
проблем им. В. П. Джелеева.  
Экспериментальный стенд  
для исследований свойств  
пластиковых сцинтилляционных  
стрипов

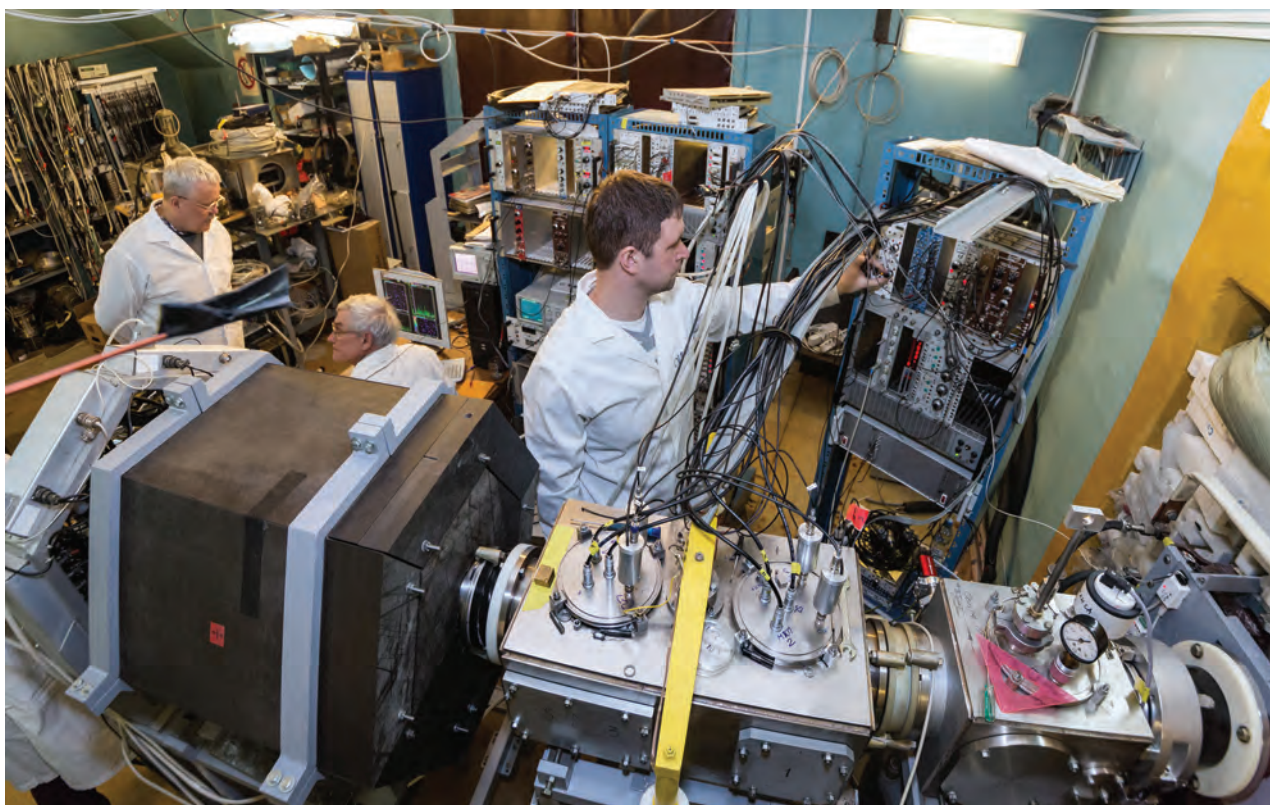


Строительная площадка будущей фабрики сверхтяжелых элементов



Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, декабрь.  
Участники проведения монтажных работ оборудования сепаратора ACCULINNA-2, доставленного из Франции

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, апрель.  
Установка VASSILISSA. Кинематический сепаратор продуктов реакций с тяжелыми ионами





Дубна, 27 марта. Участники стратегического совещания по развитию сотрудничества ЮАР–ОИЯИ на экскурсии в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова

Дубна, 9–10 октября. Визит в ОИЯИ делегации Вьетнамской академии наук и технологий. На экскурсии в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова





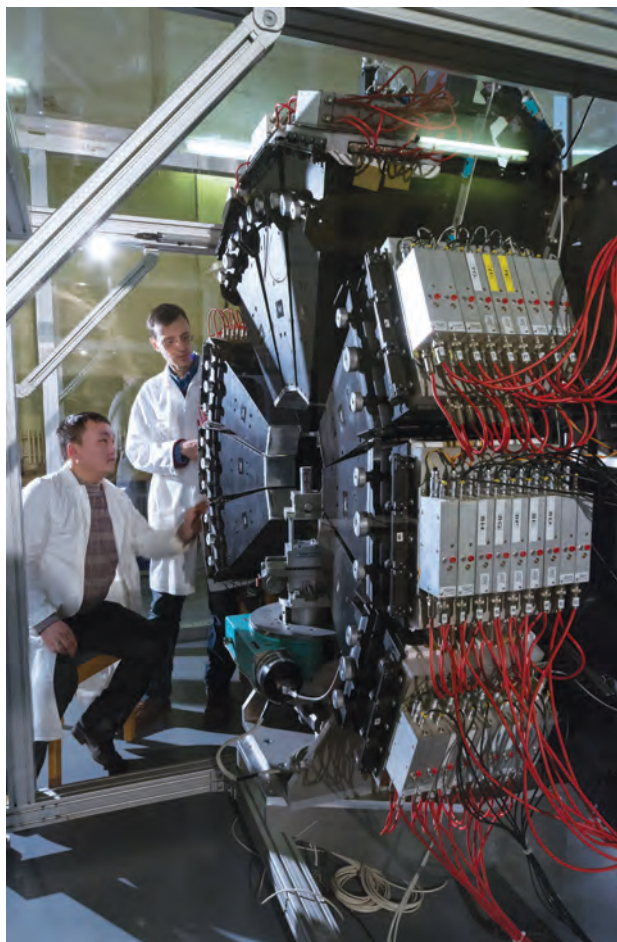
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка.  
Испытательный стенд криогенного замедлителя нейтронов ИБР-2





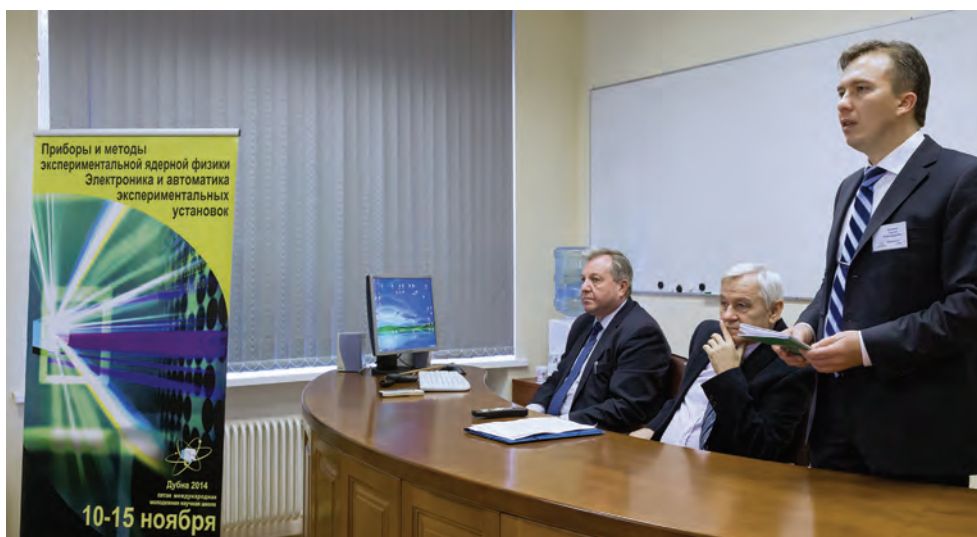
Дубна, 24 июня. Участники международной конференции «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2»

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка.  
Настройка аппаратуры на экспериментальной  
установке EPSILON



Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, июнь.  
Криостат установки KOLHIDA.





Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 10–15 ноября. 5-я Международная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок»





Лаборатория информационных технологий. Центральный информационно-вычислительный комплекс ОИЯИ



Дубна, 25–29 августа.  
Международная молодежная конференция  
«Современные проблемы прикладной математики  
и информатики»





Лаборатория информационных технологий, 30 июня–5 июля.  
Участники 6-й Международной конференции «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании»

Лаборатория информационных технологий, 13–16 октября. Участники Всероссийской научной конференции  
«Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2014)





Москва, 19 февраля.  
Пресс-конференция  
«Космос как источник жизни»  
в посольстве Италии

Дубна, 28–29 октября. Круглый стол «Актуальные проблемы общей и космической радиобиологии и астробиологии»

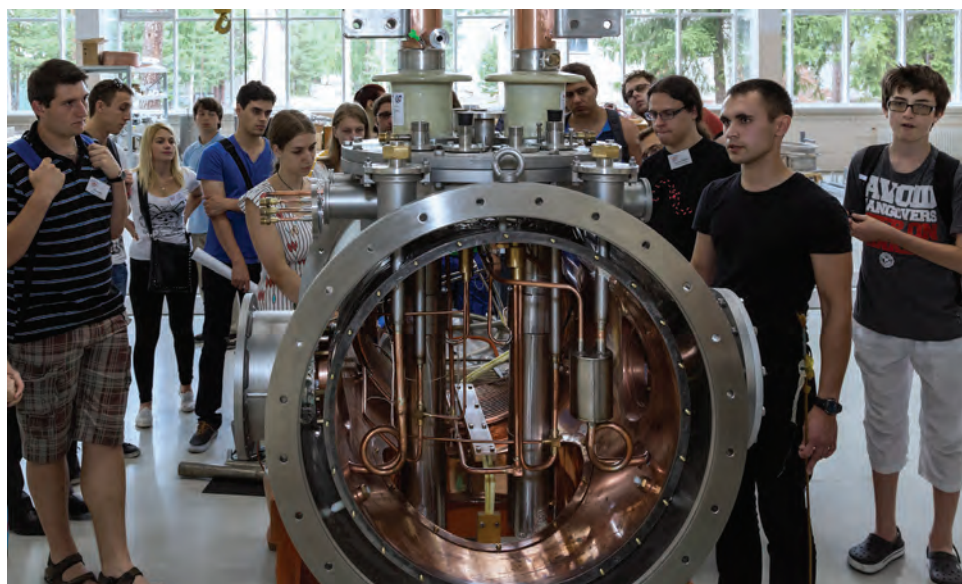




Дубна, 18 мая – 8 июня. Первый этап международной студенческой практики для студентов из Арабской Республики Египет



Дубна, 7–28 сентября.  
Участники третьего  
этапа студенческой  
практики ОИЯИ —  
студенты из ЮАР



Дубна, 6–27 июля.  
Студенты из Болгарии,  
Польши, Румынии,  
Словакии и Чехии —  
участники международной  
студенческой практики на  
экскурсии в ЛФВЭ ОИЯИ



Дубна, 24 марта. Совещание рабочей группы по обсуждению направлений развития образовательной программы ОИЯИ с участием представителей Армении, Белоруссии, Болгарии, Грузии, Казахстана, Польши, Румынии, России, Словакии и Чехии

ЦЕРН (Женева), 2–8 ноября. Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ (фото УНЦ)





2014

**ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ  
СЛУЖБЫ**

**JINR**

JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH





## ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2014 г. издательский отдел выпустил в свет 105 наименований публикаций, 53 наименования служебных материалов.

Вышли из печати 29 сборников тезисов докладов, трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ, монографий, брошюр и других изданий. Среди них: сборник аннотаций XXII Международного Балдинского семинара по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» (Дубна, 15–20 сентября 2014 г.), труды XXI Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-21) (Алушта, 20–25 мая 2013 г.), труды международного совещания «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ» (Стара-Лесна, 16–20 июня 2014 г.), труды XVI Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2014) (Дубна, 12–18 октября 2014 г.) и др.

Вышли из печати годовые отчеты ОИЯИ за 2013 г. (на русском и английском языках), научный отчет Лаборатории информационных технологий за 2012–2013 гг., годовой отчет Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка за 2013 г.

В 2014 г. выпущено второе, переработанное и дополненное, издание книги Ю. К. Акимова «Фотонные методы регистрации излучений», в которой рассмотрены свойства и области применения сцинтилляционных и черенковских детекторов в фундаментальных и прикладных исследованиях, а также отражены последние достижения в этой области.

Вышла в свет книга «К 70-летию А. Н. Сисакяна: Воспоминания», посвященная известному ученому, директору ОИЯИ в 2005–2010 гг. академику Алексею Норайровичу Сисакяну (1944–2010). Воспоминания коллег и друзей дополнены фотографиями и избранными стихотворениями А. Н. Сисакяна.

В книге Г. А. Козлова, В. А. Матвеева, В. И. Саврина «О пользе участия в программах по физике элементарных частиц при высоких энергиях» приводятся аргументы в пользу новых возможностей,

которые получают наука, образование, промышленность, технологическая и информационная инфраструктура, экономика России от участия российских физиков в мировых программах по физике элементарных частиц при высоких энергиях.

Издана книга «История создания синхроциклотрона ОИЯИ (в документах и воспоминаниях)» под общей редакцией Н. А. Русаковича. Она позволяет получить достоверное представление о научном значении синхроциклотрона, его устройстве, этапах его создания и первых итогах исследований.

В 2014 г. вышли в свет 6 выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 33 обзора. Выпуск 1 содержит 114 докладов, представленных на 20-й Международный симпозиум по спиновой физике (СПИН-2012) (Дубна, 17–22 сентября 2012 г.).

Издано 7 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», содержащих 157 статей. В выпуске 1 опубликованы труды V Черенковских чтений «Новые методы в экспериментальной ядерной физике и физике частиц» (Москва, 10 апреля 2012 г.), в выпуске 5 — труды X Международного семинара памяти В. П. Саранцева «Проблемы ускорителей заряженных частиц: электронно-позитронные коллайдеры» (Алушта, 3–7 сентября 2013 г.), в выпуске 7 — труды международного совещания «Симметрии и квантовые симметрии» (SQS'2013) (Дубна, 29 июля – 3 августа 2013 г.).

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В 2014 г. было отпечатано 50 номеров еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс».

В серии учебно-методических пособий УНЦ ОИЯИ выпущено пособие С. В. Ульянова и Г. П. Решетникова «Технологии интеллектуальных вычислений. Мягкие и дробные вычисления в интеллектуальном управлении».

В рамках обмена научными публикациями в сотрудничестве с Институтом организации из более чем 40 стран мира рассылались издания ОИЯИ: пре-

принты и сообщения ОИЯИ, информационный бюллетень «Новости ОИЯИ», годовые отчеты ОИЯИ, журналы ЭЧАЯ и «Письма в ЭЧАЯ».

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы, совещания и школы, проводившиеся как в странах-участницах ОИЯИ, так и в других странах, издательским отделом направлено более 110 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в журналах «Ядерная физика», «Теоретическая и математическая физика», «Приборы и техника эксперимента», «Радиационная биология. Радиоэкология», «Кристаллография», «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные иссле-

дования», «Journal of Physics», «Nuclear Instruments and Methods» и др.

Оперативному информированию читателей Научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ и отдела лицензий и интеллектуальной собственности. Увидел свет «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2013 г.».

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на изготовление постеров, ксерокопирование и переплетные работы. Отпечатано около 170 тыс. различных бланков.



## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2014 г. число читателей Научно-технической библиотеки составило 3680 человек. Количество выданной литературы 11 000 экземпляров. На 1 января 2015 г. библиотечный фонд составил 435 620 экземпляров, из них 190 988 — на иностранных языках.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 334 издания. По всем источникам комплектования поступило 2977 экз. книг, периодических изданий, препринтов, диссертаций и авторефератов, 1334 из них — на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге, каталогах филиала, а также в автоматизированной информационно-библиотечной системе Libex. Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 11 539 названий. Электронные версии информационных бюллетеней еженедельно рассылаются по 100 адресам по e-mail. Подписка осуществляется в разделе «Сервисы» на сайте НТБ.

Каждую неделю обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, диссертаций и авторефератов. На них было представлено 2510 изданий. Организовано 5 тематических выставок.

Электронные каталоги журналов, статей, препринтов, книг, диссертаций и авторефератов доступны в Интернете по адресу <http://lib.jinr.ru>. Общее количество обращений к электронным каталогам НТБ составило 11 тыс. Сохраняется возможность заказа литературы в режиме on-line через OPAC (On-line Public Access Catalogue) (см. сайт НТБ, раздел «Электронные каталоги»).

Выпущен «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2013 г.» (1584 записи). Указатель со ссылками на полные тексты публикаций доступен в Интернете (см. сайт НТБ, раздел «Сервисы»). Отсканировано и размещено в электронном каталоге 1143 препринта и сообщения ОИЯИ 1985–86 гг. издания. База данных работ сотрудни-

ков ОИЯИ доступна в Интернете через электронные каталоги <http://lib.jinr.ru/cat.htm>.

Библиотека получает 150 названий периодических изданий. Благодаря тому, что НТБ выписывает иностранные журналы, сотрудники Института имеют доступ к полнотекстовым электронным версиям этих журналов в Интернете. Активно используется читателями «Научная электронная библиотека». Общее количество обращений к электронным версиям журналов через «Научную электронную библиотеку» и через сайты зарубежных издательств составило 150 тыс.

Благодаря участию НТБ в Национальном электронном консорциуме и консорциумах РФФИ сотрудники ОИЯИ получили электронный доступ к журналам издательства «Эльзевир», к журналам Американского физического общества, Американского института физики, к журналам «Nature», «Science», журналам и книгам издательства «Шпрингер», к мировым реферативным базам данных научных публикаций «Web of Science» и «MathSciNet».

В рамках проекта «История ОИЯИ и г. Дубны на страницах книг, журналов и центральных газет» введено 60 новых библиографических описаний.

В порядке обмена на публикации, выпускаемые издательским отделом ОИЯИ, поступило 527 изданий из 20 стран. Из них на долю России приходится 107, Украины — 18, Румынии — 10, Германии — 238, Италии — 4, Франции — 10, Японии — 53, ЦЕРН — 32.

В 2014 г. в автоматизированную информационно-библиотечную систему Libex введено: книг — 1410 названий; журналов — 1486 номеров; препринтов — 1264 названия; диссертаций и авторефератов — 112; книжных статей — 404 и журнальных статей — 7932 названия.

На 1.01.2015 г. количество библиографических описаний в АИБС «Absoltheque» составило 239 467 записей.



## ОТДЕЛ ЛИЦЕНЗИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В 2014 г. работа отдела лицензий и интеллектуальной собственности (ОЛИС) проводилась по следующим направлениям.

**В области работы по защите промышленной интеллектуальной собственности.** Во взаимодействии с Федеральным институтом промышленной собственности (ФИПС) Федеральной службы РФ по интеллектуальной собственности (Роспатента) велась работа по заявкам на патенты ОИЯИ, прошедшим формальную экспертизу ФИПС Роспатента в 2013–2014 гг. Проведено согласование и внесены изменения, добавления, уточнения в заявочные документы по замечаниям экспертов ФИПС. С целью определения технического уровня новых разработок сотрудников ОИЯИ на предмет патентоспособности выполнена экспертиза ряда проектных разработок, включающая определение объектов правовой охраны и их классификацию в соответствии с Международной патентной классификацией, поиск аналогов и прототипов. Подготовлены отчеты о патентных исследованиях.

По девяти разработкам совместно с авторами подготовлены комплекты заявочных документов, которые поданы в Роспатент РФ для получения патентов на изобретения:

- «Способ аксиальной инъекции пучка в компактный циклотрон со сверхвысоким магнитным полем»;
- «Устройство для изготовления цилиндрических трубок для газонаполненных дрейфовых детекторов ионизирующего излучения»;
- «Способ измерения флюенса быстрых нейтронов с помощью полупроводникового детектора»;
- «Туннельный полевой транзистор на основе графена»;
- «Способ ускорения тела»;
- «Анализатор состава вещества»;
- «Способ определения пространственного распределения плотности атомов в нанослое»;
- «Устройство для измерения местоположения проволочек в газовых камерах»;

— «Устройство для измерения угла наклона плоскости».

Получено девять патентов РФ на изобретения:

- «Устройство сбалансированного стабилизированного питания потребителей большой мощности» авторов В. И. Каплина, В. Н. Карпинского;
- «Устройство для измерения угла наклона» авторов Ю. А. Будагова, М. В. Ляблина;
- «Способ индукционного ускорения электронов» автора Г. В. Долбилова;
- «Устройство для радиационной защиты биологических объектов в эксперименте» авторов К. Ш. Восканян, Г. В. Мицына, В. Н. Гаевского;
- «Способ определения угла наклона плоскости» автора А. Д. Волкова;
- «Индукционный циклический ускоритель электронов» автора Г. В. Долбилова;
- «Способ получения когерентного излучения» авторов В. Б. Беляева, М. Б. Миллера;
- «Дрейфовая камера для работы в вакууме» авторов Л. Н. Глonti, Ю. К. Потребеникова, В. Ф. Чепурнова;
- «Способ регистрации частиц детекторами на основе дрейфовых трубок» авторов В. Д. Пешехонова, С. Е. Васильева, А. И. Зинченко, В. В. Мялковского.

В 2014 г. велась поддержка 42 патентов на изобретения ОИЯИ.

**В области патентно-информационной работы.**

В 2014 г. в ОИЯИ поступило 146 номеров бюллетеня Роспатента «Изобретения. Полезные модели». Информация, опубликованная в этих бюллетенях, обработана с учетом тематики ОИЯИ. Результаты обработки оформлены в 12 выпусках бюллетеня ОЛИС «Патенты», рассылаемых в подразделения Института. Фонд отдела сейчас составляет 3199 бюллетеней Роспатента.

Регулярно обновляется Интернет-страничка ОЛИС на сайте ОИЯИ.

**В области стандартизации.** Пополнена библиотека стандартов: приобретены 38 новых межгосударственных и государственных стандартов (ГОСТов) РФ, 12 указателей ГОСТов и информационных указателей стандартов за 2014 г., указатели национальных стандартов, технических условий, руководящих документов, рекомендаций и правил 2014 г. На основании этих нормативных документов (НД) внесено 253 изменения в соответствующие документы фонда библиотеки стандартов и экземпляры абонентов.

Выдано в подразделения 30 официальных копий ГОСТов в постоянное пользование.

Подразделения регулярно получали информацию о поступлениях НД и изменениях в ГОСТах.

Пополнена база данных и автоматического поиска НД, находящихся в фонде библиотеки ОЛИС. Поддерживается доступ к базе данных, содержащей около 11 700 позиций, на Интернет-странице ОЛИС.

Постоянно велась работа по внесению изменений в базу данных «Перечень нормативно-технических

документов, действующих в Объединенном институте ядерных исследований» с актуальными ссылками на справочно-правовую систему «Консультант Плюс» по состоянию на начало 2015 г. Обновлены сведения о действующих в России межгосударственных стандартах (ГОСТ), национальных стандартах Российской Федерации (ГОСТ Р) и иной нормативно-технической документации, действующей в Объединенном институте ядерных исследований, по состоянию на 2014–2015 гг.

Совместно с отделом охраны труда разработан и введен в действие стандарт организации СТО 08626319-009-2014 «Общая программа организации и проведения обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников».

**В области лицензионной работы.** В 2014 г. работа заключалась в отслеживании выполнения условий и сроков действия лицензий, выданных Российской Федерацией. На 1.01.2015 г. у ОИЯИ имеется 18 лицензий, выданных федеральными органами РФ и разрешающих работы в сфере уставной деятельности Института.

**2014**

**АДМИНИСТРАТИВНО-  
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



## ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Комитет полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ для проведения научно-исследовательских работ, сооружения базовых установок и других мероприятий, связанных с деятельностью Объединенного института, утвердил бюджет на 2014 г. в сумме 158 886,5 тыс. долларов США.

Фактическое поступление средств за счет взносов государств-членов и средств, получаемых по соглашениям о научно-техническом сотрудничестве со странами, не являющимися членами ОИЯИ, составило 154 442,4 тыс. долларов США.

Фактические расходы Института по всем направлениям деятельности представлены в таблице.

Наименование раздела бюджета	Фактические расходы за 2014 г., тыс. долл. США	%
I. Научные исследования	87 783,3	62,9
II. Эксплуатация базовых установок	10 417,8	7,5
III. Инфраструктура лабораторий	19 752,8	14,1
IV. Инфраструктура Института	21 649,5	15,5
<b>Итого</b>	<b>139 603,4</b>	<b>100,0</b>





## КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 1 января 2015 г. составила 4698 человек.

В ОИЯИ работают: академики РАН В. Г. Кадышевский, В. А. Матвеев, Ю. Ц. Оганесян, М. А. Островский, Д. В. Ширков; члены-корреспонденты РАН В. Л. Аксенов, Е. А. Красавин, И. Н. Мешков, А. А. Старобинский, Г. В. Труб-

ников, Г. Д. Ширков; члены других государственных академий наук В. А. Москаленко, И. Звара, Р. М. Мир-Касимов, А. Хрынкевич, Б. С. Юлдашев; 255 докторов наук, 564 кандидата наук, в том числе 79 профессоров и 22 доцента.

В 2014 г. в ОИЯИ принято на работу 398 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 367 человек.

## НАГРАЖДЕНИЯ

*Медалью им. А. А. Расплетина* награжден профессор И. А. Голутвин (Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина) за вклад в повышение обороноспособности России.

За выдающиеся заслуги перед ОИЯИ в области развития приоритетных направлений науки и техники, подготовки научных кадров присвоено звание «Почетный доктор ОИЯИ» Л. Костову (Болгария), Р. Майеру (Германия), С. Энхбату (Монго-

лия), Г. Стратану (Румыния), Б. Ю. Шаркову (Россия), Чан Тхань Вану (Вьетнам, Франция).

За заслуги перед ОИЯИ, многолетнюю и плодотворную деятельность 6 сотрудникам Института присвоено звание «Почетный сотрудник ОИЯИ». В 2014 г. 32 сотрудника ОИЯИ награждены ведомственным знаком отличия в труде «*Ветеран атомной энергетики и промышленности*». Ряд сотрудников Института отмечен другими ведомственными, городскими и институтскими наградами.



**Ответственный за подготовку отчета – Б. М. Старченко**

**Отчет подготовили:**

**А. Е. Васильев**

**Н. А. Головков**

**С. Н. Доценко**

**И. Зиньковская**

**Е. В. Иванова**

**Т. Б. Киселева**

**И. В. Кошлань**

**С. Н. Неделько**

**С. З. Пакуляк**

**Д. В. Пешехонов**

**Д. В. Подгайный**

**С. И. Сидорчук**

**И. В. Титкова**

**Л. А. Тютюнникова**

**А. Н. Шабашова**

**Художник**

**Ю. Г. Мешенков**

**В отчете использованы фотографии:**

**П. Е. Колесова**

**Е. В. Пузыниной**

**Объединенный институт ядерных исследований. 2014**

Годовой отчет

2015-14

Редакторы *М. И. Зарубина, Е. В. Калининкова*  
Компьютерная верстка *И. Г. Андреевой, Т. А. Савельевой*

Подписано в печать 30.04.2015.  
Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 19,06. Уч.-изд. л. 23,2. Тираж 250 экз. Заказ № 58531.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.  
E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)  
[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)