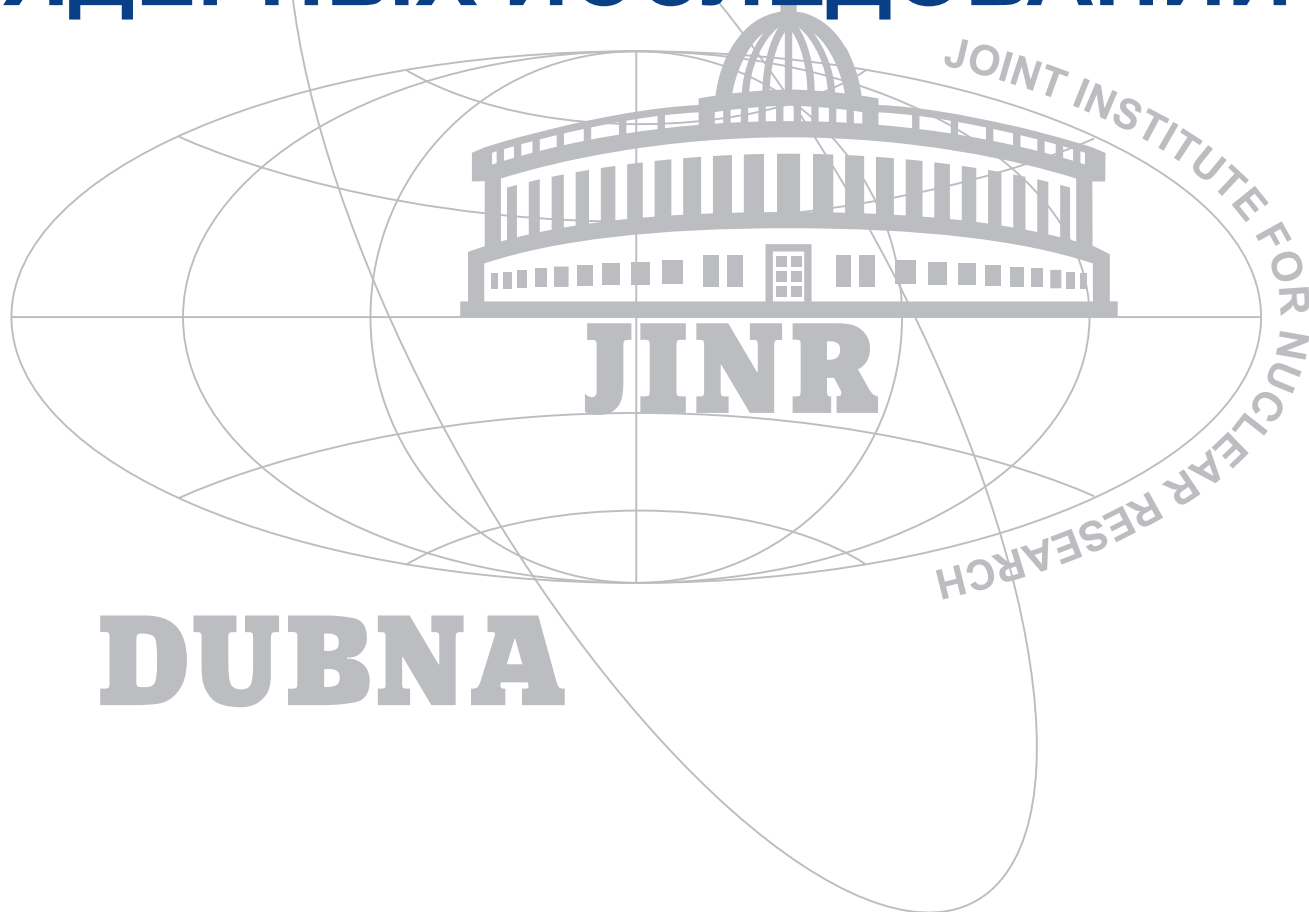


2017

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
Web <http://www.jinr.ru>

Электронная версия: 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

ВВЕДЕНИЕ	5
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	11
Премии и гранты	32
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	37
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова	65
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ..	75
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова	85
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	93
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка	101
Лаборатория информационных технологий	110
Лаборатория радиационной биологии	125
Учебно-научный центр	140
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	147
Научно-техническая библиотека	148
Отдел лицензий и интеллектуальной собственности	149
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	153
Кадры	155



ВВЕДЕНИЕ

Результаты, достигнутые многонациональным коллективом Объединенного института в 2017 г. — стартовом году нового Семилетнего плана развития ОИЯИ, успешное выполнение научной программы и важнейшие события в международном сотрудничестве говорят о том, что Институт вступил в «новую эру» своего развития, прочно опираясь на триединство его основ. Это фундаментальные исследования на переднем крае современной физики, международная кооперация и мультидисциплинарный подход к научной деятельности, что включает в себя, конечно, и широкие образовательные программы, связанные с поиском талантов, и инновационные разработки, где ядерно-физические методы открывают новые пути к освоению знаний, полученных в смежных научных областях.

Мы также оцениваем и результаты 25-летнего этапа современного развития Института, связанного с уходом с политической карты мира Советского Союза и политико-экономическими изменениями в ряде других стран-участниц ОИЯИ. Этот процесс означал, по сути, начало нового периода в развитии международного статуса Объединенного института ядерных исследований, что позволило нашему центру укрепить свои позиции по целому ряду научных направлений и реализовать возможность действительно энергичного, эффективного развития.

Событием первостепенной важности стала состоявшаяся 2 марта в Центральном доме ученых Москвы инаугурация названий новых элементов «московский», «теннессин» и «оганесон», синтезированных в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, известной в мире как «кузница» сверхтяжелых элементов и новых данных по физике деления. Инаугурация этих элементов показала, что полученные результаты принадлежат к наиболее ярким достижениям нашего времени. Подтверждением тому служит и тот факт, что в декабре 2017 г. решением ООН 2019 г. был объявлен Международным годом Периодической таблицы химических элементов в честь 150-летия Периодического закона Дмитрия Ивановича Менделеева.

Подводя итоги 2017 г., приятно отметить, что мы з вершаем первый год новой семилетки с позитивными результатами. Активно идут работы на приоритетных объектах семилетней программы. В ходе реализации в ОИЯИ мегасайенс-проекта NICA впервые осуществлен режим ускорения поляризованных протонов в ускорителе нуклотрон, что является принципиальным шагом в осуществлении программы по спиновой физике. Главная научная задача этой программы — исследование спиновой кварк-партонной структуры протона. Этому предшествовало создание, совместно с ИЯИ РАН, высокоинтенсивного источника поляризованных протонов и дейтронов, ввод в действие новой высокочастотной секции предускорителя, разработанного в сотрудничестве ОИЯИ–МИФИ–ИТЭФ (НИЦ КИ) и изготовленного на предприятии в Снежинске. Были решены сложные задачи сохранения поляризации протонных пучков в жесткофокусирующем сверхпроводящем синхротроне и возможности использования нуклотрона при экстремально низкой энергии инжекции протонов — 5 МэВ. Проведенные измерения показали, что параметры источника обеспечат получение пучков поляризованных протонов и дейтронов с интенсивностью на уровне 10^{11} частиц за цикл и степенью поляризации более 90%. Введен в эксплуатацию новый форинжектор линейного ускорителя ЛУ-20; установлены и прошли испытания две ВЧ-станции и система электронного охлаждения пучка бустера.

Более трети полезного времени работы ускорителя нуклотрон (233 ч) использовано стартовой установкой базовой конфигурации комплекса NICA — VM@N, с помощью которой получены первые результаты по рождению гиперонов в ядро-ядерных взаимодействиях.

Сооружение ускорительного комплекса NICA, инженерной инфраструктуры, экспериментальных установок ведется согласно плану, развивается сотрудничество с научными центрами стран-участниц, ассоциированных стран, Китаем и другими партнерами. Благодаря целевому финансированию проект

Правительством Российской Федерации можно сказать, что создание комплекса будет завершено в намеченные сроки.

В 2017 г. на завершающую стадию вышло сооружение первой очереди фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), создание которой предоставит широкое поле исследований по изучению уже открытых элементов, от 112-го до 118-го. Нужно отметить, что практически все страны-участницы нашего Института приняли участие в создании нового ускорителя ДЦ-280. В него вложены все современные технологии, которыми наши страны владеют в этой области. Существенный прогресс достигнут в создании экспериментальных установок, включая мишенный блок, сепараторы и детектирующие системы. В частности, изготовлен и доставлен в Дубну новый газонаполненный сепаратор — установка, на которой будут выполнены первые эксперименты на фабрике СТЭ. Он разработан в ЛЯР ОИЯИ, а изготовлен известной французской фирмой «SigmaPhi».

Почти все научные направления нашего Института являются уникальными, они востребованы мировым сообществом. В связи с этим нельзя не отметить включение в 2017 г. ускорительного комплекса NICA и фабрики СТЭ в долгосрочный план NuPECC «Перспективы в ядерной физике».

Активно развивается нейтринная программа ОИЯИ, в частности, применительно к глубоководному нейтринному телескопу на Байкале — выполнен монтаж и запуск второго кластера детектора в составе восьми гирлянд глубоководных оптических модулей, которые опущены на дно озера. Введенная в действие установка обладает эффективным объемом для поиска событий от нейтрино с энергией порядка 100 ТэВ.

На фоне стабильной работы импульсного реактора ИБР-2 продолжала с успехом осуществляться активная пользовательская политика, а также программа развития спектрометров и новые проекты. Введен в строй новый кольцевой детектор для экспериментов по малоугловому рассеянию нейтронов. Начата разработка детектора обратного рассеяния с большой апертурой для фурье-дифрактометра высокого разрешения. В секторе рамановской спектроскопии создана аналитическая лаборатория, оснащенная атомно-силовым микроскопом.

Комплекс холодных замедлителей успешно отработал на эксперимент в трех реакторных циклах. Пройден очередной этап в развитии установки ИРЕН — введена в эксплуатацию вторая ускорительная секция установки. В сотрудничестве с Институтом археологии РАН проведены работы по одному из новых направлений физики конденсированных сред — неразрушающему исследованию внутреннего строения объектов исторического наследия с помощью методов нейтронной радиографии и томографии.

Выдающиеся результаты достигнуты коллективом теоретиков Института путем разработки большого числа моделей и инновационных эффективных численных методов. Эти исследования тесно связаны с основными экспериментальными программами, реализуемыми на установках в ОИЯИ и за рубежом, с физикой, представляющей большой интерес для фабрики СТЭ и фрагмент-сепаратора ACCULINNA-2 в ОИЯИ, а также для других установок, работающих или находящихся на этапе ввода в эксплуатацию, таких как FAIR, SPES, HIE-ISOLDE, SPIRAL2 и ELI-NP.

Представлена общая теория вращающихся частиц с электрическими и магнитными дипольными моментами, движущимися в произвольных электромагнитных, инерциальных и гравитационных полях. Исследована как квантово-механическая, так и классическая динамика. Доказано полное согласие между квантовой механикой и классической теорией.

Информационно-вычислительный комплекс — одна из важнейших базовых установок ОИЯИ, причем ее развитие идет во всех перспективных направлениях. Сайт Tier-1 ОИЯИ — один из центров хранения и обработки данных эксперимента CMS на LHC (ЦЕРН) — занимает второе место в мире: в 2017 г. на нем обработано более 120 млн событий, что превосходит 14 % от общего числа. Эта грид-компонента Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ рассматривается как прототип центра обработки и хранения данных мегапроекта NICA.

На состоявшемся в декабре заседании Совета РАН по космосу была отмечена актуальность полученных радиобиологами ОИЯИ результатов экспериментального изучения специфики радиационных повреждений при действии излучений с разными физическими характеристиками, в особенности изучения нарушений высших интегративных функций ЦНС, что в настоящее время является ключевой проблемой для осуществления пилотируемых полетов в дальний космос.

В свете нарастающих темпов реализации амбициозных задач и проектов все большую роль играет развитие образовательной компоненты в деятельности Института. В Учебно-научном центре ОИЯИ проходили обучение более 400 студентов базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИФИ, университета «Дубна» и университетов стран-участниц. Летние учебные и производственные практики были организованы для 200 студентов вузов. В ежегодной летней студенческой практике по направлениям исследований ОИЯИ принимали участие 163 человека.

Институт активно включился в популяризаторскую деятельность. В 2017 г. впервые в школах России был проведен виртуальный урок «NICA — Вселенная в лаборатории», который вел полномочный представитель правительства России в ОИЯИ академик Г. В. Трубников. В рамках 19-го Всемирного

фестиваля молодежи и студентов в Сочи интернациональная группа молодых сотрудников ОИЯИ представляла флагманский проект Института — ускорительный комплекс NICA, а также знакомила гостей и участников фестиваля с образовательной программой и возможностями для студентов и аспирантов в ОИЯИ. Институт традиционно участвовал в организации многих международных совещаний, конференций, школ.

Интенсивность жизни Института — научной, научно-организационной, образовательной — действительно выросла. В связи с этим заслуживает упоминания и ряд мероприятий, таких как создание виртуальной лаборатории физики деления для студентов стран-участниц, принятие Научно-техническим советом ОИЯИ Кодекса профессиональной этики сотрудников Института, вступление в силу распоряжения Правительства Российской Федерации, которое предоставляет ОИЯИ право самостоятельно присуждать ученые степени, что означает огромное доверие к имени Института и становится нашей почетной миссией и в то же время ответственной обязанностью.

Как одно из неоспоримых доказательств повышенного внимания к Институту и его программам в мировом сообществе можно рассматривать проведение в Дубне второго этапа 10-го заседания Группы старших должностных лиц глобальной сети исследовательских инфраструктур, созданной с целью поиска возможностей международного сотрудничества и разработки системы эффективного совместного использования объектов научно-исследовательской инфраструктуры во всех областях знаний.

В числе важнейших событий в укреплении международной научной кооперации, которыми был на-

сыщен прошедший год, — подписание нового Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и INFN (Италия) в присутствии Президента Итальянской Республики С. Маттареллы.

В октябре в Пекине состоялась экспертная встреча рабочей группы России и Китая по сотрудничеству в рамках крупных научных инфраструктур. Целью встречи были определение и конкретизация участия китайских научных центров в проекте NICA, а также участия ОИЯИ в китайских крупных научных проектах.

Делегация ОИЯИ приняла участие в германо-российской встрече в Берлине по разработке «Дорожной карты германо-российского сотрудничества в области образования, науки, исследований и инноваций». В обсуждениях большое внимание было уделено проектам NICA и FAIR.

Нельзя не отметить и определенный успех, достигнутый в работе по совершенствованию научно-организационной деятельности Института, разработке мер по повышению эффективности использования материальных, финансовых ресурсов, повышению интеллектуального уровня кадров, обеспечению оперативности и высокого качества управленческой деятельности, открытости и действенной прозрачности на всех уровнях работы аппарата управления и дирекции ОИЯИ в целом.

На данном этапе развития, связанном с реализацией стратегической программы ОИЯИ на базе нового Семилетнего плана развития на 2017–2023 гг., Институт разворачивает работу с четким осознанием своей ответственности за соблюдение всех намеченных сроков и полный надежды, что начатые проекты будут доведены до конца.



В. А. Матвеев,
директор Объединенного института
ядерных исследований

2017

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**





РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СЕССИИ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Весенняя сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 27–28 марта под председательством полномочного представителя правительства Республики Болгарии Л. Костова.

Заслушав и обсудив доклад директора Института В. А. Матвеева «О результатах деятельности ОИЯИ в 2016 г. О рекомендациях 121-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2017 г.)», КПП отметил значительный прогресс в реализации приоритетных проектов научной программы ОИЯИ: ход работ по строительству здания коллайдера NICA, успешный ввод в эксплуатацию линейного ускорителя тяжелых ионов NPLas, официальный пуск производственного участка для сборки и тестирования сверхпроводящих магнитов, а также активную работу по разработке технических проектов различных подсистем и подготовке к массовому производству элементов детектора MPD; утверждение международной организацией IUPAC названий новых сверхтяжелых элементов «московский», «теннессин» и «оганесон», синтезированных в ЛЯР ОИЯИ; плановые работы по монтажу циклотрона ДЦ-280 и его основных технологических систем в строящемся здании фабрики сверхтяжелых элементов; высокие научные результаты, полученные на спектрометрах экспериментального ядерного реактора ИБР-2, реализацию программы пользователей ЛНФ ОИЯИ и ее дальнейшее развитие; новые научные результаты в области информационных технологий и достижения в развитии образовательной программы ОИЯИ.

КПП выразил обеспокоенность наметившейся в последние годы тенденцией к ежегодному снижению

уровня фактических доходов бюджета ОИЯИ, что ставит под угрозу выполнение научной программы Института, и обратился к полномочным представителям правительств государств-членов Института с предложением принять меры для своевременной уплаты взносов в полном объеме в порядке, предусмотренном Уставом и Финансовым протоколом ОИЯИ.

Заслушав и обсудив доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О выполнении Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг.», КПП отметил, что цели семилетнего плана в области развития основных установок Института достигнуты, а именно: налажена устойчивая работа модернизированного реактора ИБР-2, возросло число спектрометров для проведения экспериментов на этой установке; ведется строительство фабрики сверхтяжелых элементов; подписаны важные контракты, обеспечивающие своевременную реализацию проекта NICA; введены в действие дубненский кластер установки «Байкал-GVD» и вычислительный центр уровня Tier-1 для эксперимента CMS (ЦЕРН).

КПП заслушал доклад главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2016 г.» и отметил сбалансированное исполнение бюджета в 2016 г. в условиях неполного и нестабильного поступления доходов бюджета.

Приняв к сведению информацию о ситуации с промышленным возвратом в государства-члены в 2016 г., КПП поручил дирекции Института продолжить работу по обеспечению права промышленного возврата для каждого государства-члена в размере не менее 20 % от его взноса на основе конкурсных про-

цедур ОИЯИ; по совершенствованию закупочной деятельности ОИЯИ, которая должна способствовать эффективной работе и своевременному исполнению обязательств по реализации проектов, проведя анализ применения Положения о закупочной деятельности ОИЯИ, и проинформировать о ее результатах на очередной сессии КПП.

КПП заслушал доклад полномочного представителя правительства Грузии в ОИЯИ А. Хведелидзе «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 24–25 марта 2017 г.», утвердил протокол заседания и обратился к полномочным представителям правительств государств-членов Института, имеющих задолженность по уплате взносов в бюджет ОИЯИ, с просьбой принять срочные меры по ее погашению и в дальнейшем обеспечивать своевременное перечисление взносов.

КПП поручил дирекции Института и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ представить проекты «Правила процедуры Финансового комитета ОИЯИ», «Правила процедуры Комитета Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ» и «Положение о персонале ОИЯИ» на рассмотрение Финансовым комитетом и КПП.

КПП поддержал позицию дирекции ОИЯИ по выделению средств на гранты и программы сотрудничества после уплаты государством-членом взноса в бюджет Института в соответствии с Финансовым протоколом и Положением о грантах полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ.

КПП приостановил с 2017 г. увеличение задолженности Украины по уплате взноса в бюджет ОИЯИ в связи с форсмажорными обстоятельствами и перенес рассмотрение вопроса о задолженности Украины на сессию КПП в марте 2018 г., а также уполномочил председателя КПП обратиться в МИД Украины с просьбой обеспечить участие официального представителя Украины в работе заседаний Финансового комитета и сессий КПП. КПП постановил создать комиссию из полномочных представителей или назначенных ими делегатов Республики Болгарии, Республики Польши, Словацкой Республики, Чешской Республики и дирекции Института по выработке предложений по погашению задолженности Украины в бюджет ОИЯИ.

Заслушав и обсудив доклад полномочного представителя правительства Грузии в ОИЯИ А. Хведелидзе «О предложении Финансового комитета по выбору аудиторской организации для проведения проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2016 г.», КПП утвердил ООО АК «Корсаков и Партнеры» аудитором ОИЯИ на 2016 г. и план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2016 г., представленный дирекцией ОИЯИ.

Заслушав доклад директора Института В. А. Матвеева «Об утверждении в должностях вице-

директоров, главного ученого секретаря и главного инженера ОИЯИ», КПП на основании результатов тайного голосования утвердил в должностях на срок полномочий действующего директора Института, т. е. до 1 января 2022 г., главного ученого секретаря Института — А. С. Сорина; главного инженера Института — Б. Н. Гикала.

КПП выразил благодарность главному ученому секретарю Института Н. А. Русаковичу и главному инженеру Института Г. Д. Ширкову за их многолетний труд в составе дирекции ОИЯИ, вклад в результаты работы Института и развитие международного научного сотрудничества.

На основании результатов открытого голосования КПП перенес утверждение новых кандидатов на должности трех вице-директоров Института на сессию КПП в марте 2018 г.; разрешил директору Института В. А. Матвееву продлить срок пребывания в должности вице-директора Института Р. Ледницкого до 31 марта 2018 г. и предоставить право продления полномочий или возложения временного исполнения обязанностей вице-директоров Института, в том числе на иных лиц, до их официального утверждения КПП.

В соответствии с п. 2 статьи 17 Устава ОИЯИ КПП разрешил директору Института В. А. Матвееву ввести должность четвертого вице-директора Института. КПП поручил ему направить полномочным представителям материалы по вышеназванной должности, обосновывающие цели, задачи, обязанности и требования к кандидатам, для последующего утверждения в должности вице-директора Института одного из кандидатов, предложенных государствами-членами ОИЯИ, на сессии КПП в марте 2018 г.

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О довыборах в состав Ученого совета ОИЯИ», КПП избрал членом Ученого совета ОИЯИ профессора Ли Цзяньгана (Институт физики плазмы Китайской академии наук, Хэфэй, КНР).

КПП с интересом заслушал доклад научного руководителя ЛЯР Ю. Ц. Оганесяна «Новые пришельцы с острова стабильности сверхтяжелых элементов».

24–25 ноября в Дубне состоялась очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ под председательством полномочного представителя Российской Федерации Г. В. Трубникова.

Заслушав и обсудив доклад директора Института В. А. Матвеева «О рекомендациях 122-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2017 г.). Краткий обзор результатов деятельности ОИЯИ в 2017 г. и планы на 2018 г.», КПП принял к сведению представленную информацию, утвердил рекомендации 121-й и 122-й сессий Ученого совета, Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2018 г.

КПП отметил важные планы ОИЯИ, направленные на получение новых значимых научно-технологических результатов в 2017–2023 гг., в частности, в процессе реализации и запуска мегапроекта NICA и фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), в расширении спектрометрического комплекса реактора ИБР-2 и программы пользователей на этой установке.

КПП также отметил важность разработки нового стратегического плана ОИЯИ по долгосрочному развитию лабораторий Института и просил дирекцию ОИЯИ регулярно информировать о ходе работы в данном направлении.

КПП поддержал усилия дирекции ОИЯИ по развитию научно-исследовательской инфраструктуры Института и ее интеграции в европейский научный ландшафт, в частности, с удовлетворением отметил включение в 2017 г. ускорительного комплекса NICA и фабрики СТЭ в долгосрочный план NuPECC «Перспективы в ядерной физике».

Комитет поздравил ОИЯИ с состоявшейся в Москве 2 марта 2017 г. инаугурацией названий новых сверхтяжелых элементов «московий», «теннессин» и «оганесон», синтезированных в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флорова; принял к сведению подписание нового Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и INFN (Италия), состоявшееся в Москве 12 апреля 2017 г. в присутствии Президента Итальянской Республики С. Маттареллы; приветствовал решение Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г., в соответствии с которым ОИЯИ получил право самостоятельно присуждать ученые степени. КПП обратился к полномочным представителям содействовать процедуре признания дипломов ученых степеней ОИЯИ в государствах-членах Института.

КПП принял к сведению инициативу дирекции ОИЯИ и Республики Польша о намерениях по совместному созданию Лаборатории структурных исследований макромолекул и новых материалов в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета в Кракове (Польша) и поручил продолжить эту работу.

КПП принял предложения дирекции ОИЯИ о праздновании 25-летия вступления в состав Института группы независимых государств и проведении торжественного мероприятия, посвященного этому событию, 26 марта 2018 г. с приглашением руководителей профильных министерств и ведомств государств-членов ОИЯИ, послов этих государств, аккредитованных в Российской Федерации, полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ, а также группы почетных гостей.

КПП поручил дирекции ОИЯИ организовать в 2018 г. открытый международный конкурс для научных сотрудников и аспирантов на замещение вакантных должностей в приоритетных научных проектах ОИЯИ, а также целевую грантовую программу для

стимулирования участия ученых государств-членов Института и других стран в реализации проекта NICA.

По докладу главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «О проекте бюджета ОИЯИ на 2018 г., проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2019, 2020, 2021 гг.» КПП утвердил бюджет ОИЯИ на 2018 г. с общей суммой доходов и расходов 207,24 млн долларов США, а также утвердил шкалу взносов, взносы и выплату задолженности по уплате взносов в бюджет Института государств-членов ОИЯИ на 2018 г.

КПП поручил дирекции Института представить на рассмотрение и утверждение Финансового комитета и КПП в марте 2018 г. уточненный бюджет ОИЯИ на 2018 г. с учетом выплаты задолженности Российской Федерации в соответствии с решением Правительства Российской Федерации.

Комитет определил ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2019 г. в сумме 205,68 млн долларов США, на 2020 г. в сумме 208,57 млн долларов США и на 2021 г. в сумме 212,58 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2019, 2020 и 2021 гг.

КПП разрешил дирекции ОИЯИ проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета Института на 2018 г. в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2017–2020 гг.

По докладу директора ЛВФЭ В. Д. Кекелидзе и вице-директора Института Р. Ледницкого «О ходе работ по реализации проекта комплекса NICA и предложениях по расходованию целевых средств Российской Федерации в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и международной межправительственной научно-исследовательской организацией Объединенным институтом ядерных исследований о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA от 2 июня 2016 г.» КПП отметил высокую эффективность использования времени ускорителя для научных задач. При проведении 54-го сеанса нуклотрона с источником поляризованных частиц впервые обнаружена анализирующая способность реакции перезарядки нейтрона в протон на медной мишени и ускорены поляризованные протоны на нуклотроне. Более трети полезного времени работы ускорителя (233 ч) использовано стартовой установкой базовой конфигурации комплекса NICA — BM@N, с помощью которой получены первые результаты по рождению гиперонов в ядро-ядерных взаимодействиях. КПП одобрил ввод в эксплуатацию и использование нового форинжектора линейного ускорителя ЛУ-20, а также установки двух ВЧ-станций и системы электронного охлаждения пучка бустера и проведение испытаний на них.

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	– В. Урсаки
Республика Белоруссия	– А. Г. Шумилин	Монголия	– С. Даваа
Республика Болгария	– Л. Костов	Республика Польша	– М. Валигурски
Социалистическая		Российская Федерация	– Г. В. Трубников
Республика Вьетнам	– Ле Хонг Кхьем	Румыния	– Ф. Д. Бузату
Грузия	– А. Хведелидзе	Словацкая Республика	– С. Дубничка
Республика Казахстан	– Е. А. Кенжин	Республика Узбекистан	– Не назначен
Корейская Народно-		Украина	– Б. В. Гринев
Демократическая Республика	– Не назначен	Чешская Республика	– Р. Плага

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Председатель – В. А. Матвеев

Сопредседатель – М. Валигурски (Республика Польша)

Ученый секретарь – А. С. Сорин

Ц. Баатар	– Монголия	С. Поспишил	– Чешская Республика
К. Борча	– Румыния	Э. Рабинович	– Израиль
М. Будзыньски	– Республика Польша	В. А. Рубаков	– Российская Федерация
М. Валигурски	– Республика Польша	К. Русек	– Республика Польша
И. Вильгельм	– Чешская Республика	А. Н. Скринский	– Российская Федерация
С. Галес	– Франция	М. Спиро	– Франция
А. Д. Гарсия	– Республика Куба	Ч. Стоянов	– Республика Болгария
М. Гнатич	– Словацкая Республика	В. И. Стражев	– Республика Белоруссия
Б. В. Гринев	– Украина	Г. Стратан	– Румыния
А. Дубничкова	– Словацкая Республика	Н. Тончев	– Республика Болгария
М. Ежабек	– Республика Польша	Н. Е. Тюрин	– Российская Федерация
А. Г. Загородний	– Украина	П. Фре	– Италия
М. В. Здоровец	– Республика Казахстан	Э. Харрисон	– Великобритания
Г. М. Зиновьев	– Украина	Г. Хуухэнхуу	– Монголия
П. Йенни	– Швейцария	Цзяньган Ли	– КНР
С. Я. Килин	– Республика Белоруссия	Чан Дык Тхиеп	– Социалистическая Республика Вьетнам
М. В. Ковальчук	– Российская Федерация	Л. Чифарелли	– Италия
Г. Н. Кулипанов	– Российская Федерация	Б. Ю. Шарков	– Российская Федерация
А. Маджора	– Италия	Х. Штёкер	– Германия
С. А. Максименко	– Республика Белоруссия	М. Элиашвили	– Грузия
В. А. Матвеев	– Российская Федерация	Не назначен	– Азербайджанская Республика
И. Мних	– Германия	Не назначен	– Корейская Народно- Демократическая Республика
Д. Л. Надь	– Венгерская Республика	Не назначен	– Республика Узбекистан
И. Повар	– Республика Молдова		
Г. С. Погосян	– Республика Армения		

Программно-консультативный комитет по физике частиц

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

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

Председатель – М. Левитович (Франция)
Ученый секретарь – Н. К. Скобелев

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

Председатель – Д. Л. Надь (Венгрия)
Ученый секретарь – О. В. Белов

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИРЕКЦИЯ

Директор В. А. Матвеев
Вице-директор М. Г. Иткис
Вице-директор Р. Ледниcki
Главный ученый секретарь А. С. Сорин
Главный инженер Б. Н. Гикал

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В соответствии с соглашением, предусматривающим обязательства Российской Федерации по финансированию расходов на создание и эксплуатацию базовой конфигурации комплекса NICA в объеме 8 800,0 млн рублей (в ценах 2013 г.), КПП утвердил на 2018 г. бюджет ОИЯИ по использованию целевых средств Российской Федерации в размере 5 400,0 млн рублей, а также принял на 2019 г. ориентировочный размер бюджета ОИЯИ в соответствии с соглашением, с общей суммой расходов 1 500,0 млн рублей и на 2020 г. с общей суммой расходов 970,0 млн рублей, с возможностью его корректировки.

КПП поручил директору Института представить на заседание Наблюдательного совета проекта комплекса NICA предложения ОИЯИ о финансировании работ по созданию ускорительного комплекса NICA за счет целевых средств Российской Федерации и средств, запланированных в бюджете ОИЯИ, а также взять на себя контроль за использованием этих средств.

Отметив, что в 2013–2015 гг., до подписания соглашения, были выполнены работы на ряде объектов базовой конфигурации комплекса NICA в объеме 2 800,0 млн рублей с использованием бюджетных средств ОИЯИ и средств других стран, КПП согласился с изменением стоимости отдельных объектов комплекса NICA в соответствии с имеющейся проектно-сметной документацией и уточненными финансовыми оценками при сохранении обозначенных в соглашении общих затрат на базовую конфигурацию комплекса NICA. КПП гарантировал в полной мере исполнение обязательств ОИЯИ, предусмотренных соглашением.

По докладу полномочного представителя правительства Грузии в ОИЯИ А. Хведелидзе «Об итогах заседания Финансового комитета от 21–22 ноября 2017 г.» КПП утвердил протокол этого заседания.

КПП поручил дирекции Института подготовить проект дорожной карты по работе над Положением о персонале ОИЯИ с учетом предложений, высказанных полномочными представителями и национальными группами стран-участниц Института, и направить его членам рабочей группы до 1 февраля 2018 г., а также привлечь к работе над положением специалистов в области международного права.

Заслушав и обсудив информацию вице-директора М. Г. Иткиса о совещании в Министерстве образования и науки Украины и информацию о рабочем совещании в Академии наук Республики Узбекистан, КПП поручил дирекции Института продолжить работу по реализации взаимоприемлемой модели сотрудничества между ОИЯИ и Украиной, а также принял к сведению информацию о переговорах представителей ОИЯИ с высокими должностными лицами Республики Узбекистан о мерах по восстановлению деятельности в ОИЯИ Республики Узбекистан.

КПП принял к сведению аудиторское заключение по итогам проведения проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2016 г., утвердил бухгалтерский отчет ОИЯИ за 2016 г., одобрил план мероприятий в связи с проведенной аудиторской проверкой, поручив дирекции Института подготовить к очередной сессии КПП комментарии к аудиторскому заключению.

КПП поручил рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам и дирекции Института рассмотреть проект Регламента внесения корректировок в бюджет ОИЯИ, подготовленный дирекцией Института.

Заслушав доклад вице-директора Института Р. Ледницкого «О совершенствовании закупочной деятельности ОИЯИ», КПП отметил важность проведения эффективных закупочных процедур с учетом объемов финансирования Института.

По докладу главного ученого секретаря Института А. С. Сорина «О внесении изменения в Правила процедуры Ученого совета ОИЯИ» КПП разрешил провести утверждение в должностях заместителей директора ЛТФ на 123-й сессии Ученого совета (22–23 февраля 2018 г.).

Заслушав и обсудив доклад заместителя директора ЛФВЭ Г. Г. Ходжибагияна «Об участии ОИЯИ в федеральной целевой программе Российской Федерации по проведению исследований в рамках международного сотрудничества с институтами Китайской Народной Республики», КПП согласился с участием ОИЯИ в конкурсе Министерства образования и науки Российской Федерации «Проведение исследований по отобранным приоритетным направлениям с участием научно-исследовательских организаций и университетов Китая» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.». Этому соответствуют следующие заявки: 1) разработка линейных сверхпроводящих ускорителей для ускорительных комплексов NICA и NIAF, 2) проведение исследований для обоснования разработки технического предложения накопителя энергии на 1 МДж из ВТСП-материала для проекта NICA, 3) создание опытной партии модулей для электромагнитного калориметра в составе экспериментальной установки многоцелевой детектор (MPD) на коллайдерном комплексе NICA, 4) развитие систем стохастического охлаждения для ускорительных комплексов NICA и NIAF.

С интересом заслушав доклад директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «Статус фабрики сверхтяжелых элементов», КПП отметил, что сооружение первой очереди фабрики СТЭ вышло на завершающую стадию, и рекомендовал дирекции ОИЯИ принять все необходимые меры по обеспечению выполнения плана-графика запуска и ввода в эксплуатацию фабрики

СТЭ (экспериментального корпуса, циклотрона ДЦ-280 и нового газонаполненного сепаратора).

КПП поздравил директора ОИЯИ академика РАН В. А. Матвеева с награждением орденом Российской Федерации «За заслуги перед Отечеством» III сте-

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

23–24 февраля состоялась 121-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).

В. А. Матвеев сделал подробный доклад, в котором затронуты такие вопросы, как решения сессии Комитета полномочных представителей ОИЯИ (ноябрь 2016 г.), научные результаты, полученные в 2016 г., а также важнейшие события в деятельности и международном сотрудничестве Института.

Ученый совет заслушал итоги выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг. и планы работ на 2017–2023 гг. в области физики частиц и тяжелых ионов высоких энергий, а также информационных технологий, представленные вице-директором Р. Ледницким, и в области ядерной физики низких и промежуточных энергий, нейтронной ядерной физики и физики конденсированных сред, представленные вице-директором М. Г. Иткисом.

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

Главный ученый секретарь ОИЯИ Н. А. Русакович представил предложения об изменениях в «Положение о программно-консультативных комитетах ОИЯИ».

Ученый совет заслушал научный доклад «Статус проекта FAIR на конец 2016 г. и перспективы сотрудничества FAIR–ОИЯИ», представленный заместителем директора ОИЯИ Б. Ю. Шарковым, а также лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

Состоялось вручение диплома «Почетный доктор ОИЯИ», премии им. В. П. Дзелепова. Были утверждены решения жюри о присуждении премии им. Б. М. Понтекорво и ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

Были объявлены вакансии на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ.

Общие положения резолюции. Заслушав подробный доклад директора ОИЯИ В. А. Матвеева, Ученый совет одобрил принятие Комитетом полномочных представителей Семилетнего плана развития

пени и орденом Французской Республики «За заслуги», а также научного руководителя ЛЯР академика РАН Ю. Ц. Оганесяна с награждением орденом Российской Федерации «За заслуги перед Отечеством» II степени.

ОИЯИ на 2017–2023 гг., который будет определять стратегию ОИЯИ на предстоящий период и ежегодно обновляться в зависимости от реальной финансовой ситуации.

Ученый совет с удовлетворением отметил создание наблюдательного совета проекта комплекса NICA, что является важным шагом, принятым после подписания Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о строительстве и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA.

Приветствуя успешную реализацию идеи всероссийского открытого урока по проекту NICA 8 февраля 2017 г., Ученый совет рекомендовал его для более широкого распространения.

Ученый совет отметил значительный прогресс в реализации приоритетных проектов научной программы ОИЯИ и высокий уровень организационной работы, проводимой дирекцией ОИЯИ.

Ученый совет поздравил Институт с утверждением международными организациями IUPAP и IUPAC названий новых сверхтяжелых элементов «московский», «теннессин» и «оганесон», синтезированных в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.

Ученый совет поддержал разработку долгосрочной стратегии для ОИЯИ, выходящей за пределы утвержденного семилетнего плана, по крайней мере, до 2030 г.

Итоги выполнения Семилетней программы развития ОИЯИ на 2010–2016 гг. и планы на 2017–2023 гг. Ученый совет высоко оценил итоги выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010–2016 гг. и планы работ на 2017–2023 гг. в области физики частиц и тяжелых ионов высоких энергий, а также информационных технологий, представленные вице-директором Р. Ледницким, и в области ядерной физики низких и промежуточных энергий, нейтронной ядерной физики и физики конденсированных сред, представленные вице-директором М. Г. Иткисом. Ученый совет пожелал дирекции и всему коллективу ОИЯИ успехов в реализации амбициозных планов, направленных на создание уникальных базовых установок (NICA, фабрика СТЭ, «Байкал-GVD»), на совершенствование существующих установок ОИЯИ и их интеграцию в европейскую и мировую научно-исследовательскую инфра-

структуру, а также планов проведения интенсивной программы фундаментальных и прикладных исследований в различных областях современной физики на основе широкого международного сотрудничества.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в январе 2017 г., и предложил дирекции ОИЯИ учесть эти рекомендации при подготовке Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2018 г.

По физике частиц. Ученый совет вместе с ПКК по физике частиц с удовлетворением отметил успехи в реализации проекта «Нуклотрон–NICA», включая успешный ввод в эксплуатацию линейного ускорителя тяжелых ионов NICA, подготовку к созданию бустера, официальный пуск производственного участка для сборки и тестирования сверхпроводящих магнитов, а также успехи в строительстве зданий коллайдера и значительные достижения в рекордном по продолжительности стабильной работы 53-м сеансе нуклотрона. Впервые после 15-летнего перерыва был ускорен пучок поляризованных дейтронов и для экспериментов была обеспечена его поляризация до 60% и интенсивность до $7 \cdot 10^8$ ионов.

Ученый совет одобрил продолжающуюся работу команды MPD по разработке технических проектов различных подсистем и подготовке к массовому производству элементов детектора, поздравил руководство MPD с привлечением новых сторонних участников, а также команду BM@N с проведением первого сеанса работы установки, включающей все подсистемы, приняв, однако, к сведению обеспокоенность ПКК в связи с шестимесячной задержкой в реализации проекта, вызванной, среди прочего, ограниченной доступностью пучкового времени. Ученый совет высоко оценил работу экспертных комитетов по детекторам MPD и BM@N, оказывающих помощь в создании этих установок.

Ученый совет высоко оценил ход подготовки эксперимента COMET на ускорителе J-PARC, нацеленного на поиск событий конверсии мюона в электрон. Участники из ОИЯИ внесли важный технический вклад, изготовив детектор на базе строу-трубок, а также протестировали и поставили в Японию сцинтилляционные кристаллы для калориметра COMET. Ученый совет рекомендовал продлить работы по этому проекту до конца 2019 г., предложив группе ОИЯИ принять более активное участие в анализе физических процессов.

Приняв к сведению новое предложение по участию ОИЯИ в эксперименте NA64 с фиксированной мишенью на ускорителе SPS в ЦЕРН, а также то, что вклад ОИЯИ в этот интересный проект с высоким научным потенциалом состоит в создании и техническом обслуживании трекового детектора на

основе строу-трубок при скромных ресурсах, запрашиваемых на три года, Ученый совет рекомендовал одобрить проект до конца 2019 г.

По ядерной физике. Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по ядерной физике относительно темы «Физика легких мезонов», в рамках которой были получены значительные результаты в проекте SPRING, а также в экспериментах ТРИТОН и MEG, и рекомендовал продлить тему до конца 2017 г. с целью завершения всех работ и заслушать окончательные доклады о результатах, полученных в экспериментах MEG-PEN, PAINUC и ТРИТОН. Ученый совет принял к сведению рекомендации продолжить поиски распада $\mu \rightarrow e\gamma$ в эксперименте MEG-II и предусмотреть финансирование проекта GDH&SPASCHARM до конца 2019 г.

Ученый совет отметил успешный ход работ по строительству фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), монтажу циклотрона ДЦ-280 и его основных технологических систем. В соответствии с планом-графиком запуск ускорителя намечен на декабрь 2017 г. Выполнение столь жесткого графика потребует максимальной концентрации финансовых и кадровых ресурсов ЛЯР. Ученый совет рекомендовал дирекции ЛЯР принять все необходимые меры для обеспечения запуска фабрики СТЭ в соответствии с графиком, а также осуществлять мониторинг сооружения фабрики СТЭ посредством более детальной оценки создания ее ключевых компонентов, а именно циклотрона ДЦ-280, включая ионный источник, мишень, выдерживающую большое энерговыделение, и детектирующие системы для экспериментов.

По физике конденсированных сред. Ученый совет высоко оценил научные результаты, полученные на спектрометрах ИБР-2 в 2016 г., отметив их междисциплинарный характер, а также приветствовал успехи в развитии инструментов реактора, что позволит повысить качество и уровень будущих исследований, расширить области работ и обеспечить более привлекательные условия для пользователей ИБР-2. Ученый совет одобрил ход реализации программы пользователей ЛНФ на спектрометрах ИБР-2 и поддержал ее дальнейшее развитие.

Ученый совет приветствовал начало обсуждений о разработке концепции нового нейтронного источника ОИЯИ для использования после 2032 г., отметив его как своевременное, и поддержал рекомендацию ПКК о необходимости представить предложение о создании нового нейтронного источника на комитете по долгосрочному планированию, образуемом в настоящее время в ОИЯИ. Ученый совет разделил мнение ПКК по физике конденсированных сред об острой необходимости проработки таких вопросов, как мобилизация большого научного сообщества, анализ комплементарности и конкурентоспособности наряду с другими нейтронными установками, которые будут доступны после 2032 г. в России

и где-либо в Европе, выработка идей об инструментах и технологиях, планируемых к использованию на новом источнике, наличие достаточного количества пользователей в ОИЯИ и вне Института.

Признавая новые научные результаты, достигнутые в области информационных технологий, и последние достижения в развитии образовательной программы ОИЯИ, Ученый совет поддержал рекомендации, изложенные в материалах ПКК, о продолжении этих работ в рамках рассмотренных тем и проектов.

Общие вопросы. Один из докладов на сессии ПКК по ядерной физике касался поддержки молодых ученых ОИЯИ. Ученый совет с интересом одобрил рекомендации ПКК в адрес дирекции ОИЯИ: расширить программу подготовки соискателей степени PhD для всех стран-участниц и ассоциированных членов Института и реализовать на практике программу постдокторских стипендий в ОИЯИ в целях стимулирования карьерного роста молодых исследователей. Ученый совет высоко оценил усилия дирекции ОИЯИ, направленные на поддержку молодых ученых, и выразил желание заслушать доклад по этому вопросу на одной из своих будущих сессий.

Ученый совет с одобрением отметил участие программно-консультативных комитетов в обновлении положения, регламентирующего деятельность ПКК, и процедуру оценки проектов, представляемых на рассмотрение ПКК. Ученый совет приветствовал усиление взаимодействия и координации между тремя ПКК и дирекцией ОИЯИ.

Доклады молодых ученых. Ученый совет с одобрением заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Мультимедийные образовательные ресурсы», «Чармониеподобные состояния в эксперименте COMPASS», «Реакции слияния с легкими нейтроноизбыточными ядрами: путь получения новых тяжелых ядер», «Моделирование радиационных повреждений в структуре нейронов с использованием Geant4-DNA» и поблагодарил докладчиков: Н. Е. Сидорова (ЛФВЭ), А. О. Гридина (ЛЯП), В. А. Рачкова (ЛЯР) и Л. Баярчимэг (ЛРБ) соответственно. Ученый совет будет приветствовать подобные доклады и в будущем.

О составех ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил М. Левитовича (GANIL, Кан, Франция) председателем ПКК по ядерной физике и Р. Холла-Уилтона (ESS, Лунд, Швеция) в состав ПКК по физике конденсированных сред сроком на три года. Ученый совет выразил благодарность А. Чеккуччи (ЦЕРН, Женева, Швейцария) за успешную работу, проделанную в качестве члена ПКК по физике частиц.

Положение о ПКК ОИЯИ. Ученый совет принял к сведению изменения для внесения в «Поло-

жение о программно-консультативных комитетах ОИЯИ», подробно представленные главным ученым секретарем ОИЯИ Н. А. Русаковичем. Новая редакция положения предусматривает расширенное описание функций программно-консультативных комитетов, позволяя им устанавливать регламент своей работы и вырабатывать конкретные методы оценки проектов. Обновленное положение предлагает ПКК назначать одного-двух членов из своего состава для осуществления постоянного мониторинга конкретного проекта, позволяет комитетам выполнять работу по экспертизе проектов в заочной форме с использованием средств электронных коммуникаций, а также содержит ряд редакционных поправок, предложенных дирекцией ОИЯИ и ПКК. Ученый совет утвердил текст этого документа с внесенными изменениями.

Научный доклад. Ученый совет с интересом заслушал научный доклад «Статус проекта FAIR на конец 2016 г. и перспективы сотрудничества FAIR–ОИЯИ», представленный заместителем директора ОИЯИ Б. Ю. Шарковым. Учитывая представленный график работ по проекту FAIR, Ученый совет подчеркнул необходимость своевременного и успешного завершения проекта NICA в рамках широкого международного сотрудничества, что позволит обеспечить взаимодополняемость обоих проектов.

Награды и премии. Ученый совет поздравил профессора Ф. Дидака (Австрия) с вручением диплома «Почетный доктор ОИЯИ» за выдающийся вклад в развитие науки и в подготовку молодых ученых.

Ученый совет поздравил профессора Ю. А. Будагова (ОИЯИ) с присуждением ему премии им. В. П. Джелепова за разработку и создание уникальной лазерной метрологической системы для измерения угловых колебаний земной поверхности.

Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении премии им. Б. М. Понтекорво коллективу авторов в составе: профессор Ифан Ван (ИФВЭ, Пекин, КНР), профессор Су-Бонг Ким (Сеульский национальный университет, Южная Корея), профессор Коитиро Нишикава (КЕК, Цукуба, Япония) за выдающийся вклад в изучение явления осцилляций нейтрино и измерение угла смешивания нейтрино θ_{13} в экспериментах «Daya Bay», RENO и T2K.

Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении ежегодных премий ОИЯИ за 2016 г. за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

Избрание сопредседателя Ученого совета. Ученый совет избрал профессора М. Валигурского сопредседателем Ученого совета до окончания срока полномочий действующего состава Ученого совета (март 2018 г.).

Выборы и объявление вакансий на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ. На сессии состоялись выборы директора Лаборатории теоретической

физики им. Н. Н. Боголюбова. В связи с тем, что ни один из кандидатов не получил необходимого большинства голосов, Ученый совет объявил новые выборы на указанную должность на следующей сессии Ученого совета в сентябре 2017 г.

Ученый совет объявил вакансии на должность директора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка и директора Лаборатории информационных технологий. Выборы на указанные должности — на 123-й сессии Ученого совета в феврале 2018 г.

18–19 сентября состоялась 122-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).

В. А. Матвеев сделал всесторонний доклад, в котором дан глубокий анализ роли и места Института в мировой фундаментальной ядерно-физической науке, а также представлены решения сессии Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2017 г.), ход выполнения научной программы ОИЯИ в первом, стартовом году нового семилетнего плана, важнейшие события в деятельности и международном сотрудничестве Института.

Ученый совет заслушал доклад директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «Статус и перспективы фабрики сверхтяжелых элементов» и директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «О ходе работ по проекту NICA».

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили: И. Церруя (ПКК по физике частиц), М. Левитович (ПКК по ядерной физике), Д. Л. Надь (ПКК по физике конденсированных сред).

Ученый совет заслушал научные доклады «Поиск фазовых переходов в сильновзаимодействующей материи», представленный профессором А. Рустамовым, и «Исследования плотной материи при энергиях NICA с помощью дилептонов: перспективы и вызовы», представленный профессором И. Церруя, а также лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

Состоялось вручение премии им. Б. М. Понтекорво ОИЯИ и дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2016 г.

На сессии состоялись выборы на должность директора ЛТФ. Были объявлены вакансии на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ.

Общие положения резолюции. Ученый совет с удовлетворением отметил важные стратегические планы ОИЯИ, направленные на получение новых значимых научно-технологических результатов в 2017–2023 гг., в частности, в процессе реализации мегапроекта NICA и развития фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), в расширении спектрометрического комплекса реактора ИБР-2 и программы пользователей на этой установке.

Ученый совет высоко оценил усилия дирекции ОИЯИ по развитию научно-исследовательской инфраструктуры Института и ее интеграции в европейский научный ландшафт и, в частности, отметил включение в 2017 г. ускорительного комплекса NICA и фабрики СТЭ в долгосрочный план NuPECC «Перспективы в ядерной физике».

Ученый совет поздравил Институт с состоявшейся в Москве 2 марта 2017 г. инаугурацией названий новых сверхтяжелых элементов «московий», «теннессин» и «оганесон», синтезированных в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.

Ученый совет приветствовал подписание нового Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и INFN, состоявшееся в Москве 12 апреля 2017 г. в присутствии Президента Итальянской Республики С. Маттареллы.

Ученый совет подчеркнул важность разработки нового стратегического плана ОИЯИ по долгосрочному развитию лабораторий Института и ожидает получения соответствующей информации о процессе стратегического планирования и сроках.

Ученый совет принял к сведению назначение А. С. Сорина главным ученым секретарем и Б. Н. Гикала главным инженером ОИЯИ. Ученый совет поблагодарил их предшественников Н. А. Русаковича и Г. Д. Ширкова за успешно проделанную многолетнюю работу.

Ученый совет с удовлетворением воспринял сообщение о назначении заместителя министра образования и науки Российской Федерации Г. В. Трубникова полномочным представителем правительства Российской Федерации в ОИЯИ и пожелал ему успешной деятельности на этих двух ответственных постах.

Ход работ по фабрике СТЭ. Ученый совет принял к сведению доклад директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «Статус и перспективы фабрики сверхтяжелых элементов», с удовлетворением отметив, что сооружение первой очереди фабрики СТЭ вышло на завершающую стадию. Окончание строительных работ запланировано на конец 2017 г.; выполнение всего цикла монтажных работ циклотрона ДЦ-280, нового ЭЦР-источника и инженерных систем — на декабрь 2017 г.; монтаж и отладка нового газонаполненного сепаратора GSF-2 — на ноябрь 2017–июнь 2018 г.; проведение первых экспериментов — на вторую половину 2018 г.

Учитывая высокий приоритет работ по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов, Ученый совет рекомендовал дирекции ОИЯИ и ЛЯР обеспечить реализацию программ дальнейшего развития фабрики СТЭ (создание новых и модернизацию действующих физических установок для изучения химических и ядерных свойств сверхтяжелых элементов).

Ход работ по проекту NICA. Ученый совет принял к сведению доклад директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «О ходе работ по проекту NICA» и с удовле-

творением отметил существенный прогресс в реализации этого флагманского проекта Института, признанного важным элементом европейской научно-исследовательской инфраструктуры.

Ученый совет отметил успешное развитие ускорительного комплекса нуклотрон–NICA, в том числе получение пучков поляризованных протонов с помощью нового источника поляризованных частиц; одобрил ход работ по созданию бустера, для которого в ИЯФ им. Г. И. Будкера (Новосибирск) изготовлена и поставлена в ОИЯИ система электронного охлаждения, а также ход строительства инженерной инфраструктуры коллайдера. Большая работа проводится коллаборациями BM@N и MPD по развитию детекторов и созданию их подсистем; предприняты усилия по укреплению этих коллабораций новыми участниками. Ученый совет с интересом ожидает получения новых результатов на установке BM@N в ходе следующего, 55-го сеанса работы на нуклотроне в конце 2017 г.

Ученый совет в целом одобрил динамичный ход реализации проекта NICA, всемерно поддерживая дальнейшее расширение международных коллабораций вокруг планируемых экспериментов, и выразил надежду на успешное продолжение исключительно важной работы по созданию комплекса NICA.

Научные доклады. Ученый совет заслушал научные доклады «Поиск фазовых переходов в сильно взаимодействующей материи» и «Исследования плотной материи при энергиях NICA с помощью диплеонов: перспективы и вызовы» и поблагодарил профессоров А. Рустамова и И. Церруа за выступления, в которых содержатся новые вдохновляющие идеи и предложения по физической программе NICA.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в июне 2017 г. и представленные председателем ПКК по физике частиц И. Церруа, председателем ПКК по ядерной физике М. Левитовичем, членом ПКК по физике конденсированных сред Д. Л. Надем, и предложил дирекции ОИЯИ учесть эти рекомендации при подготовке Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2018 г.

По физике частиц. Ученый совет отметил успехи, достигнутые в 54-м сеансе работы нуклотрона, в ходе которого был впервые ускорен пучок поляризованных протонов, а также начало ввода в эксплуатацию системы электронного охлаждения бустера. Разделяя беспокойство ПКК в связи с отсутствием достаточных кадровых ресурсов, Ученый совет призвал руководство ОИЯИ предпринять необходимые меры для улучшения ситуации.

Ученый совет одобрил значительное продвижение в создании ярма магнита для установки MPD и усилия по созданию детектора, отметив успехи в

привлечении к совместной работе коллег из КНР и Мексики и определении их обязательств в эксперименте MPD.

Ученый совет высоко оценил ход работ по подготовке эксперимента BM@N и успехи, достигнутые в недавних сеансах с пучками ядер дейтерия и углерода. В связи с недостатком специалистов для анализа полученных недавно экспериментальных данных Ученый совет призвал руководителей проекта и дирекцию лаборатории принять необходимые меры для привлечения сторонних групп к участию в эксперименте BM@N. Ученый совет одобрил расширение физической программы эксперимента BM@N за счет появления нового проекта «Изучение короткодействующих корреляций», в котором наряду с командой BM@N участвуют группы из Тель-Авивского университета, MIT, GSI и CEA. Этот первый предложенный извне проект нацелен на использование установки BM@N. В нем предлагается осуществить пионерские измерения, которые могут быть выполнены только на нуклотроне, направленные на исследования короткодействующих корреляций в ядрах углерода с использованием инверсной кинематики, в которой пучок ядер углерода налетает на водородную мишень.

Ученый совет высоко оценил плодотворную работу экспертных комитетов по ускорителям и детекторам MPD и BM@N, оказывающих помощь в реализации проекта «Нуклотрон–NICA».

Ученый совет поддержал рекомендации об одобрении новых проектов и продолжении текущих научных работ по физике частиц во временных рамках, предложенных в материалах ПКК. В частности, Ученый совет одобрил пересмотренное предложение по участию ОИЯИ в эксперименте COMPASS-II и просьбу ПКК о существенном сокращении количества участников и командировочных расходов. Аналогичное замечание касается участия ОИЯИ в проекте «Data Bay/JUNO»: руководству группы и дирекции ЛФВЭ рекомендовано пересмотреть вопрос обоснования большого количества участников проекта и значительных командировочных расходов.

По ядерной физике. Ученый совет удовлетворен ходом работ по ускорителю ДЦ-280 (дубненский циклотрон, К-фактор 280), являющемуся центральной установкой фабрики сверхтяжелых элементов. Циклотрон и все его технологические системы находятся в процессе монтажа. Смонтирован основной магнит циклотрона, и на нем завершены магнитные измерения. Ионный источник ECR-типа (DECRI-PM) готов к монтажу на фабрике СТЭ.

Завершается изготовление нового газонаполненного сепаратора GFS-2. Подготовлена документация на новый мишенный блок, предназначенный для работы на GFS-2, и разрабатывается детектирующая система регистрации редких событий образовав-

шихся сверхтяжелых элементов с высоким позиционным и энергетическим разрешением.

Ученый совет выразил надежду, что окончание монтажных работ произойдет в запланированные сроки (декабрь 2017 г.) и ввод циклотрона в эксплуатацию состоится в первой половине 2018 г.

Для выполнения сроков физического пуска и ввода в эксплуатацию фабрики СТЭ Ученый совет рекомендовал дирекциям ОИЯИ и ЛЯР обеспечить скоординированное выполнение плана-графика строительных, монтажных и пусконаладочных работ всех систем ускорителя, газонаполненного сепаратора, мишенного и детектирующего узлов. Дирекции ЛЯР следует сосредоточить усилия на подготовке эксперимента первого дня, при этом обратить особое внимание на своевременное обеспечение комплекса фабрики СТЭ инженерным и техническим персоналом. Ученый совет также рекомендовал обеспечить тщательный контроль во время монтажа и ввода в эксплуатацию всех упомянутых систем и установок фабрики СТЭ, чтобы гарантировать ее надежную работу при оптимальной производительности.

Ученый совет с удовлетворением отметил физический пуск нового фрагмент-сепаратора ACCULINNA-2 и одобрил программу первых экспериментов в ЛЯР по исследованию распада ядер ${}^7\text{H}$, ${}^{13}\text{Li}$, ${}^{17}\text{Ne}$ и ${}^{26}\text{S}$ с испусканием $3n$, $4n$ и $2p$.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по ядерной физике о продолжении работ по проекту TANGRA («Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций») и проекту E&T&RM («Исследование глубоко подкритических электроядерных систем и возможностей их применения для производства энергии, трансмутации отработанного ядерного топлива и исследований в области радиационного материаловедения») до конца 2019 г.

Приняв к сведению одобренные научные отчеты по завершённым проектам MEG-PEN, ТРИТОН и RAINUC темы «Физика легких мезонов», Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продолжении участия в усовершенствованном эксперименте MEG-II по поиску нарушения закона сохранения лептонного числа.

По физике конденсированных сред. Ученый совет принял к сведению результаты состоявшегося на сессии ПКК по физике конденсированных сред обсуждения планов подготовки концепции нового источника нейтронов ОИЯИ взамен реактора ИБР-2 после его вывода из эксплуатации. Ученый совет согласился с тем, что начало стратегического планирования возможного проекта нового источника является актуальной задачей, и одобрил дальнейшее сопровождение этой деятельности со стороны ПКК. Первым шагом в ходе планирования должна стать разработка всестороннего документа, содержащего четкое научное обоснование и описание дополнительных пре-

имуществ будущего источника нейтронов ОИЯИ в рамках глобального и европейского ландшафта нейтронных источников, а также реальных потребностей пользователей. Ученый совет поддержал намерение ПКК участвовать в подготовке этого документа, отметив, что уже в настоящее время на этапе разработки дизайна нового источника пристальное внимание должно уделяться требованиям научного сообщества в отношении основных параметров новой установки.

Ученый совет отметил высокий уровень реализации программы пользователей ИБР-2, которая сделала данную базовую установку ОИЯИ одним из ведущих в мире нейтронных источников открытого доступа. Успешная реализация программы пользователей ИБР-2 и повышение ее эффективности за счет совершенствования спектрометров является необходимой предпосылкой создания нового источника нейтронов в ОИЯИ.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК о продлении текущих и открытии новых тем и проектов по физике конденсированных сред и в смежных областях, высоко оценив полученные научные и технические результаты. В частности, Ученый совет приветствовал прогресс в обновлении спектрометров ИБР-2 и создании ДТМ-системы окружения образца для дифрактометра ДН-12, а также последние достижения в области рамановской микроскопии, разработки новых полупроводниковых детекторов для фундаментальных и прикладных исследований, позитронно-аннигиляционной спектроскопии и радиобиологии. Среди новых предложений, рассмотренных ПКК, Ученый совет отметил работы по созданию широкоапертурного детектора обратного рассеяния для дифрактометра ФДВР и по разработке дополнительной системы окружения образца.

Доклады молодых ученых. Ученый совет с одобрением заслушал доклады молодых ученых, рекомендованные программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Исследование экзотических состояний в легких ядрах», «Нейрохимические изменения в центральной нервной системе грызунов после воздействия различных видов ионизирующих излучений» и поблагодарил докладчиков: Д. М. Джансейтова (ЛТФ) и К. Белокопытову (ЛРБ). Ученый совет будет приветствовать подобные доклады и в будущем.

Составы ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил Д. Л. Надя (Wigner RCP, Будапешт, Венгрия) председателем ПКК по физике конденсированных сред и ввел П. Микулу (ИЯФ, Ржеж, Чехия) в состав данного ПКК, каждого сроком на три года. Ученый совет также ввел Л. Музу (ЦЕРН, Женева, Швейцария) в состав ПКК по физике частиц сроком на три года.

Награды и премии. Ученый совет поздравил с присуждением премии им. Б. М. Понтекорво про-

фессоров Ифан Вана (ИФВЭ, Пекин, КНР), Су-Бонг Кима (Сеульский национальный университет, Корея) и Коитиро Нишикаву (КЕК, Цукуба, Япония) за выдающийся вклад в изучение явления осцилляций нейтрино и измерение угла смешивания нейтрино θ_{13} в экспериментах «Daya Bay», RENO и T2K и поблагодарил их за яркие выступления.

Ученый совет поздравил лауреатов ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

Выборы и объявления вакансий в дирекциях лабораторий ОИЯИ. Ученый совет избрал Д. И. Казакова директором Лаборатории теоретической фи-

зики им. Н. Н. Боголюбова сроком на пять лет и поблагодарил В. В. Воронова за успешную работу, проделанную в качестве директора этой лаборатории.

Ученый совет объявил вакансии на должности заместителей директоров ЛТФ и обратился с просьбой к КПП разрешить провести утверждение на эти должности на 123-й сессии Ученого совета (февраль 2018 г.).

Ученый совет объявил вакансии на должности директора Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелеева и директора Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Выборы — на 124-й сессии Ученого совета (сентябрь 2018 г.).

ЗАСЕДАНИЯ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

Заседание Финансового комитета состоялось 24–25 марта в Дубне под председательством представителя Российской Федерации А. В. Зарубина.

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института В. А. Матвеева «О результатах деятельности ОИЯИ в 2016 г. О планах научно-исследовательской деятельности ОИЯИ на 2017 г.». Принял к сведению научные результаты, достигнутые международным коллективом ОИЯИ в 2016 г.: успехи в реализации проекта «Нуклотрон–NICA», включая ввод в эксплуатацию линейного ускорителя тяжелых ионов NPLas, пуск производственного участка для сборки и тестирования сверхпроводящих магнитов, а также рекордную по продолжительности и параметрам пучка стабильную работу нуклотрона при проведении очередного сеанса; успешный ход работ по строительству фабрики сверхтяжелых элементов, монтаж циклотрона ДЦ-280 и его основных технологических систем; реализацию программы пользователей ЛНФ на спектрометрах ИБР-2 и научные результаты, полученные на них в 2016 г.

Финансовый комитет поздравил Институт с утверждением международной организацией IUPAC названий новых сверхтяжелых элементов «московский», «теннессин» и «оганесон», синтезированных в ЛЯР ОИЯИ.

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О выполнении Семилетнего плана развития ОИЯИ за 2010–2016 гг.», Финансовый комитет принял к сведению информацию об основных научных результатах и финансовом обеспечении выполнения семилетнего плана.

По докладу главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2016 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП обратиться к полномочным представителям прави-

тельств государств-членов Института, имеющих задолженность по уплате взносов в бюджет ОИЯИ, с просьбой принять срочные меры по их погашению и в дальнейшем обеспечивать своевременное перечисление взносов.

Финансовый комитет заслушал доклад председателя рабочей группы С. Харизановой «Об итогах заседания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 23 марта 2017 г.», рекомендовал КПП принять к сведению отчет дирекции ОИЯИ в отношении проектов «Правила процедуры Финансового комитета ОИЯИ», «Правила процедуры Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ» и «Положение о персонале ОИЯИ», а также направить в дирекцию ОИЯИ замечания и предложения полномочных представителей к проекту «Положение о персонале ОИЯИ» до 1 июня 2017 г., с тем чтобы представить все проекты на утверждение Финансовым комитетом и КПП в ноябре 2017 г.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поддерживать позицию дирекции ОИЯИ по выделению средств на гранты и программы сотрудничества только после уплаты заинтересованным государством-членом взноса в бюджет Института, а также рассмотреть вопрос о ротации состава рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ.

Заслушав доклад председателя рабочей группы С. Харизановой «Об итогах заседания рабочей группы по выработке предложений по погашению задолженности Украины по уплате взноса в бюджет ОИЯИ», Финансовый комитет рекомендовал КПП приостановить с 2017 г. увеличение задолженности Украины по уплате взноса в бюджет ОИЯИ, перенести рассмотрение вопроса о задолженности Украины

на сессию КПП в марте 2018 г., обратиться в МИД Украины с просьбой обеспечить участие официального представителя Украины в работе заседаний Финансового комитета и сессий КПП, а также поручить рабочей группе и дирекции Института проработать вопрос о возможности проведения выездного заседания рабочей группы в Украине.

По докладу вице-директора Института Р. Ледницкого «О выборе аудиторской организации по проведению проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2016 г.» Финансовый комитет утвердил план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2016 г., рекомендовал КПП утвердить ООО АК «Корсаков и Партнеры» аудитором ОИЯИ на 2016 г. и уполномочить его провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период.

Финансовый комитет с интересом заслушал доклад председателя НТС ОИЯИ Р. В. Джолоса «О работе Научно-технического совета», одобрив усилия НТС по привлечению научного коллектива к обсуждению хода реализации планов и мер по повышению эффективности работы Института.

Заседание Финансового комитета состоялось 21–22 ноября в Дубне под председательством представителя Республики Болгарии С. Харизановой.

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института В. А. Матвеева «О планах научно-исследовательской деятельности ОИЯИ на 2018 г.», принял к сведению информацию дирекции по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в стартовом году Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., а также предложения о приоритетах деятельности Института на 2018 г. Отметив важность разработки нового стратегического плана ОИЯИ по долгосрочному развитию лабораторий Института, Финансовый комитет просил дирекцию ОИЯИ регулярно информировать о ходе работы в данном направлении.

Финансовый комитет принял к сведению подписание нового Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и INFN (Италия), состоявшееся в Москве 12 апреля 2017 г. в присутствии Президента Итальянской Республики С. Маттареллы; приветствовал решение Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г., в соответствии с которым ОИЯИ получил право самостоятельно присуждать ученые степени.

По докладу главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «О проекте бюджета ОИЯИ на 2018 г., о проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2019, 2020, 2021 гг.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет ОИЯИ на 2018 г. с общей суммой доходов и расходов 207,24 млн долларов США, а также шкалу взносов, взносы и погашение задолженности по уплате взносов в бюджет ОИЯИ государств-членов Института на 2018 г.

Финансовый комитет рекомендовал КПП определить ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2019 г. в сумме 205,68 млн долларов США, на 2020 г. в сумме 208,57 млн долларов США и на 2021 г. в сумме 212,58 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2019, 2020 и 2021 гг.

Финансовый комитет рекомендовал проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета Института на 2018 г., в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2017–2020 гг.

По докладу директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе и вице-директора Института Р. Ледницкого «О ходе работ по реализации проекта комплекса NICA и предложениях по расходованию целевых средств Российской Федерации в соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и международной межправительственной научно-исследовательской организацией Объединенным институтом ядерных исследований о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA от 2 июня 2016 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению ход работ по реализации проекта комплекса NICA в соответствии с Семилетним планом развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. и соглашением; согласиться с предложением дирекции проекта NICA по использованию в 2018 г. целевых средств Российской Федерации с общей суммой расходов 5 600,0 млн рублей, выделенных в соответствии с соглашением, а также с ориентировочным размером расходов на 2019 г. — 1 500,0 млн рублей и на 2020 г. — 970,0 млн рублей с возможностью корректировки расходов.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить директору Института представить на заседание Наблюдательного совета проекта комплекса NICA предложения ОИЯИ о финансировании работ по созданию ускорительного комплекса NICA за счет целевых средств Российской Федерации и средств, запланированных в бюджете ОИЯИ, и взять на себя контроль за использованием этих средств.

Отметив, что в 2013–2015 гг., до подписания соглашения, были выполнены работы на ряде объектов базовой конфигурации комплекса NICA в объеме 2 800,0 млн руб. с использованием бюджетных средств ОИЯИ, Финансовый комитет согласился с изменением стоимости отдельных объектов комплекса NICA при сохранении обозначенных в соглашении общих затрат на базовую конфигурацию комплекса NICA, а также подтвердил, что средства на исполнение обязательств Института по соглашению предусмотрены в долгосрочных финансовых планах ОИЯИ.

По докладу председателя рабочей группы А. Хведелидзе «Об итогах заседания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ

от 20 ноября 2017 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению информацию дирекции Института о работе над проектом Положения о персонале ОИЯИ и поручить дирекции привлечь к работе над положением специалистов в области международного права, а также подготовить проект дорожной карты по работе над положением с учетом предложений, высказанных полномочными представителями и национальными группами стран-участниц Института и направить его членам рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам до 1 февраля 2018 г.

По докладу директора аудиторской компании «Корсаков и Партнеры» Д. А. Корсакова «Об итогах аудиторской проверки финансовой деятельности Института за 2016 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бухгалтерский отчет ОИЯИ и аудиторское заключение; принять к сведению план мероприятий по аудиторской проверке финансовой

деятельности ОИЯИ за 2016 г. и поручить дирекции ОИЯИ подготовить к сессии КПП (март 2018 г.) комментарии к аудиторскому заключению.

По докладу руководителя службы внутреннего аудита Н. В. Калинина «Об анализе применения Положения о закупочной деятельности ОИЯИ» Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению представленную информацию.

Финансовый комитет с интересом заслушал доклад заместителя директора ЛНФ Н. Кучерки «Синхротронное излучение в современных научных исследованиях».

Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению инициативу дирекции ОИЯИ и Республики Польша о намерениях по совместному созданию Лаборатории структурных исследований макромолекул и новых материалов в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета в Кракове (Польша).

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

46-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 16–17 января под председательством профессора И. Церруя.

Вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки проинформировал ПКК о резолюции 120-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2016 г.) и решениях Комитета полномочных представителей государств-членов ОИЯИ (ноябрь, 2016 г.). Ученый совет поддержал рекомендации ПКК о принятии новых проектов и продолжении текущих научных работ по физике частиц в предложенных временных рамках.

ПКК одобрил ход работ по проекту «Нуклотрон–NICA»: успешный ввод в эксплуатацию линейного ускорителя тяжелых ионов NICA, подготовку к созданию бустера, официальный пуск производственного участка для сборки и тестирования сверхпроводящих магнитов и успешное строительство зданий коллайдера. ПКК с удовлетворением отметил, что в 53-м сеансе работы нуклотрона был ускорен пучок поляризованных дейтронов, впервые после 15-летнего перерыва, и для экспериментов была обеспечена его поляризация до 60 % и интенсивность до $7 \cdot 10^8$ ионов. ПКК также отметил, что в последнем сеансе нуклотрон стабильно работал рекордно продолжительное время — 1412 ч.

ПКК высоко оценил ход работ по подготовке технических проектов различных подсистем, задействованных в 1-й стадии эксперимента NICA/MPD, и подготовке к массовому производству элементов детектора. ПКК поздравил руководство MPD с успехами в привлечении новых сторонних участников и призвал продолжить эту работу. ПКК одобрил вве-

дение в строй внутреннего трекового детектора установки BM@N на базе GEM и поздравил команду с проведением первого успешного сеанса облучения установки с набором значительной статистики, необходимой для решения методических вопросов и проблем, связанных с работой детектора. Комитет выразил обеспокоенность полугодовой задержкой в реализации проекта, вызванной, среди прочего, ограниченной доступностью пучкового времени.

ПКК высоко оценил успехи в подготовке эксперимента COMET на ускорителе J-PARC и важный технический вклад группы ОИЯИ в создание детектора на базе строу-трубок и калориметра COMET. ПКК рекомендовал продлить работу по этому проекту до конца 2019 г. и призвал сотрудников принять более активное участие в работах, связанных с анализом физических процессов. Рассмотрев письменные отчеты проектов, одобренных ранее до конца предыдущего семилетнего плана, ПКК рекомендовал продлить проекты ALPOM-2, HADES, STAR, NA62 и «Новые ускорители» на период, соответствующий первоначально запрошенному в проектах сроку.

ПКК рассмотрел новое предложение по участию ОИЯИ в эксперименте NA64 на ускорителе SPS в ЦЕРН, нацеленном на поиск явлений за пределами Стандартной модели и рекомендовал одобрить проект для выполнения до конца 2019 г.

На сессии ПКК было представлено два доклада об участии сотрудников ОИЯИ в проекте COMPASS. Комитет отметил важную роль группы ОИЯИ в обеспечении набора данных, в техническом обслуживании установки, физическом анализе, а также возможную занятость участников в экс-

перименте NICA/SPD. Вместе с тем ПКК посчитал неоправданным участие двух групп в одном и том же эксперименте и рекомендовал обеим группам подготовить и направить на рассмотрение ПКК единый проект, в котором будет отражена стратегия ОИЯИ и цели Института по участию в проекте COMPASS-II на следующие три года. Это предложение должно включать конкретную информацию о числе участников проекта, авторском коллективе, сотрудниках, готовящих диссертации, инженерах, а также список физических проблем, анализ которых предлагается осуществить. Группе следует представить обоснование значительной, ежегодно требующейся суммы около 200 тыс. долларов. ПКК ожидает более подробного представления планируемых научно-исследовательских разработок с учетом того, что ПКК пока не рассматривал будущий проект COMPASS-III и его возможное влияние на выполнение эксперимента SPD.

Заслушав доклады сотрудников ОИЯИ — участников экспериментов на LHC, ПКК отметил результаты испытания модулей электромагнитного калориметра PHOS ALICE, новые данные по поиску пентакварков в Λ_b -распадах в эксперименте ATLAS и результаты исследования рождения мюонных пар в CMS.

ПКК заслушал научные доклады «Нейтринная программа ОИЯИ. Эксперименты «Daya Bay» и JUNO: прецизионные измерения с реакторными нейтрино» и «Электромагнитные и гравитационные эффекты в динамике спина на ускорителях», представленными М. О. Гончаром и А. Я. Силенко соответственно.

ПКК рассмотрел 26 стендовых сообщений по проблемам физики частиц, подготовленных молодыми учеными ЛЯП, ЛФВЭ и ЛИТ. Комитет был весьма удовлетворен большим количеством презентаций и отметил в целом хорошее качество представленных результатов. Комитет выбрал мультимедийную презентацию «Основные установки ОИЯИ» Н. Е. Сидорова и сообщение А. О. Гридина «Чармониеподобные состояния в эксперименте COMPASS» для доклада на сессии Ученого совета в феврале 2017 г.

45-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 19–20 января под председательством профессора В. Канцера.

Председатель ПКК сделал обзор доклада, представленного на сессии Ученого совета ОИЯИ в сентябре 2016 г., о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК.

Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 120-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2016 г.) и о решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (ноябрь 2016 г.).

ПКК с большим интересом заслушал доклад В. Л. Аксенова «Нейтронные установки ОИЯИ в 15-летней перспективе» с научным обоснованием идеи о создании в Институте нового нейтронного источника. Поскольку для сооружения нейтронного источника необходим значительный временной период, ПКК посчитал своевременным рассмотрение предложения о новой установке. В то же время, в связи с созданием нового источника, ПКК отметил острую необходимость проработки таких вопросов, как мобилизация большого научного сообщества, анализ комплементарности и конкурентоспособности наряду с другими нейтронными установками, которые будут доступны после 2032 г. в России и где-либо в Европе; выработка идей об инструментах и технологиях, планируемых к использованию на новом источнике; наличие достаточного количества пользователей в ОИЯИ и вне Института. ПКК рекомендовал дирекции ЛНФ начать подготовку предложения по разработке концепции новой установки с дальнейшим его представлением на следующей сессии ПКК. ПКК также рекомендовал представить предложение о создании нового нейтронного источника на Комитете по долгосрочному планированию, создаваемому в настоящее время в ОИЯИ. В качестве дополнительного материала для обсуждения на следующей сессии ПКК запросил информацию о новом синхротронном источнике SOLARIS в Кракове (Польша) и возможном сотрудничестве с ОИЯИ в этом направлении.

ПКК высоко оценил научные результаты, полученные на спектрометрах ИБР-2 в 2016 г. и представленные Д. П. Козленко. Приветствуя успехи в развитии инструментов реактора, ПКК считает, что эти достижения позволят повысить качество и уровень будущих исследований, расширить области работ и обеспечить более привлекательные условия для пользователей ИБР-2. ПКК с удовлетворением отметил ход реализации программы пользователей ЛНФ на спектрометрах ИБР-2 и поддержал ее дальнейшее развитие.

ПКК заслушал ряд докладов о темах и проектах. Признавая новые научные результаты, достигнутые в области информационных технологий, ПКК рекомендовал продлить эти работы на следующий трехлетний период в рамках темы «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных», отчет по которой был представлен Г. Адамом. Отмечая последние достижения Учебно-научного центра ОИЯИ в развитии образовательной программы Института, ПКК предложил продолжить эти работы в рамках темы «Организация, обеспечение и развитие образовательной программы ОИЯИ», представленной С. З. Пакуляком. ПКК заслушал отчет Ю. А. Панебратцева о завершающемся проекте «Создание современных образовательных программ»,

отметил его успешное выполнение и рекомендовал открыть новый проект «Создание открытой информационно-образовательной среды для поддержки приоритетных направлений исследований в области наук о материалах и структуре вещества» на следующие три года.

ПКК был проинформирован о ряде научных совещаний, школ и обучающих курсов, проходивших в ОИЯИ. В частности, ПКК отметил доклад О. В. Белова о планах по развитию прикладных исследований на комплексе NICA, обсуждавшихся на международном совещании «Биофизика и материалы» (12–13 декабря 2016 г., Дубна), с удовлетворением заслушал информацию о III Международной конференции по малоугловому рассеянию нейтронов к 80-летию со дня рождения Ю. М. Останевича (6–9 июня 2016 г., Дубна) и 7-й Международной молодежной научной школе «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок» (7–11 ноября 2016 г., Дубна), представленную А. И. Куклиным и Е. И. Литвиненко соответственно. ПКК также принял к сведению доклад М. Балашоу об обучающем курсе для студентов «Исследование перспективных материалов с помощью методов рассеяния нейтронов» (27 августа–4 сентября 2016 г., Дубна) и отметил большой интерес румынских университетов (Западного университета Тимишоары и университета «Овидий» в Констанце) к этому мероприятию.

ПКК выразил благодарность авторам следующих научных докладов по физике конденсированных сред и связанным областям: «Численные исследования везикулярных систем и пион-ядерного рассеяния на основе метода асинхронной дифференциальной эволюции» (Е. В. Земляная), «Спиновая динамика в соединениях с промежуточной валентностью: сравнение результатов неупругого рассеяния и *ab initio* теории» (Е. А. Горемычкин), «Прогнозирование радиационной обстановки на комплексе NICA» (Г. Н. Тимошенко).

Лучшим стендовым сообщением на данной сессии ПКК избрал работу «Моделирование радиационных повреждений в структуре нейтронов с использованием Geant4-DNA», представленную Л. Баярчимэг. ПКК также отметил высокий уровень двух других работ: «Асимметричные “трековые” одиночные нанопоры для использования в сенсорной технике», представленной К. Олейничак, и «Методика построения гетерогенного вычислительного кластера HybriLIT», представленной М. А. Матвеевым. Авторы этих работ удостоены награждения дипломами на следующей сессии ПКК.

В общей дискуссии ПКК обсудил возможность включения одного или двух своих членов в комитет по долгосрочному планированию, создаваемый в настоящее время в Институте, а также одобрил окончательный проект новой редакции Положения о программно-консультативных комитетах ОИЯИ для

его утверждения Ученым советом и обсудил методы подготовки проектов и их оценки программно-консультативными комитетами, отмечая, что методы также приняты двумя другими ПКК — по физике частиц и по ядерной физике.

45-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 25–26 января под председательством профессора Ф. Пикмалья.

Ф. Пикмаль представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 120-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2016 г.) и решениях Комитета полномочных представителей (ноябрь 2016 г.).

ПКК заслушал доклад о поддержке молодых ученых ОИЯИ В. Худобы, отметил важность работы по подготовке и привлечению молодых ученых в Институте и активно поддержал политику дирекции ОИЯИ в этом направлении. ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ расширить программу подготовки соискателей степени PhD для всех стран-участниц и ассоциированных членов ОИЯИ, а также реализовать на практике программу постдокторских стипендий в ОИЯИ в целях стимулирования карьерного роста молодых исследователей.

ПКК заслушал отчет по теме «Физика легких мезонов», представленный А. В. Куликовым, и рекомендовал его одобрить, особо отметив значительные результаты, полученные в завершившемся проекте SPRING. Проведенные исследования взаимодействий поляризованных протонов и дейтронов со струйными поляризованными мишенями позволили получить большой объем данных о динамике адронных взаимодействий путем измерения спиновых наблюдаемых. ПКК также отметил успехи в экспериментах ТРИТОН и MEG. В эксперименте ТРИТОН на фазотроне ЛЯП в 2016 г. выполнены исследования мюонного катализа в реакции слияния в системе $p\mu$. Проведены два успешных сеанса, в которых зарегистрированы все три ранее известных канала реакции (из которых канал e^+e^- ранее в эксперименте не наблюдался), а также открыт новый канал с эмиссией двух γ -квантов. Измерения выполнены при разных концентрациях трития в мишени и разных геометриях детекторов. В эксперименте MEG в 2016 г. получена и опубликована новая верхняя граница для относительной вероятности безнейтринного распада мюона $\mu \rightarrow e\gamma$, равная $4,2 \cdot 10^{-13}$. Эксперимент MEG, продолжающийся как MEG-II, нацелен на снижение верхней границы распада в 10 раз.

ПКК рекомендовал продлить тему «Физика легких мезонов» до конца 2017 г. с тем, чтобы завершить все работы по проектам и экспериментам в рамках темы. ПКК рекомендовал дирекции ЛЯП предусмотреть финансирование проекта GDH&SPASCHARM до конца 2019 г. и представить информацию об этом на следующей сессии. ПКК

рекомендовал продолжить поиски распада $\mu \rightarrow e\gamma$ в эксперименте MEG-II. ПКК также выразил готовность на следующей сессии ознакомиться с докладами о результатах, полученных в экспериментах MEG-PEN, RAINUC и ТРИТОН

Заслушав доклад директора ЛЯР С. Н. Дмитриева о состоянии дел по сооружению фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), ПКК отметил прогресс в работах по монтажу циклотрона ДЦ-280 и его основных технологических систем и рекомендовал дирекции ЛЯР принять все необходимые меры для обеспечения запуска фабрики СТЭ в соответствии с графиком в декабре 2017 г. и сделать на следующей сессии более подробные сообщения по сооружению циклотрона ДЦ-280, ионному источнику для него, а также по исследованиям о разработке мишеней, выдерживающих большое энерговыделение, и детектирующих систем для экспериментов на фабрике СТЭ.

ПКК принял к сведению доклад Н. А. Русаковича об основных направлениях исследований в ОИЯИ, запланированных на 2017–2023 гг., а также пожелал дирекции и всему коллективу ОИЯИ успехов в реализации этого амбициозного плана.

На заседаниях были заслушаны доклады «Нейтринная программа ОИЯИ. Байкальский нейтринный эксперимент: на пути к нейтринной астрономии высоких энергий» и «Кластерный подход к описанию структуры тяжелых ядер», представленные Б. А. Шайбоновым и Т. М. Шнейдманом соответственно.

ПКК с удовлетворением ознакомился с новыми результатами и проектами молодых ученых в области ядерной физики. Отмечены лучшие стендовые сообщения: «Реакции слияния с легкими нейтроноизбыточными ядрами: путь получения новых тяжелых ядер», представленное В. А. Рачковым, «Изучение химических свойств сверхтяжелых элементов Sn и Fl: исследование кинетики взаимодействия ртуту с селеном методом обращенной газовой хроматографии», представленное А. Ш. Мадумаровым, и «SHELS (сепаратор для спектроскопии тяжелых элементов)», представленное А. А. Кузнецовой. Доклад «Реакции слияния с легкими нейтроноизбыточными ядрами: путь получения новых тяжелых ядер» был рекомендован для представления на сессии Ученого совета.

Члены ПКК посетили ЛФВЭ, где ознакомились с ходом реализации проекта NICA.

46-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 14–15 июня под председательством профессора М. Левитовича.

Председатель ПКК представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 121-й сессии Ученого совета Института (февраль 2017 г.) и решениях Комитета полномочных представителей (март 2017 г.).

ПКК заслушал доклады о статусе фабрики сверхтяжелых элементов, представленные И. В. Калагиним, С. Л. Богомоловым и А. Г. Попеко, и констатировал высокий темп строительных, монтажных и пусконаладочных работ. Для выполнения сроков физического пуска и ввода в эксплуатацию фабрики СТЭ ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ и ЛЯР обеспечить скоординированное выполнение плана-графика строительных, монтажных и пусконаладочных работ всех систем ускорителя, газонаполненного сепаратора, мишенного и детектирующего узлов, а также обеспечить тщательный контроль во время монтажа и ввода в эксплуатацию всех упомянутых систем и установок фабрики СТЭ, чтобы гарантировать надежную работу установки при оптимальной производительности. ПКК также рекомендовал дирекции ЛЯР сосредоточить усилия на подготовке эксперимента первого дня, обратив особое внимание на своевременное обеспечение комплекса фабрики СТЭ инженерным и техническим персоналом.

ПКК заслушал доклад о ходе работ по сдаче в эксплуатацию и подготовке первых экспериментов на новом фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2, представленный А. С. Фомичевым. В марте 2017 г. был осуществлен физический пуск этого фрагмент-сепаратора. Экспериментально подтверждены проектные параметры установки. Коллаборация предложила в качестве первого эксперимента исследовать распад ${}^7\text{H}$, ${}^{13}\text{Li}$, ${}^{17}\text{Ne}$ и ${}^{26}\text{S}$ с испусканием $3n$, $4n$ и $2p$. ПКК одобрил предложенную программу первых экспериментов на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2 в ожидании информации об этих научных результатах на следующих сессиях ПКК.

ПКК заслушал предложение о продлении проекта «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (проект TANGRA)», представленное Ю. Н. Копачем. ПКК отметил успешную реализацию первого этапа проекта в 2014–2016 гг., расширение состава его участников, а также сбалансированную программу исследований, планируемую на 2017–2019 гг., и рекомендовал продлить проект до конца 2019 г.

ПКК заслушал доклад о проекте «Исследование глубоко подкритических электроядерных систем и возможностей их применения для производства энергии, трансмутации ОЯТ и исследований в области радиационного материаловедения. Квазибесконечная мишень (проект E&T&RM)» В. Вагнера. ПКК отметил большую работу, проведенную авторами проекта по разработке методик исследования основных ядерно-физических параметров урановой сборки КВИНТА (поле нейтронов, наработка плутония, энергетический выход сборки, скорости трансмутации минорных актинидов). ПКК рекомендовал продлить работы по этому проекту до конца 2019 г. Более детальные рекомендации по проекту решено сформулировать на следующей сессии ПКК.

ПКК заслушал отчеты о научных результатах, полученных в завершённых проектах PEN-MEG, ТРИТОН и RAINUC по теме «Физика легких мезонов», одобрил их и предложил продолжить участие в усовершенствованном эксперименте MEG-II, нацеленном на поиск нарушения закона сохранения лептонного числа.

На заседании были заслушаны доклады «Дипольный тороидальный резонанс: вихревые свойства, аномальное деформационное расщепление, связь с пигми-модой» и «Поиск эффектов нарушения пространственной четности в реакциях холодных поляризованных нейтронов с легчайшими ядрами» В. О. Нестеренко и П. В. Седышева соответственно.

ПКК с удовлетворением ознакомился с сообщениями о новых результатах и проектами молодых ученых в области ядерной физики. Отмечены лучшие стендовые сообщения: «Исследование экзотических состояний в легких ядрах», представленное Д. М. Джансейтовым, и «Роль тензорного взаимодействия в описании эмиссии запаздывающих нейтронов в нейтронно-избыточных изотопах никеля», представленное Е. О. Сушенком. Доклад «Исследование экзотических состояний в легких ядрах» был рекомендован для заслушивания на сессии Ученого совета в сентябре 2017 г.

Члены ПКК посетили ЛЯР, где ознакомились с ходом строительства фабрики сверхтяжелых элементов.

46-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 19–20 июня под председательством профессора Д. Л. Нады.

Члены ПКК почтили память академика В. Канцера, внесшего выдающийся вклад в развитие ОИЯИ, его международное сотрудничество и успешную работу ПКК по физике конденсированных сред, который он возглавлял в 2008–2017 гг.

Председатель сессии Д. Л. Надь сделал сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 121-й сессии Ученого совета Института (февраль 2017 г.) и о решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2017 г.).

ПКК с интересом заслушал доклад А. В. Виноградова о подготовке концепции нового источника нейтронов ОИЯИ. Наряду с возрастающей потребностью в нейтронах в современных науках ПКК отметил уменьшение числа источников нейтронов в мире, выразив мнение о том, что стратегическое планирование возможного проекта нового источника нейтронов ОИЯИ взамен реактора ИБР-2 после его остановки является актуальной задачей, и приняв к сведению план работ по ее реализации. Заслушав доклад Н. Кучерки о требованиях пользователей к параметрам будущего источника нейтронов в ОИЯИ, ПКК

с удовлетворением отметил, что уже на этапе разработки дизайна нового источника уделяется пристальное внимание требованиям научного сообщества в отношении основных параметров новой установки.

ПКК рекомендовал дирекции ОИЯИ запустить процесс стратегического планирования возможного нового источника нейтронов ОИЯИ взамен реактора ИБР-2 после его остановки, начиная с разработки всестороннего документа, содержащего четкое научное обоснование и описание дополнительных преимуществ будущего источника нейтронов ОИЯИ в рамках глобального и европейского ландшафта нейтронных источников, а также реальных потребностей пользователей. ПКК выразил намерение участвовать в подготовке этого документа, отметив, что необходимой предпосылкой к созданию нового источника нейтронов является успешная реализация программы пользователей ИБР-2 и повышение ее эффективности за счет совершенствования установок.

ПКК заслушал ряд отчетов о темах и проектах. Признавая существенный прогресс, достигнутый в развитии комплекса спектрометров ИБР-2, широкое сотрудничество со странами-участницами ОИЯИ и особую важность реализации программы пользователей, ПКК рекомендовал продолжить эти работы в рамках темы «Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии», доклад по которой был сделан Д. П. Козленко. Одобрив внедрение дополнительных систем окружения образца на ИЯУ ИБР-2, ПКК поддержал открытие нового проекта «Система нейтронного *operando* мониторинга и диагностики материалов и интерфейсов для электрохимических накопителей энергии на ИЯУ ИБР-2», представленного М. В. Авдеевым. Отметив представленные С. А. Куликовым результаты, полученные в ходе выполнения завершающейся темы «Развитие экспериментальной базы для проведения исследований в пучках ИЯУ ИБР-2», ПКК рекомендовал ее продлить. ПКК счел целесообразным продлить проект «Разработка ДТМ-системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2», выполняемый в рамках этой темы для разрешения возникшей ситуации с поставщиком высокотемпературной сверхпроводящей ленты, технические характеристики которой оказались не соответствующими заявленным в сертификате производителя. В рамках этой темы ПКК также рекомендовал открыть новый проект «Разработка широкоапертурного детектора обратного рассеяния для дифрактометра ФДВР», признавая, что его выполнение позволит значительно увеличить телесный угол детектора ФДВР, улучшить дискриминацию нейтрон-гамма и расширить возможности дифрактометра. Отметив прогресс в развитии завершающейся темы «Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования

конденсированных сред», ПКК рекомендовал открыть новую тему «Современные тенденции и разработки в области рамановской микроспектроскопии и фотолюминесценции для исследований конденсированных сред» и проект «Ультрочувствительная микроспектроскопия SECARS и люминесцентные наноструктуры ядро–оболочка», представленные Г. М. Арзуманяном. Приняв к сведению отчет по завершающейся теме и проекту «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий», представленный Е. А. Красавиным, ПКК рекомендовал продлить тему и проект. Рассмотрев предложение С. А. Котова о продлении темы и проекта «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований», ПКК нашел данное предложение направленным на прикладное использование результатов фундаментальных научных исследований и одобрил его. Отметив прогресс в развитии метода ПАС на установке LERTA, включая создание специализированного канала медленных монохроматических позитронов, ПКК рекомендовал продлить проект «Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (проект ПАС)», представленный П. Хородеком

В качестве общего комментария ПКК с удовлетворением отметил высокий уровень реализации программы пользователей ИЯУ ИБР-2, которая сделала данную базовую установку ОИЯИ одной из ведущих в мире научно-исследовательских инфраструктур открытого доступа.

ПКК с интересом заслушал следующие научные доклады по физике конденсированных сред и связанным областям: «Реконструкция поверхности Ферми в слабодопированных купратах», «Магнитные явления в интерметаллидах RCo_2 : исследование границ применимости концепции зонного электронного метамагнетизма», «Моделирование порога образования и структуры треков быстрых тяжелых ионов в Al_2O_3 », выразив благодарность их авторам Е. А. Кочетову, С. Е. Кичанову и Р. А. Рымжанову соответственно.

ПКК рассмотрел стендовые сообщения молодых ученых в области радиационной биологии и принял к сведению обобщающий доклад, представленный О. В. Беловым. Лучшей работой на данной сессии признано стендовое сообщение «Нейрохимические изменения в центральной нервной системе грызунов после воздействия различных видов ионизирующих излучений», представленное К. Белокопытовой. ПКК также отметил высокий уровень двух других стендовых сообщений: «Индукция и репарация двунигетевых разрывов ДНК в нейронах гиппокампа мышей разного возраста после воздействия γ -излучения ^{60}Co *in vivo* и *in vitro*», представленное Р. А. Кожинной, и «Микрофоссилии в углеродистых метеоритах», представленное А. К. Рюминым.

47-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 26–27 июня под председательством профессора И. Церруя.

Вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki проинформировал ПКК о резолюции 121-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2017 г.) и решениях Комитета полномочных представителей государств-членов ОИЯИ (март 2017 г.).

Отметив успехи в реализации проекта «Нуклотрон–NICA» — начало ввода в эксплуатацию системы электронного охлаждения бустера и подготовку к его строительству, ПКК выразил беспокойство отсутствием достаточных кадровых ресурсов и призвал руководство ОИЯИ предпринять необходимые меры. Комитет высоко оценил работу нуклотрона в 54-м сеансе: впервые ускорен пучок поляризованных протонов и потребности пользователей в пучковом времени полностью удовлетворены, включая запрос эксперимента BM@N на работу с ядрами углерода и пучок поляризованных дейтронов для установки ALPOM-2. ПКК с удовлетворением отметил начало работы замкнутой системы водоснабжения криогенного комплекса ЛФВЭ, позволяющей проводить непрерывное тестирование сверхпроводящих магнитов.

ПКК приветствовал продвижение в создании ярма магнита для установки MPD, а также высоко оценил успехи в привлечении к совместной работе коллег из КНР и Мексики и определении их обязательств в эксперименте.

ПКК отметил успехи в подготовке проекта BM@N и результаты, полученные в недавних сеансах с пучками ядер дейтерия и углерода. ПКК рекомендовал к принятию проект «Изучение короткодействующих корреляций», который расширяет физическую программу эксперимента BM@N и предполагает участие групп из Тель-Авивского университета, MIT, GSI и CEBAF. Это первый проект, предложенный извне Института и нацеленный на использование установки BM@N . Предлагается впервые выполнить измерения, осуществимые только на нуклотроне, и исследовать короткодействующие корреляции в ядрах углерода, используя обратную кинематику в условиях, когда пучок ядер углерода падает на водородную мишень.

ПКК принял к сведению доклад об участии ОИЯИ в эксперименте NA61, который, как ожидается, завершит фазу набора данных в 2018 г., и рекомендовал продление исследований до конца этой фазы. Для продолжения участия ОИЯИ в NA61, в работах по анализу данных или в научно-технических разработках, после 2018 г. необходимо будет представить на рассмотрение ПКК новый проект.

На предыдущей сессии ПКК рекомендовал представить к рассмотрению обновленный проект эксперимента COMPASS-II, включая подробную информацию об организации проекта, составе участников

и соответствующих затратах. ПКК с удовлетворением отметил, что две группы из ЛФВЭ и ЛЯП представили общий проект с ясной структурой управления, стратегией и целями. Однако ПКК обратился с просьбой к руководству группы и дирекциям лабораторий предпринять необходимые меры для существенного сокращения размера группы и командировочных расходов. Во избежание задержек в процессе одобрения проекта, ПКК рекомендовал продлить участие ОИЯИ в эксперименте COMPASS-II до конца 2020 г.

Высоко оценив усилия и научные достижения команды ОИЯИ в экспериментах «Data Bay» и JUNO, Комитет отметил, что работы по системе ФЭУ для JUNO должны иметь первый приоритет, поскольку являются основным вкладом ОИЯИ в аппаратуру детектора, и рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в проекте «Data Bay/JUNO» до конца 2020 г. Комитет предложил руководству группы и дирекции ЛЯП рассмотреть вопрос о том, насколько обоснованно большое количество участников проекта и соответствующие командировочные расходы.

ПКК отметил весомый вклад группы ОИЯИ в проект NOvA с начала эксперимента в 2014 г. Сравнительно молодая команда сумела принять активное участие в наборе данных через виртуальную контрольную комнату, организованную в Дубне. Принимая во внимание высокий научный потенциал экспе-

римента NOvA и широкую вовлеченность ОИЯИ в этот проект, ПКК рекомендовал продолжить данные исследования до конца 2020 г.

ПКК рекомендовал продление участия ОИЯИ в экспериментах «Mu2e» и «Muon g-2» в Фермилаб до конца 2020 г. Группа ОИЯИ способствовала успешному ходу работ по созданию установки для мюонного пучка и детекторов и играет заметную, значительную роль в обоих экспериментах.

ПКК отметил важность взятых ОИЯИ обязательств в эксперименте «Тайга», который может сделать существенный вклад в понимание происхождения космических лучей, и рекомендовал продление проекта до конца 2020 г.

ПКК заслушал научные доклады: «Поиск конверсии мюонов в электроны в эксперименте “Mu2e” в Фермилаб» Дж. Миллера, и «Слабые распады *B*-мезонов в свете поиска новой физики» М. А. Иванова и поблагодарил докладчиков.

ПКК рассмотрел 12 стендовых сообщений по проблемам физики частиц, подготовленных молодыми учеными ЛЯП и ЛФВЭ. Комитет выбрал презентацию «Космический эксперимент TUS» М. В. Лавровой для доклада на сессии Ученого совета в сентябре 2017 г. ПКК рекомендовал руководству лабораторий рассмотреть возможность показа молодыми учеными мультимедийных презентаций длительностью не более трех минут в дополнение к обычному постерному докладу.



ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Премия им. Б. М. Понтекорво присуждена профессорам Дж. Фольи (Университет и INFN, Бари, Италия) и Э. Лизи (INFN, Бари, Италия) за но-

ваторский вклад в развитие глобального анализа осцилляционных данных различных экспериментов.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

I. В области теоретической физики

Первые премии

1. «Псевдоторические структуры: лагранжевы то-ры и лагранжевы слоения».

Автор: Н. А. Тюрин.

2. «Динамика спина в произвольных гравитационных и электромагнитных полях».

Авторы: Ю. Н. Обухов, А. Я. Силенко, О. В. Теряев.

3. «Сильные электронные корреляции в слабо-допированных высокотемпературных сверхпроводниках».

Авторы: И. Иванцов, Е. А. Кочетов, М. Масья, М. Межеевский, А. Ферраш.

II. В области экспериментальной физики

Первая премия

«Запаздывающая нейтронная эмиссия экзотических ядер».

Авторы: Д. А. Тестов, Ю. Э. Пенионжкевич, Е. А. Сокол, Е. А. Кузнецова, В. И. Смирнов, М. П. Иванов, А. П. Северюхин, Д. Верней, Ф. Ибрагим.

Вторая премия

«Поиск ветки $2p$ -распада для возбужденного состояния ^{17}Ne ($3/2^-$)».

Авторы: А. А. Безбах, Р. Вольски, М. С. Головков, С. А. Крупко, Ю. Л. Парфенова, С. И. Сидорчук, Р. С. Слепнев, Г. М. Тер-Акопьян, А. С. Фомичев, П. Г. Шаров.

III. В области научно-методических исследований

Первая премия

«Разработка и создание газонаполненных детекторов на основе строу-трубок нового типа для работы в вакууме в трековом спектрометре установки NA62».

Авторы: Л. Н. Глонти, Х. Даниелссон, Т. Л. Еник, В. Д. Кекелидзе, А. О. Колесников, Д. Т. Мадигожин, С. А. Мовчан, Ю. К. Потребеников, В. А. Самсонов, С. Н. Шкаровский.

Вторая премия

«Структура детерминистических массовых, поверхностных и мультифазных фракталов: теория и методика анализа интенсивности малоуглового рассеяния».

Авторы: А. Ю. Черный, Е. М. Аницаш, В. А. Осипов, А. И. Куклин, М. Балашою.

IV. В области научно-технических прикладных исследований

Первые премии

1. «Разработка и создание ЭЦР-источника на постоянных магнитах DECRIS-PM для циклотрона ДЦ-280».

Авторы: В. В. Бехтерев, С. Л. Богомолов, А. Е. Бондарченко, А. А. Ефремов, К. И. Кузьменков, А. Н. Лебедев, В. Н. Логинов, В. Е. Миронов, Н. Ю. Язвицкий, Н. Н. Конев.

2. «Создание высокотехнологичной линии сборки и испытаний сверхпроводящих магнитов, исследование характеристик магнитов».

Авторы: Н. Н. Агапов, В. В. Борисов, А. Р. Галимов, А. М. Дonyaгин, В. Н. Карпинский, В. Д. Кекелидзе, С. А. Костромин, Д. Н. Никифоров, Г. В. Трубников, Г. Г. Ходжибагиан.

V. Поощрительные премии

1. «Исследование дифракции ультрахолодных нейтронов на движущейся решетке».

Авторы: Г. В. Кулин, А. И. Франк, С. В. Горюнов, Д. В. Кустов, А. В. Бушуев, П. Гельтенборг, М. Ентшель, А. Панзарелла.

2. «Определение времени высвечивания сцинтилляторов и изучение пространственной корреляции ядерного излучения автокорреляционным методом».

Авторы: В. А. Морозов, Н. В. Морозова, В. Б. Злоказов.

3. «Исследование нелинейной динамики волн терагерцевого диапазона частот в конденсированных средах и живых системах».

Автор: А. Н. Бугай.

4. «Монте-Карло моделирование нейтронных спектрометров и экспериментов по рассеянию нейтронов».

Авторы: А. В. Белушкин, С. А. Маношин, В. И. Боднарчук, А. И. Иоффе.

ГРАНТЫ

В 2017 г. сотрудники Объединенного института ядерных исследований получили финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Российского научного фонда (РНФ), Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ), фондов Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) для реализации поддерживаемых ими научных проектов.

Российский фонд фундаментальных исследований профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках следующих конкурсов: «Конкурс проектов фундаментальных научных исследований» (25 проектов); «Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант)» (1 проект); «Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными под руководством кандидатов и докторов наук в научных организациях РФ» (5 проектов); «Конкурс ориентированных фундаментальных исследований по актуальным междисциплинарным темам» (3 проекта).

Ряд научных проектов ОИЯИ профинансирован РФФИ в рамках международных конкурсов: совместно с Государственным фондом естественных наук Китая — 1 проект; совместно с Департаментом науки и технологии правительства Индии — 4 проекта; совместно с Немецким научно-

исследовательским сообществом — 5 проектов; совместно с Национальным центром научных исследований Франции — 2 проекта; совместно с Национальным научным фондом Болгарии — 1 проект.

РФФИ оказал финансовую поддержку ОИЯИ по проведению 5 научных конференций в рамках конкурсов «Организация и проведение конференций и научных мероприятий на территории России» и «Организация российских и международных молодежных научных мероприятий».

Российский научный фонд в рамках конкурса «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» профинансировал 6 научных проектов.

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

По совместному конкурсу исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований в 2017 г. профинансировано 20 проектов.

2017

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**





НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2017 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 41 теме первого приоритета;

— для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 3085 специалистов;

— для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 2104 специалиста;

— организовано и проведено 56 международных научных конференций и школ, 13 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 многое другое.

12 января для участия в 27-м заседании Объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ Институт посетила делегация Национального института физики ядра и физики частиц Франции (IN2P3) в составе директора IN2P3 Р. Пана, вице-директоров по научной работе У. Басслер, Ф. Фарге, П. Вердье и начальника отдела международных отношений IN2P3 М. Моган-Турсель.

Со стороны ОИЯИ в заседании участвовали директор ОИЯИ В. А. Матвеев, вице-директора Г. В. Трубников и Р. Ледниcki, главный ученый секретарь Н. А. Русакович, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин, директор Лаборатории ядерных проблем В. А. Бедняков, директор Лаборатории теоретической физики В. В. Воронов, директор Лаборатории ядерных реакций С. Н. Дмитриев. В завершение встречи был принят итоговый документ, содержащий, в частности, информацию о ко-

личестве научных визитов в рамках сотрудничества по 21 совместному проекту.

После заседания координационного комитета участники делегации посетили лаборатории Института: ознакомились с проектами Лаборатории ядерных проблем — проектом «Байкал» и результатами работ в рамках совместного проекта EDELWEISS; посетили циклотронный комплекс и строящуюся фабрику сверхтяжелых элементов в Лаборатории ядерных реакций; побывали на строительной площадке проекта NICA, ознакомились с достижениями на фабрике сверхпроводящих магнитов и с проектом BM@N на территории Лаборатории физики высоких энергий.

20 января ОИЯИ посетили делегации Боливии и АО «Русатом Оверсиз» (госкорпорация Росатом). В состав боливийской делегации входили Чрезвычайный и Полномочный Посол Многонационального Государства Боливии в РФ А. Диас Мамани, вице-министр по энергетике и альтернативным источникам энергии Х. Родригес, ответственные сотрудники министерства. Делегацию «Русатом Оверсиз» возглавлял президент компании Е. М. Пакерманов. В дирекции Института состоялась встреча гостей с руководством ОИЯИ и обсуждение возможных совместных программ по сотрудничеству.

В ходе посещения лабораторий ОИЯИ гости встретились с руководителями и ведущими специалистами лабораторий, которые рассказали им об исследованиях по физике тяжелых ионов, физике конденсированных сред, о комплексе протонной терапии онкологических заболеваний, создании комплекса NICA. В завершение визита для городских СМИ была организована пресс-конференция с участниками делегаций.

27 января в Окриджской национальной лаборатории США состоялась торжественная церемония инаугурации 117-го элемента — теннессина, в которой приняли участие губернатор штата Теннесси Б. Хэслэм и делегация ОИЯИ во главе с директором Института академиком РАН В. А. Матвеевым. Научный руководитель Лаборатории ядерных реакций

ОИЯИ академик Ю. Ц. Оганесян выступил с лекцией о синтезе сверхтяжелых элементов, которую американская пресса назвала выдающейся.

«Это сотрудничество показывает, что может быть сделано, когда научно-исследовательские институты работают вместе в решении сложных научных проблем», — подчеркнул директор Окриджской национальной лаборатории (ORNL) Т. Мэйсон.

Ю. Ц. Оганесян преподнес губернатору штата Теннесси в подарок авторскую работу молодых кондитеров из Дубны, изготовивших пряник с воспроизведением символа 117-го элемента в таблице Д. И. Менделеева.

30–31 января проходил визит делегации ОИЯИ под руководством вице-директора Р. Ледницкого в Черногорию. В состав делегации также вошли директор ЛИТ В. В. Кореньков, директор УНЦ С. З. Пакуляк и начальник отдела международных связей Д. В. Каманин.

В Министерстве науки Черногории в Подгорице делегацию ОИЯИ приняла министр науки С. Дамьянович. Стороны обсудили возможности эффективного участия Черногории в эксперименте CMS ЦЕРН через коллаборацию с Дубной. Обсуждались также образовательные программы ОИЯИ, в том числе возможности для черногорских студентов, обучающихся в российских вузах. Отдельное внимание участники встречи уделили планируемому в Черногории конференциям ОИЯИ.

7 февраля ОИЯИ посетила представительная делегация Объединения немецких научно-исследовательских центров им. Г. Гельмгольца во главе с президентом объединения профессором О. Вистлером. В зале Дома ученых ОИЯИ делегация встретилась с членами дирекции ОИЯИ, ведущими учеными и специалистами лабораторий Института.

Стороны обменялись информацией о деятельности ОИЯИ и самого крупного научного объединения в Германии, обратив особое внимание на перспективы развития взаимного сотрудничества между рядом институтов Объединения им. Г. Гельмгольца и ОИЯИ в сфере науки, технологий и по образовательной линии. Немецкая делегация посетила лаборатории ядерных реакций и физики высоких энергий. Оценивая итоги визита, руководитель немецкой делегации отметил выдающиеся научные результаты, полученные в ОИЯИ, и атмосферу международного сотрудничества ученых, работающих в Дубне.

7 февраля состоялся визит в ОИЯИ Чрезвычайного и Полномочного Посла Многонационального Государства Боливии А. Диаса Мамани. Посол ознакомился с мультимедийной презентацией ОИЯИ в Визит-центре, посетил строящийся комплекс сверхпроводящего коллайдера NICA, встретился с директором ОИЯИ академиком РАН В. А. Матвеевым.

В беседе участвовали начальник отдела международных связей Д. В. Каманин, директор УНЦ

С. З. Пакуляк, заместитель директора ЛНФ О. Куликов. Состоялся обмен мнениями по вопросам развертывания научно-технического сотрудничества. Боливийская сторона подтвердила заинтересованность в сотрудничестве с ОИЯИ по подготовке кадров для развития ядерной физики и ядерной энергетики. Были рассмотрены возможности профессионального обучения боливийских специалистов в Дубне и планы по подготовке документа, регламентирующего участие боливийских ученых в исследованиях ОИЯИ.

9 февраля в формате видеоконференции прошла 4-я сессия Объединенного комитета по сотрудничеству ОИЯИ с Республикой Сербией. Основной задачей сессии было одобрение дорожной карты развития сотрудничества ОИЯИ–Сербия на период до 2020 г.

Со стороны ОИЯИ работу сессии возглавлял вице-директор Р. Ледницки, со стороны Республики Сербии — координатор сотрудничества из Института «Винча» С. Петрович. Комитет утвердил финансирование совместных проектов из средств сербского взноса, поступившего в ОИЯИ в декабре 2016 г., а также два новых проекта в области экспериментальной ядерной физики, один из которых направлен на укрепление связей Института с Университетом г. Нови-Сад. Также комитет традиционно уделил внимание образовательным вопросам.

10 февраля в Доме международных совещаний состоялось первое в 2017 г. заседание Научно-технического совета ОИЯИ под председательством Р. В. Джолоса. Оно открылось информацией директора Института академика В. А. Матвеева о том, как прошел в ОИЯИ первый рабочий месяц новой семилетки.

Руководитель Управления персонала и инновационного развития ОИЯИ А. В. Рузаев доложил о работе над новой редакцией Положения о персонале. В дискуссии по обсуждению проекта приняли участие В. И. Фурман, Ю. К. Потребеников, И. Н. Мешков, Р. В. Джолос, М. Г. Иткис, С. Н. Неделько, В. А. Матвеев. Выступавшие высказали замечания и рекомендовали продолжить работу над этим важным документом. В. А. Матвеев предложил в короткий срок доработать проект положения с учетом рекомендаций НТС и проинформировать о проекте полномочных представителей правительств стран-участниц Института.

Участники заседания поддержали выдвижение кандидатуры научного руководителя Института математических проблем биологии РАН доктора физико-математических наук профессора В. Д. Лахно на звание «Заслуженный деятель науки РФ». Заслуги ученого высоко оценили в своих выступлениях В. В. Кореньков, Е. А. Красавин, Г. Адам.

Главный ученый секретарь ОИЯИ Н. А. Русакович выступил с обзором научных результатов 2016 г.,

полученных в лабораториях ОИЯИ, подготовленным для доклада директора на мартовской сессии Комитета полномочных представителей. Докладчик также отметил важнейшие научные достижения ОИЯИ, которые ежегодно направляются в аппарат Президента РФ для составления итогового доклада.

О состоянии работ по подготовке технического проекта медицинского циклотрона по принятию с Китаем соглашения и планов его установки в Лаборатории ядерных проблем взамен фазотрона рассказал главный инженер ОИЯИ Г. Д. Ширков. По словам докладчика, замена фазотрона на новый современный компактный сверхпроводящий циклотрон позволит сохранить методики и пучки, которые созданы в Дубне, и, самое главное, продолжить облучение онкологических пациентов. В обсуждении доклада приняли участие В. П. Гердт, М. Г. Иткис, Д. В. Пешехонов, Е. А. Красавин, И. Н. Мешков, В. А. Бедняков.

14 февраля ОИЯИ посетил генеральный директор Международного центра научной и технической информации (МЦНТИ) Е. В. Угринович в сопровождении руководителя Департамента информационных ресурсов Д. В. Муна.

В дирекции ОИЯИ гостей принял главный ученый секретарь Н. А. Русакович. Участники встречи обсудили опыт и возможности взаимодействия ОИЯИ и МЦНТИ, в частности перспективы взаимного использования площадок для организации и проведения мероприятий, коснулись некоторых аспектов международного сотрудничества и обращения с научно-технической информацией. Рассказав об основных задачах, решаемых МЦНТИ в настоящее время, гости представили обновленный журнал «Информация и инновации».

Представители МЦНТИ ознакомились с работами по синтезу сверхтяжелых элементов в ЛЯР, с ходом реализации мегапроекта NICA, а также встретились с директором ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе.

17 февраля ОИЯИ с ознакомительным визитом посетила правительственная делегация из Республики Замбии, возглавляемая руководителем администрации президента этой страны Р. Мсиска.

В составе делегации были постоянный заместитель руководителя администрации президента С. Мити, постоянный заместитель министра высшего образования О. Мугемизулу и другие официальные лица в сопровождении представителей ГК «Росатом».

В Визит-центре гостей приветствовали члены дирекции ОИЯИ, представители отдела международных связей, лабораторий и Учебно-научного центра. Гости совершили экскурсию на медико-технический комплекс Лаборатории ядерных проблем, ознакомились с работами по синтезу сверхтяжелых элементов в Лаборатории ядерных реакций, осмотрели комплекс спектрометров реактора

ИБР-2 и фабрику сверхпроводящих магнитов мегапроекта NICA.

Подводя итоги визита во время рабочего обеда, глава делегации Р. Мсиска выразил заинтересованность в продолжении контактов с ОИЯИ и особенно проявил интерес к работе сектора нейтронно-активационного анализа Лаборатории нейтронной физики.

14–19 марта в Сербии прошли мероприятия, посвященные 10-летию участия республики в Объединенном институте ядерных исследований в качестве ассоциированного члена и прошедшему 60-летию ОИЯИ. В состав делегации ОИЯИ во главе с вице-директором Р. Ледницким вошли участники Объединенного координационного комитета Сербия–ОИЯИ и руководители совместных проектов. Праздничные мероприятия также были приурочены к IV Международной российско-сербской промышленной выставке «EXPO Russia Serbia 2017», где ОИЯИ был представлен стендом.

15 марта состоялась встреча участников координационного комитета с государственным секретарем Министерства образования, науки и технологического развития В. Поповичем и помощником министра В. Недовичем. Были рассмотрены основные задачи и перспективы сотрудничества ОИЯИ и Сербии, а также принята дорожная карта развития сотрудничества на 2017–2020 гг.

16 марта представители ОИЯИ встретились с вице-президентом Сербской академии наук и искусств З. Поповичем. Р. Ледницки выступил в стенах академии с презентацией о сегодняшнем дне ОИЯИ и результатах 10-летнего сотрудничества Института с научными организациями Сербии. Лекция собрала более двухсот слушателей. С приветственным словом от министерства выступил В. Недович.

В тот же день делегация ОИЯИ посетила Университет г. Нови-Сад, где гостей принимали ректор университета Д. Николич, декан природно-математического факультета М. Павков Хрвоевич и профессор физического отделения М. Крмар. На встрече обсуждались возможные шаги по укреплению сотрудничества, в том числе участие студентов университета в образовательных программах ОИЯИ. Для дубненских гостей была организована экскурсия в ядерно-физические лаборатории университета.

17 марта представители ОИЯИ посетили Лабораторию физики Института ядерных наук «Винча», с которой Дубну связывает многолетнее успешное сотрудничество. Стороны обсудили развитие кооперации по ускорительным вопросам.

Делегация ОИЯИ совместно с Министерством образования, науки и технологического развития Сербии приняла участие в круглом столе «О расширении сотрудничества России и Сербии в сфере науки, высшего и среднего образования». С докладом

об образовательных программах ОИЯИ выступил заместитель директора УНЦ А. С. Жемчугов.

11 апреля ОИЯИ посетили президент Национального института ядерной физики (INFN, Италия) Ф. Феррони, руководитель коллаборации ALICE (ЦЕРН) Ф. Антинори с коллегами. Гости встретились с руководством Института, побывали в лабораториях физики высоких энергий, ядерных реакций, нейтронной физики, осмотрели мемориальный кабинет Б. М. Понтекорво.

Директор Объединенного института В. А. Матвеев назвал визит итальянской делегации большим событием в свете реализации в ОИЯИ таких глобальных проектов, как NICA, фабрика сверхтяжелых элементов.

12 апреля в посольстве Италии в России в Москве состоялось торжественное подписание нового Соглашения о сотрудничестве между Объединенным институтом ядерных исследований и Национальным институтом ядерной физики (INFN, Италия). Срок предыдущего соглашения между ОИЯИ и INFN, подписанного в 2011 г., истек.

Соглашение было подписано директором ОИЯИ В. А. Матвеевым и президентом INFN Ф. Феррони в присутствии Президента Итальянской Республики С. Маттареллы. На подписании соглашения также присутствовали заместитель министра науки и образования РФ полномочный представитель правительства РФ в ОИЯИ Г. В. Трубников, Чрезвычайный и Полномочный Посол Итальянской Республики в РФ Ч. М. Рагальини, атташе по науке посольства Италии в России П. Фре, вице-президент INFN А. Масиеро, вице-президент INFN А. Цокколи, главный ученый секретарь ОИЯИ А. С. Сорин, директор ЛФВЭ ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, а также начальник отдела международных связей INFN Р. Пеллигрини.

Соглашение заключено сроком на 6 лет и предусматривает взаимодействие по таким направлениям, как теоретическая физика, экспериментальная физика, астрофизика, ядерная физика, физика элементарных частиц, и в сфере связанных с ними технологий.

С 17 по 21 апреля проходил ознакомительный визит в ОИЯИ официальной делегации Арабского агентства по атомной энергии во главе с генеральным директором доктором С. Хамди и группы специалистов из Замбии, Египта, Омана, Сербии. Гости посетили лаборатории ОИЯИ, Учебно-научный центр, познакомились с социальной инфраструктурой и деятельностью ОМУС ОИЯИ. В дирекции Института стороны обсудили возможные пути развития, углубления сотрудничества и его перспективы. 20 апреля подписан протокол №1 к заключенному 21 декабря 2016 г. меморандуму о взаимопонимании между ОИЯИ и Арабским агентством по атомной энергии, которое объединяет 15 стран Азии и Африки.

19 апреля в Доме международных совещаний состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ под председательством Р. В. Джолоса. Директор Института академик В. А. Матвеев открыл заседание информацией об итогах работы мартовских заседаний Финансового комитета и КПП ОИЯИ.

Главный инженер ОИЯИ Б. Н. Гикал выступил с докладом о планах модернизации инженерной инфраструктуры ОИЯИ, а также подробно представил основные направления соответствующих работ в лабораториях Института. Докладчик охарактеризовал задачи и перспективы развития общеинститутской инженерной инфраструктуры, а также рассказал о ведущихся и планируемых работах по ряду общеинститутских служб — участку технической связи (завершение монтажа оборудования центральной АТС-6), отделу радиоактивных и делящихся веществ, отделу радиационной безопасности, штабу гражданской обороны. С вопросами и комментариями к докладу выступили В. А. Матвеев, И. Н. Мешков, Е. А. Красавин, А. А. Брунь, Г. Д. Ширков, А. Д. Коваленко.

Доклад заместителя директора ОИЯИ Б. Ю. Шаркова был посвящен статусу, формированию и функциям рабочей группы по выработке стратегии развития ОИЯИ до 2030 г. Эта тема вызвала оживленную дискуссию, в которой приняли участие В. Н. Швецов, В. Д. Кекелидзе, Д. В. Пешехонов, М. Г. Иткис, С. Н. Дмитриев, И. А. Савин, В. В. Кореньков, Ю. Ц. Оганесян, С. Н. Неделько, И. Н. Мешков, А. С. Сорин, В. А. Матвеев. Участники дискуссии отметили необходимость сосредоточиться в первую очередь на определении перспективных направлений научных исследований и формировании концепции развития ОИЯИ как международной межправительственной организации.

27 апреля ОИЯИ посетили министр экономики Словацкой Республики П. Жига, министр образования, науки, исследований и спорта П. Плавчан и сопровождающие их лица, прибывшие накануне в Москву для участия в работе межправительственной комиссии по экономическому сотрудничеству. В Институте гости ознакомились с работами по созданию комплекса NICA в Лаборатории физики высоких энергий, с исследованиями по физике тяжелых ионов и проектом сооружения фабрики сверхтяжелых элементов в Лаборатории ядерных реакций, встретились с представителями национальной группы словацких сотрудников ОИЯИ.

В приеме гостей участвовали вице-директора ОИЯИ М. Г. Иткис, Р. Леднижки, директор ЛЯР С. Н. Дмитриев, заместитель директора ЛФВЭ Р. Ценов, заместитель директора ЛТФ М. Гнатич, сотрудник УНЦ Е. Карпова. Представители словацкой делегации поделились впечатлениями о пребывании в Дубне с дубненскими журналистами.

27 апреля в ОИЯИ в сопровождении представителей ГК «Росатом» с кратким визитом прибыли Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Парагвай в России Р. Диас Перейра, исполнительный секретарь Национальной службы радиологического и ядерного контроля Республики Парагвай С. Х. Кардосо Роман и член совета управляющих этой службы Р. Р. Амария Мартинес.

Гости посетили ЛНФ, где встретились с директором В. Н. Швецовым и заместителем директора О. Куликов. В Визит-центре парагвайскую делегацию приняли вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки и заместитель директора ОИЯИ Б. Ю. Шарков, которые представили гостям основные направления деятельности Института. Во встрече также участвовал начальник научно-инженерной группы Учебно-научного центра ОИЯИ М. А. Ноздрин.

Как отметили члены парагвайской делегации, особый интерес для Парагвая представляет сотрудничество, открывающее возможности для обучения парагвайских студентов в ОИЯИ, а также прикладные исследования и потенциальное применение разработок Института в коммерческой сфере.

10–11 мая ОИЯИ посетила чешская делегация во главе с директором компании NUVIA М. Пазуром и директором Института экспериментальной и прикладной физики Пражского технического университета И. Штеклом. Делегация встретила с директором Института В. А. Матвеевым, вице-директором Р. Ледницким, главным ученым секретарем А. С. Соринным и главным инженером Б. Н. Гикалом. Участники встречи обсудили возможности перспективного сотрудничества компании NUVIA с ОИЯИ.

Гости посетили лаборатории Института. В ЛЯР делегация ознакомилась с работой циклотронного комплекса, в ЛЯП — с медико-техническим комплексом, а также побывала в научно-инженерной группе УНЦ. В ЛФВЭ делегация ознакомилась с мегасайенс проектом NISA и посетила фабрику сверхпроводящих магнитов, в ЛИТ гости осмотрели многофункциональный информационно-вычислительный комплекс ОИЯИ.

15–16 мая в Доме международных совещаний проходило 1-е заседание рабочей группы стран БРИКС по исследовательской инфраструктуре и мегасайенс-проектам. Мероприятие организовано правительствами России, Китая, Бразилии, Индии и Южно-Африканской Республики. В нем приняли участие представители соответствующих министерств и ведомств, посольств, научных центров и агентств всех пяти государств, собрался кворум для принятия решений.

Работа заседания проходила по сессиям: «Национальная политика стран БРИКС в области глобальной исследовательской инфраструктуры и развития проекта глобальной сети современной ис-

следовательской инфраструктуры (BRICS GRAIN)», «Задачи рабочей группы стран БРИКС в области исследовательской инфраструктуры», «Процедурная доступность глобальной исследовательской инфраструктуры». Были проведены презентации имеющихся в России инфраструктур и экскурсии на площадке ОИЯИ.

25 мая делегация сотрудников ОИЯИ приняла участие в приеме, который состоялся в посольстве Болгарии в Москве по случаю празднования Дня славянской письменности и культуры. Музыкальное поздравление из Болгарии представили молодые дарования, вокально-инструментальные и танцевальные коллективы. Гостям предлагали блюда болгарской кухни и рассказывали, как и из чего делаются сарми, кашкавал, баница, пита. За угощением, в разговоре, можно было узнать много нового о стране и обычаях, о событиях и жизни в Болгарии.

26 мая состоялся визит в ОИЯИ делегации посольства Италии во главе с послом Италии в России Е. П. Чезаре Мария Рагальни, который побывал в Институте впервые. Его сопровождали советник первого класса господин В. Феррара и атташе по науке профессор П. Фре.

Гости посетили ЛФВЭ, где ознакомились с ходом работ по проекту NISA, побывали в ЛНФ, в ЛЯР и ЛЯП, где посетили мемориальный кабинет Б. Понтекорво, а также памятник Б. Понтекорво и В. П. Дзелепову, установленный напротив Дома международных совещаний.

5 июня делегация ОИЯИ приняла участие в работе 1-го российско-корейского Дня науки и технологий, проходившего в Москве и организованного Российско-корейским центром сотрудничества по науке и технологиям (KORUSTEC). В делегацию ОИЯИ вошли начальник отдела международных связей Д. В. Каманин, начальник отделения физики конденсированных сред ЛНФ А. В. Белушкин, советник при дирекции М. Ю. Туманова.

В ходе встреч с официальными лицами, представлявшими международные блоки Министерства образования, науки и техники Республики Кореи и Национального исследовательского фонда (NRF), а также с руководством KORUSTEC представители ОИЯИ обсудили меры по развитию дальнейших контактов Института и корейских ученых.

16 июня состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ, проходившее под председательством Р. В. Джолоса и посвященное программам подготовки кадров для ОИЯИ в университете «Дубна» и Учебно-научном центре ОИЯИ.

На заседании с докладом выступил ректор университета Д. В. Фурсаев, который, в частности, отметил, что на сегодняшний день 237 выпускников университета трудоустроились в ОИЯИ. Докладчик подчеркнул, что в дальнейшем необходима синхрониза-

ция развития образовательных программ университета (и открытие новых) с планами развития ОИЯИ с учетом разработки новых крупных проектов.

Проректор университета «Дубна» А. С. Деникин проинформировал участников заседания об университетской программе подготовки кадров в интересах ОИЯИ на период 2017–2024 гг., реализация которой предусматривает выполнение следующих задач: развитие учебно-лабораторной инфраструктуры базовых кафедр ОИЯИ; обеспечение наличия бюджетных мест по востребованным в ОИЯИ направлениям обучения; корректировка направлений обучения и содержания учебных планов, программ дисциплин, практик и т. д. по заявкам лабораторий ОИЯИ; организация совместной работы со школами; развитие новых форм обучения для привлечения в Дубну студентов старших курсов ведущих вузов РФ и зарубежья, включая технологии открытого образования. Докладчик рассказал о направлениях и специализации подготовки бакалавров и магистров на семи базовых кафедрах университета, которые возглавляют ведущие ученые и специалисты ОИЯИ и университета, направлениях аспирантуры, сообщил о возможностях реализации в университете кадровых потребностей ОИЯИ благодаря новым направлениям, связанным с подготовкой специалистов научно-технологического профиля.

Руководитель УНЦ С. З. Пакуляк посвятил свой доклад развитию специализированного инженерно-учебного центра, организованного в 2014 г. для реализации программ подготовки инженеров-физиков и техников для лабораторий ОИЯИ и стран-участниц, а также подробному обзору практикумов УНЦ и связанным с ними планам и перспективам.

В ходе обсуждения докладов участники заседания НТС поддержали разработку совместной программы подготовки кадров университетом «Дубна» для ОИЯИ.

26–27 июня ОИЯИ посетила делегация университета МГИМО МИД России, возглавляемая проректором по кадровой работе В. М. Морозовым, и представители МИД России.

Гости ознакомились с основными направлениями работ ОИЯИ, посетили объекты исследовательской инфраструктуры Института, получили представление о синтезе сверхтяжелых элементов в Лаборатории ядерных реакций и о ходе сооружения мега-сайенс проекта NICA в Лаборатории физики высоких энергий.

В рамках визита состоялся круглый стол «Научная дипломатия: возможности и направления сотрудничества ОИЯИ и МГИМО» с участием дирекции Института, ряда лабораторий и УНЦ. Работа круглого стола была организована в трех тематических секциях, это опыт ОИЯИ, вопросы научной дипломатии и задачи практического взаимодействия. В ходе дискуссии и обмена мнениями были определены те-

матические области, представляющие для ОИЯИ и МГИМО взаимный интерес, в частности: организация стажировок студентов МГИМО в ОИЯИ, участие ОИЯИ в научно-исследовательской и образовательной деятельности МГИМО, совместные научные публикации и организация общих мероприятий. В завершение программы круглого стола состоялась торжественная церемония подписания соглашения о сотрудничестве в области организации стажировок студентов МГИМО в ОИЯИ.

30 июня – 1 июля делегация ОИЯИ в составе директора ОИЯИ академика В. А. Матвеева, директора ЛФВЭ профессора В. Д. Кекелидзе и начальника отдела международных связей Д. В. Каманина приняла участие в торжественных мероприятиях в Софии, посвященных празднованию 60-летия Агентства по ядерному регулированию Болгарии. Российскую Федерацию представляла делегация Ростехнадзора во главе с заместителем руководителя А. Л. Рыбас.

На торжественном заседании с презентацией от МАГАТЭ выступил директор европейского департамента технической кооперации М. Краузе, с презентацией о сегодняшнем дне ОИЯИ и сотрудничестве с болгарскими научными центрами В. А. Матвеев.

Делегация ОИЯИ встретила с заместителем министра образования и науки Болгарии профессором И. Димовым. Были установлены контакты с Болгарским ядерным обществом, выдвинуты новые инициативы в области образовательных проектов.

С 24 июля в течение месяца в Дубне на базе ОИЯИ проводилась 10-я стажировка молодых ученых и специалистов из стран СНГ, организованная Международным инновационным центром нанотехнологий СНГ при поддержке Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств-участников СНГ и ОИЯИ. Стажировку прошли 180 молодых ученых из более чем 50 научных учреждений стран СНГ.

Для участников стажировки были организованы экскурсии в лаборатории ОИЯИ, лекции ведущих научных сотрудников, посещение установок, знакомство с инновационными компаниями города, встречи с представителями ОЭЗ «Дубна», посещение университета «Дубна» и поездка в инновационный центр «Сколково». Обучение проходило на базе лабораторий ОИЯИ, в университете «Дубна», на научных и инновационных предприятиях города.

28 июля Дубну посетила министр здравоохранения РФ В. И. Скворцова в сопровождении депутата Государственной думы, заместителя председателя Комитета ГД по охране здоровья Н. П. Саниной и заместителя председателя правительства Московской области О. С. Забраловой.

Гостей приветствовали глава города В. Б. Мухин, со стороны Института — директор В. А. Матвеев, помощник директора Г. Д. Ширков, ученый секретарь

ЛФВЭ Д. В. Пешехонов и руководитель Управления социальной инфраструктуры А. В. Тамонов.

Гости посетили ЛФВЭ им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, где им был представлен строящийся ускорительный комплекс НИСА. Особый интерес В. И. Скворцовой и сопровождавших ее лиц вызвал опыт ОИЯИ в области протонной терапии онкологических заболеваний и медико-технический комплекс ОИЯИ.

9 августа ОИЯИ посетила делегация посольства Республики Армения в Российской Федерации во главе с Чрезвычайным и Полномочным Послом В. Тоганяном, впервые побывавшим в Дубне. В состав делегации также вошли торговый представитель Республики Армения в РФ К. Асоян и представитель пресс-службы посольства А. Восканян.

В дирекции ОИЯИ гостей приветствовали директор Института академик В. А. Матвеев, вице-директор М. Г. Иткис, директор ЛЯР С. Н. Дмитриев, научный руководитель ЛЯР академик Ю. Ц. Оганесян, заместитель начальника отдела международных связей А. А. Котова, руководитель национальной группы Армении в ОИЯИ Э. А. Айрян и старший научный сотрудник ЛЯР Г. Т. Торосян.

После ознакомления гостей с основными направлениями деятельности, базовыми установками и флагманскими проектами Института состоялась беседа, в ходе которой посол выразил намерение привлечь возможности посольства для оказания содействия в продвижении разработок ОИЯИ в рамках развития отношений ОИЯИ и Армении. Со стороны руководства Института были отмечены значительные успехи в развитии научных связей ОИЯИ и Армении, а также приведены некоторые яркие примеры успешного сотрудничества. Кроме того, отдельное внимание было уделено важности привлечения в науку молодых талантов и оказания содействия в развитии национальной науки и образования.

По результатам визита стороны приняли решение организовать Дни Армении в ОИЯИ, что позволит более подробно познакомиться с культурой Армении в Дубне. Знакомство гостей с Институтом продолжилось в ходе экскурсий в лаборатории ОИЯИ.

10 августа состоялся ознакомительный визит в ОИЯИ делегации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору во главе с заместителем руководителя Ростехнадзора А. Л. Рыбасом.

В дирекции Института гостей приветствовали директор ОИЯИ В. А. Матвеев, вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис, главный инженер ОИЯИ Б. Н. Гикал, помощники директора ОИЯИ А. А. Михан и Г. Д. Ширков, заместитель главного инженера ОИЯИ А. В. Дударев и главный инженер ЛНФ А. В. Виноградов. В ходе встречи гости были проинформированы об истории развития и достижениях Института, науч-

ной инфраструктуре, программе исследовательской деятельности и флагманских проектах.

После встречи в дирекции для участников делегации были организованы ознакомительные экскурсии в лаборатории ядерных реакций, нейтронной физики, физики высоких энергий.

22 августа делегация ОИЯИ приняла участие во 2-м заседании российско-кубинской рабочей группы по сотрудничеству в области науки, технологий и окружающей среды в Москве. Сопредседателем с российской стороны выступил заместитель министра образования и науки, полномочный представитель правительства Российской Федерации в ОИЯИ академик Г. В. Трубников. Институт представляли заместитель директора Учебно-научного центра А. С. Жемчугов и начальник отдела международных связей Д. В. Каманин. С кубинской стороны в заседании участвовала директор Центра применения и развития ядерных технологий (CEADEN), член Ученого совета ОИЯИ А. Диас Гарсия.

В числе основных вопросов, рассмотренных на заседании, были меры поддержки мобильности молодых кубинских ученых и студентов, доступность для них современной исследовательской инфраструктуры. Представители ОИЯИ приняли участие в обсуждении вопросов, связанных с обменом экспертами и учеными в рамках научно-технологического сотрудничества.

23 августа премьер-министр России Д. А. Медведев подписал распоряжение, по которому 19 вузов и четыре научные организации наделяются правом с 1 сентября самостоятельно присуждать ученые степени, соответствующий документ опубликован на сайте правительства.

В числе четырех научных организаций — Объединенный институт ядерных исследований, в связи с чем Институту предстоит провести реорганизацию работы диссертационных советов. В течение года должны быть разработаны нормативные документы, определяющие порядок проведения защит кандидатских и докторских диссертаций и принципы формирования новых советов. Эти документы должны быть приняты ближайшими комитетами полномочных представителей, что позволит признавать дипломы ОИЯИ в странах-участницах Института.

С 12 по 15 сентября представительная делегация ОИЯИ находилась в Алма-Ате (Казахстан), где приняла участие в международном научном форуме «Ядерная наука и технологии», посвященном 60-летию Института ядерной физики (ИЯФ) Министерства энергетики Республики Казахстан, в том числе в 11-й Международной конференции «Ядерная и радиационная физика», международной конференции «Ядро-2017» и 8-й Евразийской конференции «Ядерная наука и ее применение».

14 сентября на торжественном заседании, посвященном 60-летию ИЯФ, вице-директор ОИЯИ

М. Г. Иткис выступил с поздравительной речью, в которой отметил, в частности, огромный вклад ИЯФ в становление ядерной физики в Казахстане и в Советском Союзе в целом и его активную роль в развитии сотрудничества с ОИЯИ.

Программа посещения ИЯФ представителями ОИЯИ была также приурочена к 25-летию участия Республики Казахстан в деятельности Объединенного института в качестве независимого государства и включала в себя ознакомление с деятельностью созданного в ИЯФ Учебного центра по ядерной безопасности, осмотр экспериментального зала реактора ВВР-К, зала ускорителя Циклон-30 и установки радиационной стерилизации материалов на базе электронного ускорителя ИЛУ-10. Состоялся круглый стол, посвященный стратегическому планированию сотрудничества ИЯФ и ОИЯИ, с участием генерального директора ИЯФ, полномочного представителя РК в ОИЯИ Е. А. Кенжина, руководителей ядерной науки Казахстана и молодых казахстанских ученых. Деловую программу дубненской делегации завершила встреча руководства ИЯФ и ОИЯИ с президентом ядерного общества Казахстана, внештатным советником Президента Республики Казахстан В. С. Школьником.

19–21 сентября в Дубне проходил 2-й форум по развитию сотрудничества между ОИЯИ и научными институтами Чехии, в котором приняли участие представители университетов Праги, Брно, Пльзенья, Остравы, Опавы, Ржежа. В ряду основных задач форума — вовлечение новых научных центров республики в проекты, реализуемые в ОИЯИ с применением технологических инноваций, продвинутых систем, связанных с развитием ядерной электроники, полупроводниковых детекторов и специальных измерительных инструментов, разработкой и созданием ускорителей и информационных технологий.

Открыл форум вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки, который познакомил его участников с историей создания и современными исследованиями в ОИЯИ. Обзор сотрудничества Чехия–ОИЯИ сделал сотрудник ЛРБ П. Блаха. О поддержке и координации в Чехии научного сотрудничества рассказал директор Института прикладной экспериментальной физики Политехнического университета (Прага) И. Штекл. Представители Чешской Республики побывали на экскурсиях в ЛФВЭ, ЛЯР, ЛНФ, ЛЯП, познакомились с исследованиями, проводимыми ЛТФ, ЛИТ и ЛРБ.

21–22 сентября ОИЯИ посетил с рабочим визитом директор Института ускорительных технологий Университета Анкары (Турция) А. Аксой. В ходе встречи с вице-директором ОИЯИ Р. Ледницким были обозначены взаимные научные интересы. Гость побывал на территории строящегося комплекса NICA, посетил фабрику сверхтяжелых эле-

ментов, учебный линейный ускоритель и инженерно-физический практикум УНЦ. Состоялась беседа с главным инженером ОИЯИ Б. Н. Гикалом, в результате которой стороны договорились разработать план развития сотрудничества, в первую очередь с использованием образовательных возможностей Института.

4 октября ОИЯИ посетила делегация представителей центральных румынских телеканалов: TVR и TVR International — для подготовки информационного сюжета об Институте.

Состоялась встреча с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым, на которой присутствовал заместитель директора ЛИТ, руководитель национальной группы Румынии в ОИЯИ Г. Адам. В ходе беседы в дирекции румынские журналисты получили подробную информацию о сотрудничестве ОИЯИ и Румынии: участии румынских специалистов в научной деятельности Института, а также о прикладных исследованиях Института и их применении.

В сопровождении Г. Адама румынские журналисты посетили лаборатории Института. В ЛИТ они познакомились с работой многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ; в ЛЯП журналисты провели видеосъемку в центре протонной терапии. В ЛЯР замдиректора А. Г. Попеко ознакомил журналистов с созданием первой в мире фабрики сверхтяжелых элементов на базе нового ускорителя ДЦ-280, рассказал о достижениях и открытиях ОИЯИ в области синтеза сверхтяжелых элементов. В ЛНФ директор лаборатории В. Н. Швецов представил журналистам реактор ИБР-2, а также экспериментальные установки, в научных исследованиях на которых румынские ученые принимают активное участие, после чего Д. П. Козленко представил гостям обзор о сотрудничестве лаборатории с румынскими учеными.

Румынские гости побывали на строительстве ускорительного комплекса NICA и познакомились с процессом производства сверхпроводящих магнитов. В завершение визита журналисты встретились со своими соотечественниками, работающими в ОИЯИ, узнали об их научных исследованиях и жизни в Дубне.

10–11 октября в Доме международных совещаний в Дубне проходил второй этап 10-го заседания Группы старших должностных лиц глобальной сети исследовательских инфраструктур (GSO), которое впервые проводилось в Российской Федерации и состояло из трех этапов. Заседание было организовано Министерством образования и науки Российской Федерации при поддержке Объединенного института ядерных исследований, а также НИЦ «Курчатовский институт», Петербургского института ядерной физики и Аналитического центра международных научно-технологических и образовательных программ.

GSO занимается решением вопросов приоритетных научных исследований во всем мире, формированием стратегических планов развития исследовательской инфраструктуры. GSO создано в 2008 г. с целью поиска возможностей международного сотрудничества и создания системы эффективного совместного использования объектов научно-исследовательской инфраструктуры во всех областях знаний.

Согласно правилам GSO периодически председательство в Группе старших должностных лиц переходит одной из стран. Во время заседания в Дубне председательские полномочия перешли к России, заседания шли под председательством замминистра образования и науки РФ Г. В. Трубникова.

В заседании приняли участие представители Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Индии, Италии, Испании, Китая, Нидерландов, США, Франции, Швейцарии, ЮАР, Японии, представители федеральных министерств и ведомств РФ, ведущих российских и международных научно-исследовательских центров, образовательных организаций и фондов, а также представители Европейской комиссии и делегаты посольств, руководители крупнейших проектов класса мегасайенс и международных исследовательских консорциумов.

С 10 по 13 октября в Кишиневе (Молдова) прошло рабочее совещание по развитию научных и образовательных контактов Республики Молдовы и ОИЯИ. Пребывание делегации ОИЯИ в Кишиневе и рабочее совещание проходили под знаком 25-летия участия Республики Молдовы в ОИЯИ в качестве независимого государства. Со стороны Молдовы программу работы координировал полномочный представитель правительства Республики Молдовы в ОИЯИ В. Урсаки. От ОИЯИ в совещании участвовали ответственный руководитель по сотрудничеству с Республикой Молдовой В. В. Воронов, директор Учебно-научного центра С. З. Пакуляк, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин. Участники совещания проанализировали нынешнее состояние сотрудничества и наметили меры по улучшению его координации.

В рамках рабочего совещания была организована встреча делегации ОИЯИ с руководством Университета Академии наук Республики Молдовы и круглый стол со студентами. Образовательные возможности ОИЯИ были представлены в рамках круглого стола, организованного Министерством просвещения Республики Молдовы.

25–26 октября состоялся визит в ОИЯИ заместителя генерального директора Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) Д. Яна, возглавляющего департамент технической кооперации МАГАТЭ, в сопровождении А. Чупова, координатора управления программами департамента технического сотрудничества МАГАТЭ.

Высокий гость посетил лаборатории ОИЯИ — ЛНФ, ЛЯР, ЛЯП, ЛРБ, ЛФВЭ. В ходе встреч и переговоров с членами дирекции ОИЯИ и руководителями лабораторий Д. Ян был проинформирован о практическом опыте сотрудничества ОИЯИ и МАГАТЭ, а также о готовности ОИЯИ расширить и диверсифицировать свое участие в проектах МАГАТЭ.

Визиту Д. Яна предшествовал приезд в ОИЯИ 12 октября начальника отделения Европы департамента технической кооперации МАГАТЭ М. Краузе и составление памятной записки, отразившей идеи дальнейшего развития кооперации МАГАТЭ и ОИЯИ.

25–27 октября делегация ОИЯИ находилась с рабочим визитом в Монголии, где состоялись ряд встреч и заседание оргкомитета конференции, которая пройдет в Улан-Баторе в августе 2018 г.

Заседание оргкомитета конференции прошло в Институте физики и технологии Академии наук Монголии (АНМ). В обсуждении комплекса организационных вопросов и тематики конференции, предварительно озаглавленной «Современные тенденции в естественных науках и передовые технологии в естественно-научном образовании», участвовали как видные ученые, члены АНМ, так и молодые ученые, вошедшие в локальный оргкомитет.

В ходе визита в Монголию делегация ОИЯИ провела ряд рабочих встреч, направленных на расширение сотрудничества, большее вовлечение молодых монгольских ученых в совместные проекты. Делегацию Института приняли секретарь и глава Комиссии по ядерной энергии Монголии Г. Манлайжав, президент АНМ академик Д. Рэгдэл, директор департамента по науке Министерства образования и науки Монголии академик Т. Ган-Эрденэ. Состоялось посещение Университета наук и технологий Монголии, Нового монгольского института технологий, Института астрономии и геофизики АНМ. В заключение программы визита была организована встреча делегации ОИЯИ с членами Комитета по науке и образованию Великого Хурала. Парламентарии подчеркнули важность участия Монголии в ОИЯИ и обещали всестороннюю поддержку инициативам по его развитию.

28 октября в Пекине состоялась экспертная встреча рабочей группы по сотрудничеству России и Китая в рамках крупных научных инфраструктур. Целью встречи были определение и конкретизация участия китайских научных центров в проекте NISA, реализуемом в ОИЯИ, и участия ОИЯИ в китайских крупных научных проектах. Со стороны Китая во встрече участвовали представители Института современной физики (Ланьчжоу), Института физики плазмы (Хэфэй) и Университета Циньхуа (Пекин). Проект NISA с российской стороны представляла делегация ОИЯИ, возглавляемая руководителем проекта В. Д. Кекелидзе.

Были определены ожидаемые финансовые параметры кооперации и области взаимодействия по электромагнитному калориметру для NICA/MPD, а также созданию накопителя энергии на основе высокотемпературных сверхпроводящих магнитов. Стороны рассмотрели возможности для передачи технологий, в частности в рамках реализуемого совместного проекта по сверхпроводящему компактному протонному циклотрону SC-200 для медицинских целей.

31 октября в посольстве Франции в Москве состоялось торжественное вручение национальных наград представителям российской науки, внесшим вклад в развитие сотрудничества между учеными двух государств. Академик В. А. Матвеев, директор Объединенного института ядерных исследований, признанный в мире специалист в области физики высоких энергий, физики элементарных частиц и квантовой теории поля, награжден орденом «За заслуги». Академик А. А. Макаров, директор Института молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта (ИМБ РАН), признанный в мире специалист в области биомедицины, биоинженерии и биотехнологии, награжден орденом Почетного легиона.

Открывая церемонию, посол Франции в Москве С. Берманн обратила внимание присутствовавших на портрет Петра Великого — копию полотна Жан-Марка Наттье, на котором запечатлено событие 19 июня 1717 г. в Париже, когда Королевская академия наук принимала высокопоставленного гостя — императора России Петра Великого. С тех пор на протяжении 300 лет франко-российское научное сотрудничество никогда не прерывалось.

Награды вручила постоянный секретарь Академии наук Франции, президент Национального центра научных исследований (CNRS) профессор К. Брешиньяк, дочь выдающегося французского ученого и организатора науки Жана Тейяка. 25 мая 2007 г. Катрин Брешиньяк участвовала в открытии мемориальной аллеи им. Жана Тейяка у стен Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова в Дубне.

В ответном слове академик В. А. Матвеев выразил глубокую признательность за высокую оценку его деятельности французским правительством: «Хочу сказать, что принимаю такую высокую награду как символ того, что международное сотрудничество ученых вносит большой вклад во взаимопонимание людей, дружбу народов. Недаром наш девиз *Science Bringing Nations Together* («Наука сближает народы») стал общим в мире. Мы видим, что научное сотрудничество — высочайшая ценность всего мира и современной цивилизации. . . Сотрудничество с учеными Франции является одной из важнейших сторон нашей деятельности. Мы имеем очень много коллег, очень много друзей, очень много разносторонних связей с французскими учеными, и одна из таких организаций, с которыми мы тесно сотрудни-

чаем, уже 42 года, — CNRS. И я очень рад, что именно из ваших рук получил этот орден. В нашем городе, небольшом, но красивом, есть главная улица, она носит имя выдающегося французского ученого Фредерика Жолио-Кюри, это главная улица нашего Института». Виктор Анатольевич выразил надежду, что придет время и будет сделан очередной шаг в направлении формализации отношений между международной организацией в Дубне и Францией, и пригласил «посетить наш город, убедиться, насколько он является столицей современной физики, столицей международного сотрудничества».

1–3 ноября делегация ОИЯИ посетила Узбекистан для участия в рабочем совещании «Наука и образование в Объединенном институте ядерных исследований и в Госкорпорации “Росатом” Российской Федерации». Заседания рабочего совещания, организованного Академией наук Республики Узбекистан (АН РУз), прошли в Академии наук РУз в Ташкенте и в Институте ядерной физики АН РУз в Улугбеке.

Совещание было нацелено на углубление научного сотрудничества Узбекистана с ОИЯИ и ГК «Росатом» в сфере подготовки научных кадров, привлечение молодежи к научным исследованиям и знакомство студентов с образовательными возможностями ОИЯИ и Государственного университета «Дубна». С узбекской стороны в совещании приняли участие около 200 ученых, более 100 магистрантов и докторантов из институтов Академии наук и высших учебных заведений Ташкента, Самарканда, Намангана, Ферганы, Андижана, Джизака.

Объединенный институт представляли вице-директора ОИЯИ М. Г. Иткис и Р. Ледницки, директора лабораторий ОИЯИ Д. И. Казаков (ЛТФ), В. В. Кореньков (ЛИТ), В. Н. Швецов (ЛНФ) и заместитель директора ЛЯР С. И. Сидорчук, директор Учебно-научного центра ОИЯИ С. З. Пакуляк, начальник отдела международных связей ОИЯИ Д. В. Каманин и начальник отдела ЛЯП А. М. Артиков. Выступления представителей ОИЯИ затрагивали широкий спектр научных исследований, перспективы развития исследовательской инфраструктуры Института, его образовательные программы и аспекты международного сотрудничества.

За время визита делегация ОИЯИ посетила Центр геномики и биоинформатики, где ознакомилась с разработками в области геномной инженерии хлопчатника и других сельхозкультур, а также лаборатории Института ядерной физики АН РУз, в частности исследовательского реактора, и Института материаловедения, входящего в Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз.

9–10 ноября в Берлине находилась делегация ОИЯИ во главе с директором Института академиком В. А. Матвеевым для участия в российско-германской

встрече по разработке «Дорожной карты германо-российского сотрудничества в области образования, науки, исследований и инноваций». Со стороны Германии во встрече участвовали руководители и представители департаментов Федерального министерства образования и исследований Германии, Объединения им. Г. Гельмгольца, Германской службы академических обменов, Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», Общества научных исследований Макса Планка, Фонда Гумбольдта. В число российских участников входили помощник Президента РФ А. А. Фурсенко, посол РФ в Германии В. М. Гринин, заместитель министра образования и науки Г. В. Трубников, президент РАН А. М. Сергеев, президент НИЦ КИ М. В. Ковальчук, председатель совета РФФИ В. Я. Панченко, а также ряд представителей российских научных центров.

На встрече были представлены совместные рекомендации по содержанию германо-российской дорожной карты. В обсуждениях большое внимание было уделено проектам NICA и FAIR.

15 ноября в Доме международных совещаний состоялось заседание НТС ОИЯИ. Председатель совета профессор Р. В. Джолос, открывая заседание, поздравил от имени присутствовавших с высокими правительственными наградами академика В. А. Матвеева, награжденного российским орденом «За заслуги перед Отечеством» III степени и национальным орденом Франции «За заслуги», и академика Ю. Ц. Оганесяна, награжденного орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Директор ОИЯИ В. А. Матвеев поделился информацией о последних важных событиях из жизни Института, в частности, итогах Ученого совета, прошедшего в сентябре, встречах в Узбекистане, перспективах сотрудничества с Францией и Германией.

Пресс-секретарь ОИЯИ Б. М. Старченко выступил с докладом «Распространение информации о деятельности ОИЯИ», в котором представил обзор работы, проделанной научно-информационным отделом ОИЯИ за несколько лет, включая год празднования 60-летия Института. Этот доклад вызвал целый ряд отзывов, предложений и вопросов. В обсуждении приняли участие Ю. А. Панебратцев, М. Г. Иткис, И. Н. Мешков, Б. Ю. Шарков, Е. А. Красавин, Р. Ценов, О. Куликов, Д. В. Каманин, С. Н. Неделько.

После очередного рассмотрения Кодекса профессиональной этики сотрудников ОИЯИ члены НТС большинством голосов приняли его окончательную редакцию.

Доклад члена-корреспондента РАН Г. Д. Ширкова был посвящен медицинскому компактному сверхпроводящему ускорителю, который создается совместно специалистами ОИЯИ и Института физики плазмы Китайской академии наук (ASIPP). Докладчик, в частности, отметил, что в настоящее время

основные элементы находятся в стадии наладки. В течение следующего года ускоритель SC202 должен быть изготовлен и поставлен в Дубну и сможет заменить фазотрон. Мнения и пожелания по докладу высказали Е. А. Красавин, Р. Ценов, С. Н. Дмитриев, И. Н. Мешков и др.

1 декабря в Дубне состоялось расширенное заседание Совета РАН по физике тяжелых ионов, на которое были приглашены как члены совета, так и специалисты из ведущих институтов России, Франции и Германии. Повестка дня включала обсуждение программы исследований с пучками радиоактивных ядер на ускорительном комплексе ЛЯР У-400М/ACCULINNA-2 в текущей и следующей семилетках, а также перспективы развития этой тематики до 2030 г. Совещание собрало более 60 участников, что объясняется повышенным интересом к обсуждаемой проблеме.

Председатель совета академик Ю. Ц. Оганесян открыл совещание докладом «Исследование ядер, удаленных от линии бета-стабильности, — одно из трех научных направлений ЛЯР ОИЯИ». Выступления М. Левитовича (GANIL, Франция), К. Шайденбергера, Х. Симона и Ю. Литвинова (GSI, Германия) были посвящены передовым технологиям для проведения экспериментов с пучками радиоактивных ядер в ведущих институтах мира. В докладах Г. М. Тер-Акопяна, С. А. Крупко и А. С. Фомичева сообщалось о статусе фрагмент-сепаратора ACCULINNA-2 и экспериментальной программе исследований в ближайшей и среднесрочной перспективе. Л. В. Григоренко представил основные аспекты научной программы электрон-ионного коллайдера. Большое внимание вызвали доклады Г. В. Трубникова, Г. Г. Гульбекяна и С. М. Полозова (МИФИ). И. Н. Мешков выступил с докладом «Электрон-ионный коллайдер на “кристаллических” ионных пучках». В рамках заседания был проведен круглый стол под председательством Б. Ю. Шаркова.

По итогам заседания была одобрена научная программа исследований на комплексе У-400М/ACCULINNA-2 до 2023 г. и поддержаны планы на более далекую перспективу. Вынесенный на обсуждение проект DERICA (Dubna Electron-Radioactive Ion Collider fAcility) признан многообещающим с точки зрения потенциала открытий, способных выдвинуть ОИЯИ на мировой уровень в данной области по аналогии с проектом NICA.

7 декабря ОИЯИ посетила межведомственная делегация Вьетнама, в состав которой вошли представители Вьетнамского института атомной энергии (ВИНАТОМ) во главе с его президентом Чан Тъи Тханем, эксперт отдела образования правительства Вьетнама Нгуен Чиеу Ниен, представители Министерства промышленности и инвестиций, Министерства финансов и Министерства науки и технологий Вьетнама. Делегацию сопровождали главный

специалист департамента международного сотрудничества ГК «Росатом» В. А. Пестов, член Ученого совета ОИЯИ и руководитель национальной группы Вьетнама в ОИЯИ профессор Нгуен Мань Шат.

На встрече с представителями ОИЯИ во главе с вице-директором М. Г. Иткисом о деятельности ОИЯИ и его образовательных программах гостям рассказали начальник отдела международных связей Д. В. Каманин и директор Учебно-научного центра С. З. Пакуляк. Стороны обсудили возможность привлечения в ОИЯИ молодых вьетнамских ученых и инженеров, проходящих обучение в российских вузах. В качестве особенно перспективных направлений для взаимодействия были отмечены работы по созданию и развитию уникальных объектов научной инфраструктуры ОИЯИ и возможности трансфера технологий.

Делегация побывала с экскурсией в Лаборатории ядерных реакций, на фабрике сверхтяжелых элементов, а также осмотрела комплекс спектрометров реактора ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики.

17–19 декабря ОИЯИ посетили руководитель секции отдела научной политики и наращивания потенциала сектора естественных наук ЮНЕСКО М. Зебаз-Кана и ведущий специалист сектора естественных наук ЮНЕСКО Ж.-П. Нгом-Абьяга.

На встрече с руководством Института были рассмотрены возможности по укреплению и расширению сотрудничества ОИЯИ–ЮНЕСКО в рамках обновленного в 2017 г. Соглашения о сотрудничестве, а также новые идеи взаимодействия, связанные с образовательными инициативами ОИЯИ и подготовкой программы стипендиатов ЮНЕСКО в ОИЯИ. В связи с решением ЮНЕСКО объявить 2019 г. международным годом периодической таблицы химических элементов обсуждались некоторые аспекты участия в праздничных мероприятиях Института как организации, внесшей решающий вклад в открытие новых сверхтяжелых элементов.

Гости посетили лаборатории ОИЯИ, где ознакомились с исследовательской инфраструктурой Института и деятельностью Учебно-научного центра.

27 декабря состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ под председательством Р. В. Джолоса, на котором были рассмотрены доклады директора ЛЯР С. Н. Дмитриева и директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2017 г., наиболее крупными были двенадцать.

2 марта в Центральном Доме ученых РАН в Москве состоялась **торжественная церемония в свя-**

о ходе работ по фабрике сверхтяжелых элементов и комплексу NICA.

В начале заседания директор ОИЯИ В. А. Матвеев вручил ученому секретарю НТС, старшему научному сотруднику ЛТФ ОИЯИ Е. А. Колгановой Почетную памятную медаль «За заслуги перед наукой и Объединенным институтом ядерных исследований» за большой вклад в организацию и успешную работу Научно-технического совета ОИЯИ.

С. Н. Дмитриев представил в своем докладе основные этапы работ по созданию фабрики сверхтяжелых элементов — строительство нового экспериментального корпуса, монтаж циклотрона ДЦ-280, подготовку помещений и технологических систем ускорительного комплекса. Проведение первых экспериментов запланировано на сентябрь–ноябрь 2018 г. В обсуждении доклада приняли участие Р. В. Джолос, В. А. Матвеев, Ю. Ц. Оганесян. В своих комментариях они обратили внимание на взаимодействие с внешними организациями и в целом высоко оценили деятельность коллектива лаборатории, направленную на решение главных задач.

В. Д. Кекелидзе назвал основные объекты базовой конфигурации комплекса NICA: ускорительный комплекс, действующий модернизированный нуклотрон, бустер, инжекционный комплекс, экспериментальная зона, два накопительных кольца коллайдера с двумя точками пересечения. Создаются детекторы MPD, BM@N и инфраструктурный объект — Центр NICA, который будет включать в себя и вычислительный центр. Продемонстрировав эскиз нового центра, докладчик остановился на поэтапной работе по каждому из перечисленных объектов и рассказал о привлечении к участию в проекте специалистов и организаций России, ЦЕРН, Германии, Китая, Чехии и других стран. В заключение В. Д. Кекелидзе отметил, что создание ускорительного комплекса, инженерной инфраструктуры, экспериментальных установок ведется согласно плану, развивается сотрудничество с научными центрами стран-участниц, ассоциированных стран, с Китаем и другими партнерами. С вопросами и комментариями по докладу выступили М. Г. Иткис, В. А. Матвеев, Ю. Ц. Оганесян, И. Н. Мешков.

В. А. Матвеев проинформировал членов НТС о деятельности дирекции, а также остановился на основных итогах года и задачах, которые предстоит решать коллективу Института в 2018 г.

зи с открытием и присвоением названий новым химическим элементам Периодической таблицы элементов Д. И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118.

На церемонии присутствовали министр образования и науки России О. Ю. Васильева, заместитель ми-

нистра академик РАН Г. В. Трубников, президенты международных союзов теоретической и прикладной химии (IUPAC) и теоретической и прикладной физики (IUPAP), руководители и официальные представители ведущих мировых лабораторий, работающих в области синтеза сверхтяжелых элементов, из США, Германии, Франции, Японии, ученые и специалисты из ОИЯИ и Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, партнеры из российских научных центров и других стран-участниц ОИЯИ. Церемонию инаугурации новых элементов провела президент IUPAC профессор Н. П. Тарасова.

По словам министра образования и науки РФ О. Ю. Васильевой, открытие новых сверхтяжелых элементов и тот факт, что два из них получили имена, связанные с Россией и российскими учеными, — 115-й московий в честь московской земли и 118-й оганесон в честь Юрия Оганесяна, можно отнести к наиболее ярким достижениям нашего времени.

Церемония инаугурации включала научный коллоквиум. С докладом о синтезе новых элементов в Лаборатории ядерных реакций выступил академик Ю. Ц. Оганесян. Профессор В. Назаревич из Мичиганского государственного университета США посвятил свой доклад 118-му элементу оганесону. Вице-президент Королевского общества по развитию знаний о природе М. Полякофф (Великобритания) представил фильмы о каждом из 118 элементов таблицы Менделеева, созданные творческой командой Университета в Ноттингеме. 3 марта научный коллоквиум продолжил свою работу в Дубне, в Лаборатории ядерных реакций.

С 23 по 26 мая в ДМС ОИЯИ проходил юбилейный **25-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-25)**, посвященный 60-летию образования Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка.

Семинар проводится ЛНФ ежегодно и привлекает опытных и молодых ученых из лабораторий ОИЯИ, из стран-участниц Института, а также из России и других стран. В этом году в нем приняли участие около 130 физиков из ведущих нейтронных центров мира, а также из университетов Москвы, Воронежа, Самары, Тулы и других городов.

В программу ISINN-25 вошли сообщения о новых результатах, полученных в области фундаментальных взаимодействий и физики ультрахолодных нейтронов, физики ядерного деления, ядерных аналитических методов в биологии и экологии, ядерных реакций с быстрыми нейтронами, структуры и распада возбужденных ядер, методических аспектов экспериментов с нейтронами, подкритических систем, управляемых ускорителями. За время работы конференции было представлено около 50 устных и более 40 стендовых докладов (подробнее см. на сайте <http://isinn.jinr.ru/past-isinns/isinn-25/program.html>).

На постерной сессии были представлены работы молодых ученых из РФ, Азербайджана, Болгарии и других стран. Это были работы по медицинским растениям, биомониторингу территорий, испытывающих сильную антропогенную нагрузку (Апшеронский полуостров в Каспийском море), и исследования новых материалов, которые ведутся в сотрудничестве ЛНФ и Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по материаловедению.

Состоялся круглый стол, посвященный вопросам создания в ОИЯИ импульсного нейтронного источника следующего поколения и программы исследований на нем. В вводных докладах Е. Шабалина и Ю. Копача из ЛНФ ОИЯИ были обозначены желательные параметры и варианты конструкции нового источника, которые могут обеспечить физикам ОИЯИ и России конкурентоспособность на мировом уровне после исчерпания ресурса реактора ИБР-2. В последовавшей оживленной дискуссии была выражена заинтересованность специалистов из стран-участниц ОИЯИ и российских нейтронных центров в создании такого источника и реализации на нем перспективной научной программы.

Успех работы ISINN-25 подтвердил полезность и привлекательность формата ежегодного совещания по широкому кругу вопросов нейтронной физики, избранного для этой конференции четверть века назад, а также эффективность нейтронных методов для решения фундаментальных и прикладных проблем науки.

6–10 июня в Праге (Чехия) проходила **25-я Международная конференция по интегрируемым системам и квантовым симметриям**. Конференция была организована факультетом ядерных наук и инженерной физики Чешского технического университета (Прага) и Лабораторией теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова уже в 25-й раз.

Конференция отличалась особым представительством. За 5 рабочих дней было сделано около 210 научных докладов учеными из 26 стран: Австралии, Азербайджана, Болгарии, Бразилии, Германии, Греции, Дании, Израиля, Ирландии, Италии, Канады, Китая, Нидерландов, Польши, России, Румынии, Сербии, Словакии, США, Тайваня, Турции, Украины, Франции, Чехии, Швеции, Японии. Представленные исследования покрывали широкий спектр тем: квантовые группы, некоммутативная геометрия, квантовое пространство-время и квантовые симметрии, дискретные интегрируемые системы и уравнения Пенлеве, суперсимметрия и интегрируемость, асимптотика спектра квантовых интегрируемых систем, теория полей высших спинов, современные математические методы.

Участники имели возможность общаться и обсуждать темы и вопросы, поднятые в докладах, в неформальной обстановке в перерывах и в свободное

время. Не подлежит сомнению, что большинство ученых, участвовавших в этой конференции вновь с энтузиазмом откликнутся на приглашение посетить данное научное мероприятие. Материалы конференции доступны на сайте www.intsystems.cz.

С 3 по 7 июля в Лаборатории информационных технологий проходила очередная, 9-я международная конференция «*Математическое моделирование и вычислительная физика*» (ММСР'2017). Организаторами этой конференции выступили ЛИТ ОИЯИ, IFIN-HH (Бухарест, Румыния), Технический университет (Кошице, Словакия), Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук (Кошице, Словакия), Университет им. П. И. Шафарика (Кошице, Словакия). Спонсором конференции являлась компания Intel.

Научная тематика конференции охватила широкий круг вопросов, включающих в себя распределенные и параллельные вычисления в науке и технологиях; математические методы и программное обеспечение для моделирования сложных физических и технологических систем; биоинформатику и вычислительную биофизику; методы, программные и компьютерные комплексы для обработки экспериментальных данных; методы, алгоритмы и программное обеспечение для компьютерной алгебры и квантового компьютеринга.

В работе конференции приняли участие свыше 250 ученых и специалистов из различных научных центров Румынии, Болгарии, Германии, Литвы, Финляндии, Франции, Словакии, США, Монголии, Канады и большого числа российских научных центров и университетов, среди которых НИЦ «Курчатовский институт», ИМПБ РАН, ИТПМ СО РАН, Санкт-Петербургский ГУ, Новосибирский ГУ, РУДН и др.

Целая серия пленарных докладов была посвящена различным аспектам биоинформатики и применению математических методов в биофизике. Ряд пленарных докладов был посвящен вопросам вычислительной математики и моделированию сложных систем. Особое внимание в рамках конференции ММСР'2017 уделено проблеме обработки и анализа экспериментальных данных и технологиям больших данных. Одной из традиционных областей вычислительной математики, освещавшейся на конференциях ММСР, является область, связанная с развитием методов символьных вычислений и компьютерной алгебры, а также с развитием методики квантовых вычислений и их приложений.

Всего на конференции представлено 212 докладов, из них 31 пленарный, 158 секционных и 23 постерных.

В рамках конференции ММСР при поддержке дирекции ОИЯИ была организована конференция-школа «Математическое моделирование для проекта NICA». Программа школы включала в себя лекци-

онную часть, практические занятия и мастер-классы.

В работе конференции-школы приняли участие молодые ученые и специалисты из ОИЯИ — 54 человека, студенты университетов «Дубна», МИФИ, МГУ, СПбГУ, ТвГУ, РУДН, ЮУрГУ, ПГУТИ, КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан). Материалы конференции и школы доступны на информационном сайте конференции <http://mmcp2017.jinru>

С 24 по 29 июля в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проходило очередное рабочее совещание «*Классические и квантовые интегрируемые системы*» из серии начинавшихся еще в Советском Союзе, в Институте физики высоких энергий (Протвино). В настоящее время эти совещания традиционно проходят в Протвино, Дубне, Черногловке и Санкт-Петербурге. Данное было посвящено академику Л. Д. Фаддееву — выдающемуся ученому, одному из основателей современной математической физики.

В работе совещания приняли участие более ста человек из более чем 40 научных организаций, расположенных в 11 странах мира, включая Австралию, США, Великобританию, Германию, Францию и Японию. Основной контингент участников традиционно составляли сотрудники ОИЯИ, ИТФ РАН им. Л. Д. Ландау (Черногловка), Математического института им. В. А. Стеклова РАН (Москва и Санкт-Петербург), ИФВЭ (Протвино), ИТЭФ (Москва), математического факультета Высшей школы экономики (Москва), Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (Москва). На совещание приехало очень много наших соотечественников, работающих за рубежом.

Тематика настоящего совещания включала следующие основные вопросы: недавние результаты в теории классических и квантовых интегрируемых систем; квантовую теорию поля, конформную теорию поля, АГТ-соответствие; квантовые группы, кластерные алгебры и другие разделы математики, связанные с интегрируемыми системами; интегрируемые модели в теории вероятностей и асимптотическую теорию представлений.

В рамках этой серии совещаний стало уже традиционным организовывать вводные мини-курсы для студентов, на которых ведущие мировые эксперты читают лекции по наиболее актуальным направлениям математической физики. На последнем лекции читали М. Берштейн, С. Деркачев, О. Заборонский и О. Огиевецкий. Основную массу слушателей составили студенты и молодые сотрудники ИТФ ОИЯИ, НИУ ВШЭ и Санкт-Петербургского университета.

В целом совещание прошло на очень высоком научном уровне. Его успешное проведение стало возможным благодаря финансовой поддержке ИТФ ОИЯИ, РФФИ, фонда программы «Гейзенберг-Ландау» и, особенно, лаборатории математической физики НИУ ВШЭ (Москва). Организационный ко-

митет выражает благодарность ОИЯИ и всем другим спонсорам за помощь в проведении совещания. О нем был снят небольшой видеофильм, который можно посмотреть на веб-странице <http://science-tv.jinr.ru/?p=4517>.

С 31 июля по 5 августа в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проходило международное рабочее совещание «*Суперсимметрии и квантовые симметрии*» (SQS'2017). Эти совещания, инициированные в 1989 г. профессором В. И. Огиевцем (1928–1996), проводятся в ЛТФ ОИЯИ каждые два года. На протяжении многих лет бессменным председателем оргкомитета совещаний SQS является ученик В. И. Огиевца профессор Е. А. Иванов.

На этот раз главными темами конференции были: теория суперструн; квантовые и геометрические аспекты суперсимметричных теорий; теории высших спинов; суперсимметричные интегрируемые модели; квантовые группы и некоммутативная геометрия; Стандартная модель и ее суперсимметричные расширения.

В работе совещания приняли участие более 120 ученых, представлявших Австралию, Англию, Армению, Бельгию, Болгарию, Бразилию, Германию, Испанию, Италию, Нидерланды, Тайвань, Польшу, Республику Корею, Россию, Сербию, США, Украину, Францию, Швецию и Чехию. Среди них — ведущие специалисты по теории элементарных частиц, квантовой теории поля, гравитации и теории струн, некоммутативной геометрии и интегрируемым системам.

Организация совещания SQS'2017 стала возможной благодаря финансовой поддержке ЛТФ ОИЯИ, Российского фонда фундаментальных исследований, программ «Гейзенберг–Ландау», «Блохинцев–Вотруба» и «Боголюбов–Инфельд».

Результаты SQS'2017 еще раз высветили фундаментальную роль теории струн, суперсимметрии и квантовых симметрий в современной теоретической и математической физике, важность проведения дальнейших исследований в этих направлениях, а также успешность и эффективность международного научного сотрудничества с участием ОИЯИ. Более подробную информацию о совещании и файлы докладов можно найти на сайте: <http://theor.jinr.ru/sqs17/>.

С 3 по 8 сентября в пансионате «Дубна» (Алушта) проходил *12-й Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц*, посвященный памяти В. П. Саранцева. Организаторы семинара — Объединенный институт ядерных исследований, Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера (Новосибирск) и Научный совет Российской академии наук по проблеме ускорителей заряженных частиц.

Форум нацелен на обмен информацией и обсуждение вопросов ускорительной науки и техники, физики пучков заряженных частиц, разработки новых проектов лептонных и адронных коллайдеров, усовершенствования действующих установок, использования ускорителей для научных и прикладных целей, а также на привлечение молодых ученых к решению проблем ускорительной техники. Большое внимание, в частности, было уделено рассмотрению этих вопросов в свете реализации мегасайенс проекта NICA.

Традиционно в семинаре приняли участие представители крупнейших ускорительных центров России. Докладчиков делегировали в Алушту такие научные центры, как ИЯФ СО РАН, ОИЯИ, ИТЭФ, Физический институт им. П. Н. Лебедева, Санкт-Петербургский государственный университет, НИЯУ МИФИ, ООО «Импульсные Технологии» (Рязань), ИЯИ РАН, ИХКГ СО РАН, НИЦ «Курчатовский институт», НИИ электрофизической аппаратуры им Д. В. Ефремова, Институт физической химии и электрохимии им А. Н. Фрумкина РАН, МРТИ РАН, ФТЦ ФИАН (Протвино), физический факультет МГУ, а также ИФВЭ (Китай). В Алуште семинар проводится с 2005 г. По словам организаторов, в этом году он собрал рекордное количество участников, около 130, было запланировано 56 устных докладов и 83 постерных.

Ежегодная *Европейская школа по физике высоких энергий*, организованная совместно ЦЕРН и ОИЯИ, прошла с 6 по 19 сентября в местечке Эвора (Португалия). Эта юбилейная школа, 25-я, стала подтверждением не только серьезного научного интереса со стороны слушателей, но и растущего интереса общественности к науке.

Европейские школы по физике высоких энергий с 1993 г. продолжают традиции более ранней серии школ ЦЕРН–ОИЯИ, направленных на обучение молодых экспериментаторов теоретическим аспектам физики элементарных частиц. Школы проводятся по очереди в одной из стран-участниц ЦЕРН и ОИЯИ и неизменно привлекают большой интерес молодежи, благодаря значимой научной программе и тщательному подбору лекторов и лидеров дискуссий. К примеру, 100 слушателей школы, проведенной в Эворе, представляли 33 страны и были отобраны из более чем 230 кандидатов на основе их научного потенциала и участия в актуальных исследованиях.

Научная программа школы включала в себя базовые лекции по квантовой теории поля и Стандартной модели, квантовой хромодинамике, физике за пределами Стандартной модели и многим другим предметам, в том числе представляющим особый интерес с точки зрения основных направлений ОИЯИ — физики тяжелых ионов и физики нейтрино. В качестве лекторов от ОИЯИ выступили А. Б. Арбузов,

Д. И. Казаков, Д. В. Фурсаев, а в качестве лидеров дискуссий А. В. Бедняков и А. В. Гладышев. Обзорные лекции о научных программах международных научных центров были представлены на школе генеральным директором ЦЕРН Ф. Джанотти и директором ОИЯИ В. А. Матвеевым.

Большой интерес слушателей вызвал курс практического применения в физике элементарных частиц статистических методов, который иллюстрировался примерами недавних открытий хиггс-бозона и поисками новых частиц на Большом адронном коллайдере. Слушатели школы представили свои собственные исследования на специальной постерной сессии.

За две недели работы школы прочитано 40 лекций по 90 минут каждая. Во время завершающей день дискуссионной сессии слушатели, разбитые на шесть дискуссионных групп, имели возможность задать вопросы лидеру дискуссий и лекторам. Такой формат, установившийся с самого начала проведения школ, создает более доверительную и комфортную обстановку для слушателей и способствует лучшему усвоению материала.

С 2014 г. в программу Европейской школы по физике высоких энергий входит курс практических основ представления научных результатов широкой общественности, который читают журналисты ВВС, пишущие о науке. Этот курс неизменно пользуется популярностью среди слушателей. Программа нынешней школы была дополнена практическими занятиями в рамках курса — интервью слушателей и конкурсом студенческих проектов на заданную научную тему. Лучшей группой жюри конкурса признало студентов, представивших доклад об открытии хиггс-бозона.

Вопросы популяризации науки являются сегодня неотъемлемой частью деятельности научных коллективов, особенно при реализации крупных научных проектов. Важную общественную роль науки в полной мере признают и реализуют ОИЯИ и ЦЕРН. Именно поэтому в программу Европейских школ всегда включались публичные лекции, круглые столы, встречи организаторов науки с общественностью. Школа в Эворе также не стала исключением.

15 сентября по случаю приезда на школу генерального директора ЦЕРН и директора ОИЯИ в Университете Эворы была организована встреча с общественностью, которую также посетил министр науки, технологии и образования Португалии М. Хейтор. Ф. Джанотти выступила с лекцией «Частица Хиггса и наша жизнь», а В. А. Матвеев и директор Института экспериментальной физики частиц Португалии (LIP) Г. Баррейра приняли участие в дискуссии и ответили на вопросы аудитории, которая насчитывала до 300 человек, не только студентов университета, но и школьников, приехавших на эту встречу из разных мест, в том числе из Лиссабона и Испании.

Вся серия Европейских школ по физике высоких энергий на высоком уровне продолжает выполнять свою научную и культурную миссию, постоянно совершенствуя программу и формы общения со слушателями и общественностью, а проведение 25-й, школы по физике высоких энергий в Эворе стало значимым событием, задающим высокий стандарт на будущее.

С 11 по 15 сентября в ЛТФ ОИЯИ проходило *17-е рабочее совещание по спиновой физике при высоких энергиях (DSPIN-17)*. Оно является очередным в серии конференций, первая из которых состоялась в 1981 г. по инициативе выдающегося физика-теоретика Л. И. Лапидуса. С тех пор каждый нечетный год подобные встречи организовывались в Протвино и Дубне.

Особенностью данной конференции была широкая география и большое число участников из разных стран: России, США, Белоруссии, Украины, Польши, Германии, Чехии, Италии, Словакии, Китая, Бельгии, Болгарии, Индии. Как обычно, в конференции приняли участие физики из ОИЯИ. Большую популярность конференции принесло получение за последние годы целого ряда новых экспериментальных (RHIC, COMPASS, LHC) и теоретических результатов. Многие из них связаны со спиновыми (и/или зависящими от внутреннего поперечного импульса) партонными распределениями.

Успех конференции был обусловлен поддержкой Российского фонда фундаментальных исследований, Международного комитета по спиновой физике, Европейского физического общества, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и программами международного сотрудничества ОИЯИ: «Гейзенберг–Ландау», «Боголюбов–Инфельд» и «Блохинцев–Вотруба».

С 25 по 29 сентября в г. Будва (Республика Черногория) проходил *26-й Международный симпозиум ОИЯИ по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'2017)*. Этот симпозиум традиционно проводится ОИЯИ с 1963 г., и в девятый раз его организаторами стали ОИЯИ и ЦЕРН. Сопредседателями симпозиума были со стороны ОИЯИ — директор ЛИТ В. В. Кореньков, со стороны ЦЕРН — доктор Я. Бёрд.

В работе симпозиума приняли участие более 120 ведущих специалистов в области современных компьютерных и сетевых технологий, распределенного компьютеринга и ядерной электроники из 14 стран: Белоруссии, Молдовы, Болгарии, Великобритании, Германии, России, США, Франции, Чехии, Словакии, Италии, Китая, Нидерландов, Швейцарии. Научная программа симпозиума охватывала широкий круг вопросов и включала следующие секции: детекторная и ядерная электроника, триггерные системы и системы сбора данных, машинное обуче-

ние и аналитика больших данных, грид-технологии и облачные вычисления, компьютеринг для экспериментов на крупномасштабных ускорительных установках (LHC, FAIR, NICA, SKA, PIC, XFEL, ELI и др.), нереляционные базы данных и гетерогенные репозитории, исследовательские инфраструктуры данных, вычисления на гибридных системах, а также ставшая традиционной тематика симпозиума — информационные технологии в образовании. В рамках симпозиума также состоялось рабочее совещание «BigPanDA Technical Interchange Meeting». Симпозиум прошел при спонсорской поддержке Niagara Computers, JET Infosystems, Dell-EMC и IBS Platformix.

На пленарных сессиях представлено 36 докладов, на секционных заседаниях — доклады, вызвавшие большой интерес участников симпозиума и посвященные актуальным вопросам развития техники детекторов, системам сбора данных и автоматизации, компьютеринга для крупномасштабных экспериментальных установок, развитию исследовательских инфраструктур данных, применению современных IT-технологий, таких как грид, облачные вычисления, гибридный компьютеринг, для решения современных научных задач.

Особое внимание на симпозиуме уделялось реализации проекта NICA. В рамках программы представлено 2 пленарных и 11 секционных докладов. Два доклада посвящались подготовке специалистов для проекта NICA.

В четвертый раз в рамках симпозиума проведена международная школа для студентов и аспирантов по современным информационным технологиям, на этот раз посвященная распределенным гетерогенным вычислительным инфраструктурам. Полную финансовую и организационную поддержку участникам молодежной школы предоставили Лаборатория информационных технологий ОИЯИ (<http://www.jinr.ru>), Лаборатория больших данных для экспериментов класса мегасайенс НИЦ «Курчатовский институт» (<http://bigdatalab.nrcki.ru/>), Институт кибернетики ТПУ (<http://portal.tpu.ru/ic>). В работе школы-конференции приняли участие ведущие ученые России, Великобритании, США и Италии, сотрудники ОИЯИ, НИЦ КИ, ЦЕРН и DESY.

В школе-конференции приняли участие 32 студента старших курсов (а также магистров и аспирантов), специализирующихся в области информационных технологий, из ведущих вузов страны: НИЯУ «МИФИ», Санкт-Петербургского государственного университета, университета «Дубна», Рязанского государственного радиотехнического университета, Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, Российского университета дружбы народов, Томского политехнического университета.

В рамках школы-конференции проходил отбор лучших работ студентов, по результатам которого участники представили свои презентации на за-

ключительной пленарной сессии симпозиума. Всем участникам молодежной школы-конференции вручены сертификаты, а лучшие студенты награждены дипломами.

Со 2 по 6 октября в Дубне, в Лаборатории информационных технологий работала **21-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов AYSS-2017**. Эта ежегодная конференция, в которой принимают участие студенты, аспиранты, молодые ученые и специалисты из ОИЯИ и других российских и зарубежных научных центров, проводится по основным фундаментальным и научно-прикладным направлениям исследований Института.

На открытии конференции с приветственным словом к участникам обратился советник дирекции ОИЯИ Г. Д. Ширков. Обзор программы на все дни работы конференции представил сопредседатель оргкомитета В. Худоба. В ходе пленарной сессии ведущие специалисты Института прочли лекции по передовым исследованиям в области теоретической физики, математического моделирования и вычислительной физики, физики высоких энергий, ускорителей заряженных частиц и ядерных реакторов, экспериментальной ядерной физики, прикладных исследований, информационных технологий, физики конденсированных сред и наук о жизни. В конференции участвовали около 220 человек, не только сотрудники лабораторий Института, но и гости из 18 стран. На секционных заседаниях свои доклады представляли участники конференции, всего 140 устных докладов по 9 секциям, а также около 60 постерных докладов. В последний день конференции объявлены авторы лучших выступлений.

На этот раз в рамках конференции впервые в Дубне прошел конкурс «Falling Walls Lab» — проект, созданный к 20-летию падения Берлинской стены. Его участники — молодые ученые, специалисты и предприниматели получают возможность представить мировому сообществу свои идеи, проекты, методы решения стоящих перед человечеством задач. Главное условие: конкурсант должен успеть достаточно популярно изложить свою идею за три минуты в трех слайдах. Отбор конкурсантов ведется по всему миру, трое лучших из 100 финалистов затем встречались в ноябре в Берлине, где их выступления оценивало жюри, в которое входили политики, экономисты, ученые, журналисты.

В дубненском этапе «Falling Walls Lab» выступили с сообщениями 8 молодых сотрудников ОИЯИ, студентов университета «Дубна», Университета Вроцлава (Польша). Победителем стал молодой сотрудник ЛТФ А. Слямов (руководитель Е. Аницаш).

С 9 по 12 октября в Дубне работала международная конференция **«Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2»**, посвящен-

ная 60-летию Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка. Целью конференции, уже третьей по счету, являлось обсуждение полученных экспериментальных результатов, определение перспективных направлений научных исследований и совершенствование экспериментальных установок на реакторе ИБР-2. В работе конференции приняли участие около 150 ученых из различных научных организаций России, стран-участниц ОИЯИ: Болгарии, Польши, Румынии, Молдавии, Словацкой Республики, а также из Германии и Эстонии.

В ходе конференции представлены результаты междисциплинарных исследований, проводимых на реакторе ИБР-2 в области физики конденсированного состояния, химии, биофизики, материаловедения, инженерных наук и наук о Земле с помощью методов рассеяния нейтронов. Тематические доклады были посвящены также совершенствованию методики нейтронного рассеяния и развитию нейтронных детекторов. В специальном докладе Д. П. Козленко (ЛНФ) проанализировано современное состояние комплекса спектрометров ре-

актора ИБР-2 и перспективы его дальнейшего развития.

Прошедшая конференция была посвящена 60-летию Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка. В 2017 г. также отмечалось 25-летие с момента пуска в Дубне первого в мире фурье-дифрактометра высокого разрешения ФДВР, позволившего вывести на новый уровень прецизионные дифрактометрические исследования материалов на реакторе ИБР-2. Данной тематике был посвящен доклад профессора А. М. Балагурова (ЛНФ).

За время работы конференции участниками представлено 53 устных и 69 постерных докладов. Значительная часть докладов сделана молодыми учеными, среди которых проводился конкурс на лучший постерный доклад. Авторы трех лучших докладов отмечены дипломами и ценными подарками.

Следует отметить, что само место проведения конференции — Дом ученых ОИЯИ, создавало дружественную атмосферу и способствовало развитию новых научных контактов в рамках программы пользователей реактора ИБР-2.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2017 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 462 международных конференциях и совещаниях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на 24-й Международной конференции «Математика. Компьютинг. Образование» (Пушино, Россия); 9-м совещании коллаборации JUNO (Чжухай, Китай); 30-м совещании по влиянию воздушного загрязнения на растительность (международная кооперативная программа UNECE) (Познань, Польша); совещании по проекту «CREMLIN WP2: управление большими данными» (Москва, Россия); международной конференции «Приборы для физики на встречных пучках» (INSTR17) (Новосибирск, Россия); 51-й Зимней школе Санкт-Петербургского института ядерной физики РНЦ КИ (Санкт-Петербург, Россия); 51-й Школе ПИЯФ по физике конденсированного состояния (Санкт-Петербург, Россия); международной научно-практической конференции «Радиационная онкология-2017» (Москва, Россия); 29-м совещании коллаборации CBM (Дармштадт, Германия); конференции ISF «Исследование плотной ядерной материи адронными пучками» (Реховот, Израиль); 23-й Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых (Екатеринбург, Россия); 14-й Международной конференции по структуре адронов и спектроскопии (IWHSS17) (Кортена, Италия); Неделе CMS (Женева, Швейцария); 24-й Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ло-

моносов» (Москва, Россия); 7-й Всероссийской конференции «Информационно-телекоммуникационные высокотехнологичные системы» (Москва, Россия); 1-м Международном симпозиуме «Интеграция белорусских ученых в исследовательские программы ведущих международных ядерно-физических центров» (BelINP-2017) (Минск, Белоруссия); Европейском совещании коллаборации JUNO (Катания, Италия); совещании «Будущие биологические исследования и исследования мягкой материи на реакторе ПИК» (BioSoft@PIK) (Петергоф, Россия); международной конференции «Изоспин, структура, реакции и энергии симметрии» (ISTROS-2017) (Часта-Папиерничка, Словакия); 1-й Всероссийской научной конференции «Токсикология и радиобиология XXI века» (Санкт-Петербург, Россия); конференции по физике к 100-летию В. Л. Гинзбурга (Москва, Россия); совещании по матричным элементам для экспериментов по двойному бета-распаду (MEDEX 17) (Прага, Чехия); 10-й Международной конференции по моделированию и имитационному расчету хаотической динамики (CHAOS-2017) (Барселона, Испания); 47-й Международной Тулиновской конференции по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами (Москва, Россия); международной сессии-конференции Секции ядерной физики ОФТ РАН «Физика фундаментальных взаимодействий», посвященной 50-летию Баксанской нейтронной обсерватории (Нальчик, Россия); совеща-

нии коллаборации TAIGA (Москва, Россия); совещании коллаборации NOvA (Уичито, США); 5-й Международной конференции по радиации и ее применению в различных областях исследований (RAD-2017) (Будва, Черногория); Летнем совещании коллаборации BESIII (Аньшань, Китай); конференции «Дифракция нейтронов-2017» (Гатчина, Россия); Международном симпозиуме по космическим лучам и астрофизике (ISCRA-2017) (Москва, Россия); 36-м Международном совещании по теории ядра (IWNT36-2017) (Рила, Болгария); 62-й Ежегодной конференции Южноафриканского института физики (SAIP 2017) (Стелленбос, ЮАР); конференции Европейского физического общества по физике высоких энергий (Венеция, Италия); Международной конференции по нейтронной оптике (NOP-2017) (Нара, Япония); 20-й Международной конференции по поверхностной модификации материалов ионными пучками (SMMIB-2017) (Лиссабон, Португалия); 17-й Международной конференции по странности в кварковой материи (SQM2017) (Утрехт, Нидерланды); 35-й Международной конференции по космическим лучам (ICRC 2017) (Пусан, Южная Корея); семинаре по исследованию конденсированных сред методами нейтронографии (Констанца, Румыния); 6-й Международной конференции по новым направлениям в физике (ICNFP 2017) (Крит, Греция); 23-й Международной конференции «Взаимодействие ионов с поверхностью» (ВИП 2017) (Москва, Россия); Европейской школе по экзотическим пучкам 2017 (Кабур, Франция); совещании коллаборации PANDA в ИЯФ им. Г. И. Будкера (Новосибирск, Россия); международном совещании «Современные многочастичные и статические методы в мезоскопических системах» (Буштени, Румыния); симпозиуме «Молекулярное моделирование в материаловедении и бионауках» (Петергоф, Россия); 22-й Международной школе по ядерной физике и приложениям (Варна, Болгария); 4-й Международной конференции «Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии» (Тула, Россия); 23-м съезде Физиологического общества им. И. П. Павлова (Воронеж, Россия); Международном совещании по адронной поляриметрии в зоне ГэВ-энергий (Орсе, Франция); 40-м Европейском совещании по циклотронам (Леньяро, Италия); Школе и 30-м совещании коллаборации CBM (Ухань, Китай); Международном симпозиуме по физике нестабильных ядер (ISPUN17) (Халонг, Вьетнам); 3-й Международной конференции по физике частиц и астрофизике (ICPPA 2017) (Москва, Россия); международной школе и конференции «Критическая устойчивость квантовых систем нескольких тел» (Дрезден, Германия); 34-м совещании коллаборации NADES (Сантьяго-де-Компостела, Испания); 19-м Всемирном фестивале молодежи и студентов (научные и образовательные тематические площадки) (Сочи, Россия); малом трехстороннем со-

вещании по теоретической физике-2017 (Медзилаборце, Словакия); 9-й Международной конференции по наноматериалам — исследованиям и приложениям (NANOCON) (Брно, Чехия); Латиноамериканском симпозиуме по ядерной физике и приложениям (LANSPA-WONP-NURT) (Гавана, Куба); международной конференции «Грид, облачные и высокоскоростные вычисления в науке» (RO-LCG 2017) (Синая, Румыния); международной научной конференции «Молодежь в науке-2017» (Минск, Белоруссия); Генеральном совещании коллаборации GERDA (Ассерджи, Италия); 7-й Международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов» (Москва, Россия); симпозиуме, посвященном памяти Ласло Черы (Будапешт, Венгрия); международной научно-практической конференции «Ядерная медицина и лучевая терапия: современное состояние и ближайшие перспективы» (Москва, Россия); заседании координационного комитета по программе «Гейзенберг–Ландау» (Гамбург, Германия); международном коллоквиуме, посвященном присвоению названий новым элементам Периодической таблицы Д. И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118 (Москва, Россия); юбилейных мероприятиях, посвященных 10-летию ассоциированного членства Сербии в ОИЯИ (Белград, Сербия); конференции, посвященной 25-летию участия ОИЯИ в эксперименте ATLAS (Будва (Бечичи), Черногория); международной школе по ядерной физике «Дни ОИЯИ в Болгарии» (Боровец, Болгария); 25-й Международной конференции «Интегрируемые системы и квантовые симметрии» (Прага, Чехия); 6-й ежегодной конференции молодых ученых и специалистов «Алушта-2017» (Алушта, Россия); 17-й Международной конференции «Методы симметрии в физике» (Ереван, Армения); 17-й Международной Байкальской школе по физике элементарных частиц и астрофизике (Большие Коты, Россия); 5-й Международной школе «Симметрия в интегрируемых системах и ядерная физика» (Цахкадзор, Армения); 11-м совещании «Современные проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц» (Петергоф, Россия); 8-й Международной студенческой летней школе «Ядерная физика — наука и приложения» (Брашов, Румыния); 7-й Международной школе по нейтринной физике им. Б. М. Понтекорво (Прага, Чехия); 18-й Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц (Москва, Россия); 2-м совещании CMS «Перспективы физики и CMS на HL-LHC» (Варна, Болгария); 12-м Международном семинаре «Проблемы коллайдеров и ускорителей заряженных частиц», посвященном памяти профессора В. П. Саранцева (Алушта, Россия); Европейской школе по физике высоких энергий-2017 (Эвора, Португалия); 3-м Международном симпозиуме «Проблемы в изучении сверхтяжелых ядер и атомов» (SHE-2017) (Казимеж-Дольны, Польша); международном научном форуме «Ядерная наука и техноло-

гии», посвященном 60-летию Института ядерной физики в Алма-Ате (Алма-Ата, Казахстан); 26-м Международном симпозиуме по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'17) (Будва (Бечичи), Черногория); Школе для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ в ЦЕРН (Женева, Швейцария); Днях NICA

в Варшаве (Варшава, Польша); Международном координационном совещании по быстрым и многозарядным ионам в материаловедении (Порт-Элизабет, ЮАР); совместном совещании KLFTP CAS – ЛТФ ОИЯИ по сильным взаимодействиям (Шэньчжэнь, Китай).

СПРАВКА О РАЗВИТИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И СВЯЗЕЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 2017 Г.

1.	Краткосрочные командировки в ОИЯИ специалистов стран-участниц (не считая российских специалистов)	1192
2.	Командировки в ОИЯИ специалистов из других стран, в том числе из стран ассоциированного участия	922 450
3.	Командировки специалистов ОИЯИ в страны-участницы (без командировок по России)	1261
4.	Командировки сотрудников ОИЯИ в другие страны, в том числе в страны ассоциированного участия	1824 549
5.	Конференции, школы, совещания, проведенные ОИЯИ	84
6.	Новые соглашения о сотрудничестве (меморандумы о намерениях), приложения к существующим	24

ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2017 Г.*

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	26-е заседание Объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ	Дубна	12 января	13
2.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	16–17 января	46
3.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	19–20 января	63
4.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	25–26 января	70
5.	Зимняя школа «Физика тяжелых ионов: от ЛНС к NICA»	Дубна	30 января – 4 февраля	38
6.	121-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	23–24 февраля	94
7.	Международный коллоквиум, посвященный присвоению названий новым элементам Периодической таблицы Д. И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118	Москва, Дубна	2–4 марта	150
8.	Юбилейные мероприятия, посвященные 10-летию ассоциированного членства Сербии в ОИЯИ	Белград	14–19 марта	40
9.	Совещание рабочей группы по финансовым вопросам ОИЯИ при председателе КПП	Дубна	23 марта	25
10.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	24–25 марта	79
11.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	27–28 марта	96

*Ряд конференций проведен совместно с другими организациями.

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
12.	Дни физики в Дубне-2017	Дубна	31 марта – 2 апреля	200
13.	Международное совещание «Моделирование столкновений тяжелых ионов при энергиях NICA»	Дубна	10–12 апреля	24
14.	Международный семинар «60-летие запуска синхрофазотрона, 110-летие со дня рождения В. И. Векслера»	Дубна	21 апреля	128
15.	Конференция, посвященная 25-летию участия ОИЯИ в эксперименте ATLAS	Будва (Бечичи), Черногория	24–29 апреля	49
16.	Рабочее совещание руководителей департаментов/агентств по науке и исследовательским инфраструктурам стран БРИКС	Дубна	15–16 мая	53
17.	Международная школа по ядерной физике «Дни ОИЯИ в Болгарии»	Боровец, Болгария	16–19 мая	51
18.	Торжественные мероприятия к 60-летию со дня основания Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	Дубна	17–19 мая	136
19.	Совещание международного экспертного комитета по проекту NICA	Дубна	22–23 мая	35
20.	25-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-25)	Дубна	23–26 мая	129
21.	Первый этап международной студенческой практики (для студентов ЮАР)	Дубна	28 мая – 17 июня	15
22.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	30 мая – 2 июня	51
23.	Летняя студенческая программа в ОИЯИ	Дубна	1 июня – 30 сентября	45
24.	25-я Международная конференция «Интегрируемые системы и квантовые симметрии» (ISQS-25)	Прага	6–10 июня	100
25.	6-я Школа-конференция молодых ученых и специалистов в Алуште (Алушта-2017)	Алушта, Крым	12–19 июня	63
26.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	14–15 июня	71
27.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	19–20 июня	61
28.	Совещание технического консультативного совета по проекту «Байкал–GVD»	Дубна	20–22 июня	25
29.	Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ	Дубна	25 июня – 1 июля	28
30.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	26–27 июня	40
31.	3-я Международная летняя школа и совещание по физике комплексных и магнитных мягких систем «Физико-механические и структурные формы»	Дубна	27 июня – 1 июля	89
32.	Второй этап международной студенческой практики (для студентов из стран-участниц ОИЯИ)	Дубна	2–22 июля	85
33.	Международная конференция «Математическое моделирование и вычислительная физика»	Дубна	3–7 июля	168
34.	3-я Летняя школа «Социокультурная морфология малого города: авторы, практики, институты (Дубна)»	Дубна	4–14 июля	40

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
35.	17-я Международная конференция «Методы симметрии в физике»	Ереван	9–15 июля	90
36.	Международное совещание «Решеточные и функциональные методы исследования фазовой структуры и транспортных свойств в квантовой хромодинамике»	Дубна	10–14 июля	25
37.	Гельмгольцевская международная летняя школа «Теория ядра и приложения в астрофизике»	Дубна	10–22 июля	70
38.	16-я Международная Байкальская школа по физике элементарных частиц и астрофизике	Большие Коты, Россия	13–20 июля	79
39.	Школа молодых ученых и специалистов в Дубне	Дубна (Липня)	14–16 июля	60
40.	Международная школа «Симметрия в интегрируемых системах и ядерной физике»	Цахкадзор, Армения	16–22 июля	65
41.	11-е совещание «Современные проблемы в ядерной физике и физике элементарных частиц»	Петергоф, Россия	23–28 июля	62
42.	11-е Международное совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы»	Дубна	24–29 июля	100
43.	8-я Международная студенческая летняя школа «Ядерная физика — наука и приложения»	Брашов, Румыния	26 июля – 4 августа	70
44.	Международное совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	Дубна	31 июля – 5 августа	101
45.	29-я Летняя международная компьютерная школа	Дубна	2–20 августа	90
46.	Международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы»	Дубна	6–12 августа	49
47.	7-я Международная школа по физике нейтрино им. Б. М. Понтекорво	Прага	20 августа – 1 сентября	102
48.	Гельмгольцевская международная летняя школа «КХД на решетке, структура адронов и адронная материя»	Дубна	20 августа – 2 сентября	63
49.	18-я Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц	Москва	24–30 августа	195
50.	2-е рабочее совещание CMS «Перспективы физики и CMS на HL-LHC»	Варна, Болгария	29 августа – 1 сентября	64
51.	12-й Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц, посвященный памяти В. П. Саранцева	Алушта, Крым	3–8 сентября	120
52.	4-й Российско-испанский конгресс «Физика частиц и атомного ядра, астрофизика и космология»	Дубна	4–8 сентября	61
53.	Европейская школа по физике высоких энергий (школа ЦЕРН–ОИЯИ)	Эвора, Португалия	6–19 сентября	130
54.	Третий этап международной студенческой практики (для Кубы и ассоциированных стран)	Дубна	10–30 сентября	53
55.	3-й Международный симпозиум по сверхтяжелым элементам «Проблемы в изучении сверхтяжелых ядер и атомов»	Казимеж-Дольны, Польша	10–14 сентября	90
56.	17-е совещание по физике спина при высоких энергиях (DSPIN-17)	Дубна	11–15 сентября	100
57.	Международный научный форум «Ядерная наука и технологии» (к 60-летию Института ядерной физики в Алма-Ате)	Алма-Ата, Казахстан	12–15 сентября	320
58.	122-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	18–19 сентября	103

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
59.	2-й Форум по сотрудничеству ОИЯИ с научными учреждениями и университетами Чешской Республики	Дубна	19–21 сентября	50
60.	7-й отчетный семинар национальной группы Украины в ОИЯИ	Дубна	19 сентября	21
61.	Международное научное совещание, посвященное 75-летию со дня рождения профессора Н. М. Шумейко (в рамках общепинститутского семинара «Физика на ЛНС»)	Дубна	20 сентября	28
62.	Дубненская научная молодежная школа «Управление инновациями»	Дубна	20–26 сентября	50
63.	Рабочее совещание по сотрудничеству в рамках Соглашения между ОИЯИ и ВМВФ	Дубна	21 сентября	6
64.	Международный семинар «Развитие нейтронных ядерных методов», посвященный 80-летию А. В. Стрелкова	Дубна	22 сентября	80
65.	26-й Международный симпозиум по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'17)	Будва (Бечичи), Черногория	25–29 сентября	142
66.	Международное совещание «Компактные звезды на фазовой диаграмме КХД VI»	Дубна	26–29 сентября	35
67.	21-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов (ОМУС-2017)	Дубна	2–6 октября	205
68.	5-е Международное совещание «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона»	Дубна	5–6 октября	67
69.	Международная конференция «Исследование конденсированных сред на реакторе ИБР-2»	Дубна	9–12 октября	143
70.	10-е заседание Группы старших должностных лиц глобальной сети исследовательских инфраструктур	Дубна	10–11 октября	68
71.	Международная конференция «Современные проблемы общей и космической радиобиологии»	Дубна	12–13 октября	85
72.	Совещание по производству строу-трубок для трекера эксперимента SHiP в ЦЕРН	Дубна	19–20 октября	16
73.	Научный семинар, посвященный 70-летию директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе	Дубна	24 октября	102
74.	Школа в ЦЕРН для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ	Женева, Швейцария	5–12 ноября	23
75.	Дни NISA в Варшаве-2017	Варшава	6–10 ноября	100
76.	Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок»	Дубна	7–11 ноября	57
77.	Международное координационное совещание по быстрым и многозарядным ионам в материаловедении	Порт-Элизабет, ЮАР	8–10 ноября	20
78.	Совещание рабочей группы по финансовым вопросам ОИЯИ при председателе КПП	Дубна	20 ноября	25
79.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	21–22 ноября	76
80.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	24–25 ноября	95
81.	Совместное совещание SKLTP АН КНР и ЛТФ ОИЯИ по физике сильновзаимодействующих систем	Шэньчжэнь, Китай	26 ноября – 1 декабря	84

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
82.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	28 ноября – 1 декабря	50
83.	Торжественное собрание, посвященное 60-летию Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка	Дубна	29 ноября	420
84.	Расширенное совещание Совета РАН по физике тяжелых ионов	Дубна	1 декабря	60

Проводились также заседания Научно-технического совета ОИЯИ, сессия Объединенного координационного комитета Министерства образования, науки и технологий Республики Сербии и ОИЯИ (в режиме видеоконференции); проводились стажировки для специалистов из стран-участниц ОИЯИ и других стран. Кроме того, ОИЯИ содействовал организации и проведению 24-й Меж-

дународной конференции «Математика. Компьютеры. Образование», 4-й Международной конференции «Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии», симпозиума «Молекулярное моделирование в материаловедении и бионауках» и некоторых других мероприятий, состоявшихся в 2017 г.

**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, 26 марта.
Торжественный вечер,
посвященный празднованию
Дня образования ОИЯИ



Дубна, 21–22 ноября. Президиум Финансового комитета ОИЯИ

Дубна, 27–28 марта. Сессия КПП ОИЯИ.

С приветственным словом выступает посол Европейского союза в Российской Федерации В. Ушацкас





Дубна, 18–19 сентября.
122-я сессия Ученого
совета ОИЯИ



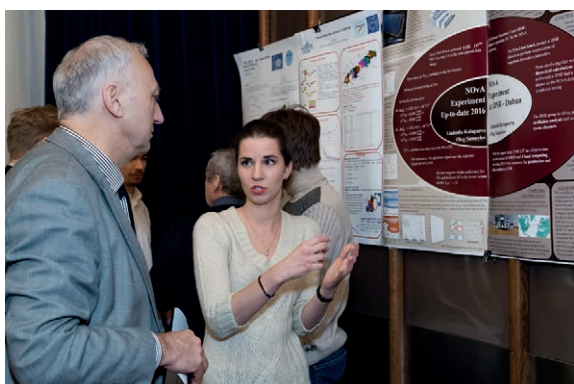


Дубна, 25–26 января. Участники 45-й сессии Программно-консультативного комитета по ядерной физике на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина



Дубна, 19–20 января. 45-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред. Награждение автора лучшего стендового сообщения предыдущей сессии ПКК Е. И. Жабицкой

Дубна, 16–17 января. 46-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц





Дубна, 12 января. Участники 27-го заседания объединенного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–IN2P3

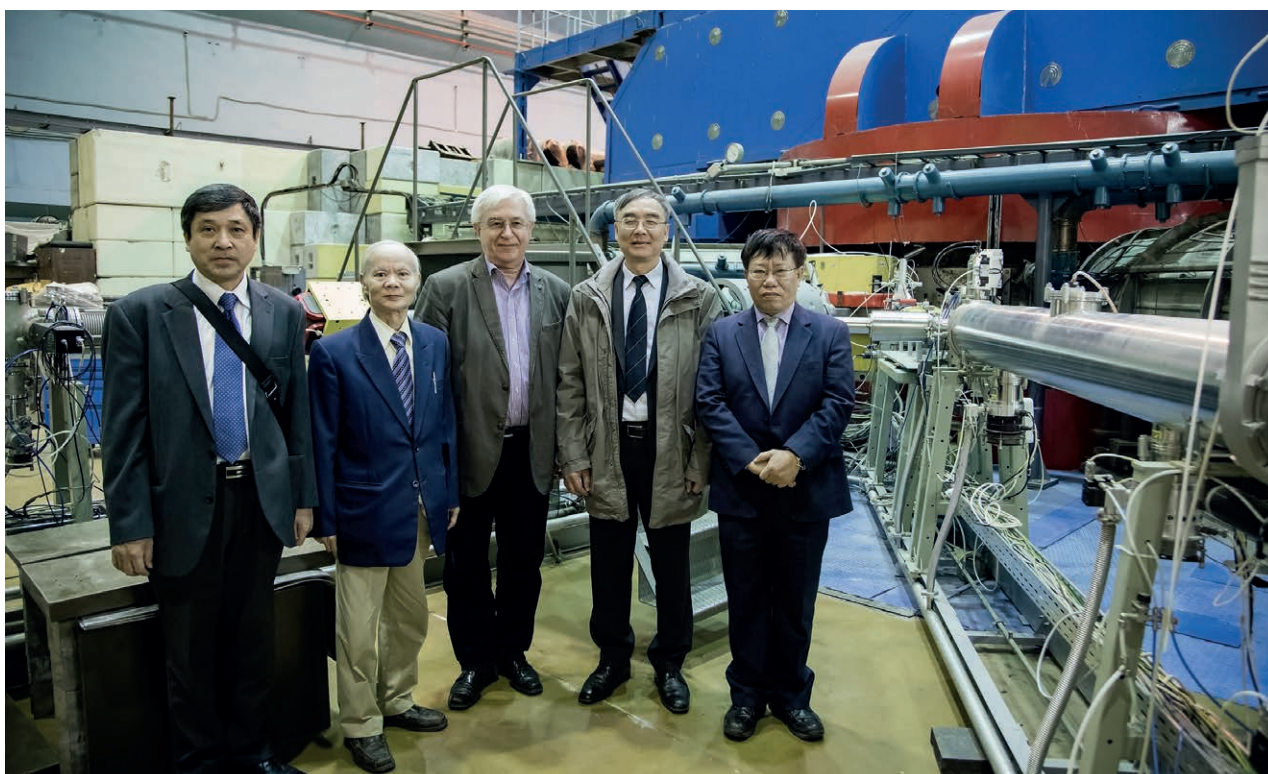
Дубна, 7 февраля. Визит в ОИЯИ делегации
Объединения немецких научно-исследовательских центров им. Г. Гельмгольца





Дубна, 28 марта. Подписание договора о создании кафедры ядерно-физического материаловедения в Казанском федеральном университете

Дубна, 20 марта. Визит в ОИЯИ делегации
Вьетнамской академии наук и технологий во главе с вице-президентом ВАНТ Нгуен Динь Конгом





Москва, 12 апреля. Подписание Соглашения о сотрудничестве ОИЯИ–INFN

Дубна, 27 апреля. Визит в ОИЯИ министра экономики Словацкой Республики П. Жиги, министра образования, науки, исследований и спорта П. Плавчана с сопровождающими лицами





Белград (Сербия), 14–19 марта. Участники объединенного координационного комитета Сербия–ОИЯИ

Комплекс «Боровец» (Болгария), 16–19 мая.

Участники 10-й Международной школы по ядерной физике «Дни ОИЯИ в Болгарии»





Дубна, 20 сентября. Подписание Соглашения о сотрудничестве в области научных исследований и подготовки кадров между ОИЯИ и Томским государственным университетом по итогам визита в ОИЯИ делегации во главе с ректором ТГУ Э. В. Галажинским

Дубна, 28 июля.
Визит в ОИЯИ министра здравоохранения РФ В. И. Скворцовой с сопровождающими лицами. Посещение Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина

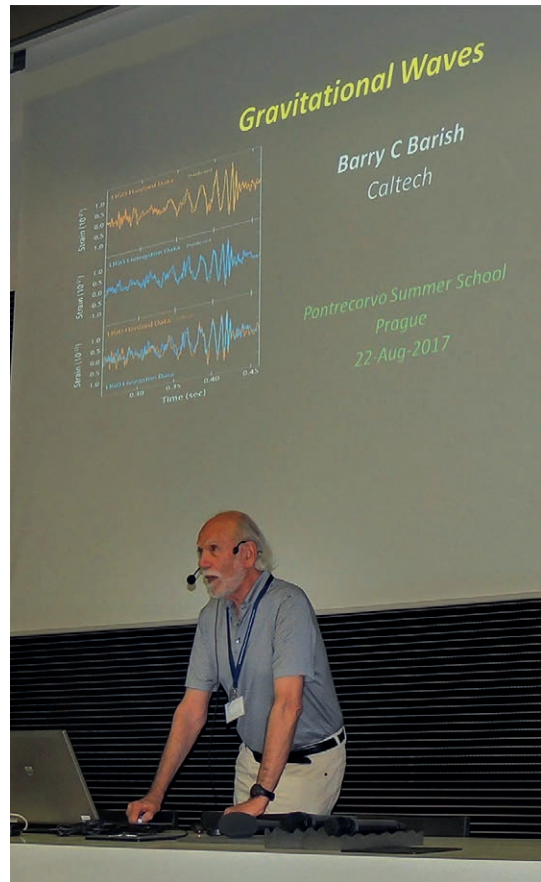




Дубна, 9 августа. Визит в ОИЯИ делегации посольства Республики Армения в РФ во главе с чрезвычайным и полномочным послом В. Тоганяном

Москва, 31 октября. Церемония вручения национальных наград в посольстве Франции.
На снимке слева направо: директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, награжденный орденом «За заслуги»,
посол Франции в Москве С. Берманн и постоянный секретарь Академии наук Франции профессор К. Брешиньяк





Прага (Чехия), 20 августа – 1 сентября. Участники 7-й Международной школы по нейтринной физике им. Б. М. Понтекорво в Чешской национальной технической библиотеке. На снимке справа: Б. Бариш (США) выступает с лекцией об открытии гравитационных волн

Эвора (Португалия), 6–19 сентября. Участники Европейской школы по физике высоких энергий ESHEP-2017, организуемой совместно ЦЕРН и ОИЯИ





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 19–21 сентября. Участники форума по развитию сотрудничества между ОИЯИ и научными институтами Чехии на экскурсии в лаборатории

Дубна, 10–11 октября. Участники 2-го этапа 10-го заседания Группы старших должностных лиц глобальной сети исследовательских инфраструктур



2017

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММЫ ОИЯИ**





ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2017 г. в лаборатории проводились исследования по четырем темам: «Теория фундаментальных взаимодействий», «Теория структуры ядра и ядерных реакций», «Теория конденсированных сред», «Современная математическая физика: струны и гравитация, суперсимметрия, интегрируемость». Важной составляющей в деятельности лаборатории является теоретическая поддержка экспериментальных исследований в ОИЯИ и в других научных центрах с участием ОИЯИ. По результатам проведенных исследований опубликовано около 600 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций. Ряд исследований был выполнен в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ, Бразилии, Германии, Египта, Индии, Италии, Китая, Франции, Южной Африки и других стран. Лаборатория стала площадкой для проведения международных конференций, семинаров, школ для молодых ученых в различных областях теоретической физики. В 2017 г. более 900 ученых приняли участие в 18 международных конференциях, совещаниях и школах, организованных ЛТФ в Дубне и в странах-участницах ОИЯИ. Международное сотрудничество ЛТФ было поддержано грантами полномочных представителей правительств Болгарии, Чехии, Польши, Словакии, Венгрии, Румынии, а также дирекции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками ряда стран проходило при поддержке

специальных программ: «Гейзенберг–Ландау» (Германия), «Сморodinский–Тер-Мартirosян» (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). Продолжается активное сотрудничество с теоретиками ЦЕРН, Азиатско-Тихоокеанским центром теоретической физики (Республика Корея), Институтом теоретической физики АН КНР. 17 исследовательских проектов и 5 конференций были поддержаны грантами РФФИ, 2 исследовательских проекта — грантами РНФ. Особое внимание уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа теоретической физики» (DIAS-TH). Более 150 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: Вьетнама, Индии, Мексики, Таджикистана и Японии.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теория элементарных частиц

В 2017 г. работа проводилась в рамках следующих проектов:

- Стандартная модель и ее расширение;
- партонные распределения в КХД для современных и будущих ускорителей;

- физика тяжелых и экзотических адронов;
- адронная материя в экстремальных условиях.

Выполнен расчет лидирующих четырехпетлевых поправок в β -функцию сильной константы связи. Исходя из требования поперечности собственной энергии фонового глюонного поля зафиксирован произ-

вол, связанный с трактовкой матрицы гамма 5 в размерной регуляризации. Получены предварительные результаты для аналогичных вкладов в β -функции юкавского взаимодействия топ-кварка и самодействия хиггсовского поля. Известный в КХД подход к учету «пороговых» эффектов для константы сильной связи и бегущей массы b -кварка обобщен на случай двухпетлевых электрослабых поправок. продемонстрировано, что поведение ряда теории возмущений для бегущей юкавской константы b -кварка в Стандартной модели (СМ) в данном подходе значительно улучшается по сравнению с обычно используемыми выражениями. На основе найденных ранее β -функций выполнен анализ стабильности вакуума в СМ [1, 2].

Разработан метод, позволяющий учесть все эффекты, обусловленные продолжением результатов пертурбативной КХД из пространственноподобной во времениподобную область в произвольном петлевом приближении. С помощью разработанного метода вычислено R -отношение электрон-позитронной аннигиляции в адроны до пятипетлевого уровня и исследованы его свойства. В частности показано, что петлевая сходимости полученного выражения для R -отношения лучше, чем у его широко используемой аппроксимации, и что отсутствующие в последней π^2 -вклады высших порядков могут производить значимый эффект [3].

Рассмотрено описание формфакторов локальных операторов и операторов вильсоновских линий (реджеонные амплитуды) в максимально суперсимметричной теории Янга–Миллса в рамках четырехмерной теории амбитвисторных струн. Получены явные выражения для соответствующих струнных вертексных операторов. Показано что древесные струнные корреляционные функции правильно воспроизводят существующие результаты. Предложена новая эффективная процедура склейки для вычисления различных формфакторов на основе известных выражений для амплитуд рассеяния на массовой поверхности [4].

Изучены продольная, поперечная и нормальная компоненты поляризации τ -лептона в распадах $\bar{B}^0 \rightarrow D^{(0)}\tau^-\bar{\nu}_\tau$ и продемонстрирована их роль при поиске эффектов новой физики за пределами Стандартной модели. Показано, что нормальная компонента поляризации, которая пренебрежимо мала в СМ, может принимать большие значения в допустимых интервалах значений новых коэффициентов Вильсона [5].

Дана интерпретация нового бариона с двойным чармом, открытого коллаборацией LHCb, как резонанса, появляющегося в цепочке каскадных распадов $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Sigma_c^{++} (\rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+) + \bar{K}^{*0} (\rightarrow K^- \pi^+)$. В рамках ковариантной модели кварков вычислены амплитуды спиральности, необходимые для описания динамики перехода $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Sigma_c^{++}$, индуцированного эффективным током $c \rightarrow u$. Получено следующее зна-

чение брэнчинга распада: $\text{Br}(\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Sigma_c^{++} \bar{K}^{*0}) = 10,5\%$ [6].

Вычислены уточненные значения энергий фундаментальных переходов в ионах молекулярного водорода, которые позволяют со значимой точностью определять такие фундаментальные константы, как константа Ридберга, радиус протона и отношение массы протона к массе электрона [7].

Пересмотрен так называемый λ -механизм (W_L – W_R -обмен) двойного безнейтринного бета-распада ($0\nu\beta\beta$), возникающего в лево-право-симметричной модели с правополяризованным калибровочным бозоном на ТэВ-ном масштабе. Доказана возможность различить обычную (легкую) массу нейтрино и λ -механизм в наблюдениях $0\nu\beta\beta$ -распада некоторых ядер. Делая некоторые существенные предположения о типе качельного (see-saw) механизма смешивания легких и тяжелых нейтрино с величиной дираковской массы m_D в интервале 1 МэВ–1 ГэВ, можно сделать вывод о том, что механизм с обычной легкой массой дает доминирующий вклад в скорость $0\nu\beta\beta$ -распада [8].

Предложена гипотеза, следующая из квантово-полевого подхода к проблеме нейтринных флейворных переходов, согласно которой так называемая реакторная антинейтринная аномалия может быть следствием нарушения закона обратных квадратов на относительно малых расстояниях между реактором и детектором. Современные экспериментальные данные (включая новые результаты экспериментов NEUTRINO-4 и DANSS) не противоречат этой гипотезе, но их точности пока недостаточно для ее надежного подтверждения или опровержения [9].

Предложен феноменологический метод расчета дифференциальных ССQE-сечений взаимодействия, основанный на использовании так называемой бегущей (зависящей от энергии) аксиальной массы нуклона, в рамках стандартной ядерной модели релятивистского ферми-газа. Программная реализация метода на языке C++ включена в генератор Монте-Карло GENIE версии 2.11.0 и выше. Результаты востребованы в экспериментах по изучению нейтринных осцилляций с ускорительными и атмосферными нейтрино [10].

Найдена зависимость энергетической щели от плотности и уравнение состояния сверхтекучей нейтронной материи в модели нуклон-нуклонного взаимодействия с s -канальным обменом примитивами Джаффе–Лоу (6-кварковые состояния) [11].

В связи с новыми данными от COMPASS предложены новые одиночные спиновые асимметрии, которые напрямую могут обнаружить наличие глюонных полюсов, связанных с высшими твистами и кирально-нечетными и T -неинвариантными функциями. Показана фундаментальная дуальность между различными факторизационными режимами [12].

В рамках КХД предсказаны значения азимутальных асимметрий $\cos 2\varphi$ в лепторождении с чармом

для кинематики эксперимента COMPASS. Предсказанные асимметрии являются достаточно большими (в районе 15%). Показана роль непертурбативных вкладов в данные асимметрии, связанных с поперечным движением глюонов в мишени и фрагментацией c -кварка [13].

Разработана общая теория частиц со спином и электрическими и магнитными дипольными моментами, движущихся в произвольных электромагнитных, инерционных и гравитационных полях. Проведено сравнение полученных результатов с результатами общего классического описания частицы со спином, взаимодействующей с электромагнитными, инерционными и гравитационными полями. Полное соответствие квантовой механики и классической теории доказано в общем случае. Рассмотрена частица со спином $1/2$ в постоянном магнитном поле, возмущаемая циркулярно-поляризованной гравитационной волной. В отличие от предшествующего исследования предложено анализировать компоненты спина, ортогональные начальной спиновой поляризации, и использовать магнитное поле, ортогональное направлению распространения волны [14].

С использованием соответствующих классов моделей с обрезанием импульсов (ТММ) построено обобщенное правило сумм Бьеркена, которое позволяет определить значение правила сумм Бьеркена (BSR) из экспериментальных данных в ограниченной кинематической области x . Этот анализ применен к данным COMPASS для спиновой функции структуры g_1 [15].

Исследована структура завихренности и гидродинамической спиральности в периферических столкновениях тяжелых ионов с использованием кинетической модели кварк-глюонных струн. Обнаружено образование специфических тороидальных структур — релятивистских вихревых слоев. Их существование (в сочетании с механизмом спин-орбитального взаимодействия за счет аксиальной аномалии) проявляется в поляризации гиперонов на уровне нескольких процентов. Свойства поляризации, ее убывание с возрастанием энергии и зарядовая независимость, как было недавно подтверждено экспериментально, следуют нашим предсказаниям. На языке мезонных степеней свободы поляризация может быть связана с квантованными вихрями в сверхтекучей пионной жидкости [16, 17].

В рамках квазипотенциального метода в квантовой электродинамике выполнен расчет вклада псевдоскалярных мезонов в потенциал взаимодействия мюона и протона в атоме мюонного водорода. Использована параметризация формфактора перехода двух фотонов в π - и аксиально-векторные мезоны, основанная на экспериментальных данных по переходным формфакторам и КХД-асимптотикам. Представлены численные оценки вкладов в сверхтон-

кую структуру спектра S - и P -уровней. Найденные вклады важны для решения актуальной проблемы определения зарядового радиуса протона [18, 19].

Исследовано пространство параметров эффективных киральных моделей сильных взаимодействий, удовлетворяющих существующим ограничениям и дающих большие массы нейтронных звезд-близнецов. Применена 4-политропная схема. Кроме того, в связи с недавним наблюдением гравитационных волн от слияния нейтронных звезд показано, что исследование таких процессов с измерением масс и радиусов даст возможность прояснить природу фазовых переходов между адронной и кварковой материями и собственно существование этих переходов в компактных звездах [20].

Предсказана специфическая угловая анизотропия разлета лептонных пар, которые образуются на границе кварк-глюонной плазмы в результате взаимодействия кварков с коллективным цветным полем, обеспечивающим их удержание. Проведена оценка интенсивности рождения таких пар и вычислен их спектр по инвариантной массе [21].

Фазовый переход деконфайнмента в решеточной $SU(2)$ -хромодинамике при ненулевой барионной плотности и нулевой температуре изучен с шагом решетки $a = 0,044$ фм. Такой маленький шаг решетки позволил исследовать режим очень большой барионной плотности (до значений химического потенциала кварков 2000 МэВ) без сильных решеточных артефактов. Впервые обнаружен фазовый переход деконфайнмента при значении химического потенциала около 1000 МэВ. В режиме деконфайнмента струнная константа для пространственной петли Вильсона монотонно убывает с ростом химического потенциала, стремясь к нулю при его значениях больше 2000 МэВ. Эти наблюдения указывают на то, что картина фазового перехода деконфайнмента при нулевой температуре и большой барионной плотности отличается от перехода при ненулевой температуре. Очень плотная и холодная барионная материя ведет себя как слабозадействующий газ кварков и глюонов без магнитной экранировки в системе, что резко отличается от сильновзаимодействующей горячей кварк-глюонной плазмы при нулевом химическом потенциале [22].

Методами релятивистской магнитогидродинамики (RHMD) изучены эффекты влияния сильного магнитного поля на эволюцию плазмы и на результирующий поток флуктуаций в пределе идеальной RHMD-плазмы. Результаты показывают, что магнитное поле ведет к усилению эллиптического потока при малых значениях импакт-параметра и подавляет его при больших значениях импакт-параметра. Показано, что магнитное поле может на некоторое время возрасть в ограниченных пространственных областях, и флуктуации плотности энергии эволюционирующей плазмы ведут к изменению магнитного потока. Рассмотрен случай формирования сложных

конфигураций магнитного поля при столкновении деформированных ядер. Показано, что в этом случае может формироваться аномальный эллиптический поток [23].

Теория структуры ядра и ядерных реакций

В 2017 г. исследования велись в рамках четырех проектов:

- свойства ядер у границы стабильности;
- низкоэнергетическая динамика и свойства ядерных систем;
- квантовые системы нескольких частиц;
- ядерные процессы при релятивистских энергиях и экстремальные состояния вещества.

С использованием эффективного взаимодействия Скирма SLy5 изучалось влияние фонон-фононного взаимодействия на распределение $E1$ -силы пигми-резонанса в четно-четных изотопах $^{40-58}\text{Ca}$. Для ядер $^{40-48}\text{Ca}$ показана определяющая роль двухфононной компоненты волновой функции в распределении силы $E1$ -переходов в низкоэнергетической области (< 10 МэВ). Предсказано резкое увеличение (в 9 раз) суммарной силы низкоэнергетических $E1$ -переходов при переходе от ^{48}Ca к ^{50}Ca . Данный эффект обусловлен интерференцией между протонными и нейтронными двухквaziчастичными состояниями. Дипольная поляризуемость для цепочки изотопов $^{40-58}\text{Ca}$ растет с увеличением как нейтронного избытка, так и нейтронной шубы. В то же время фонон-фононное взаимодействие оказывает слабое влияние на дипольную поляризуемость [24, 25].

Изучались сечения поглощения ν_e и $\bar{\nu}_e$ нагретыми ядрами ^{56}Fe и ^{82}Ge . Эти реакции играют важную роль при изучении механизма образования сверхновых. С использованием теплового квазичастичного приближения случайной фазы и различных параметризаций сил Скирма были получены распределения сил зарядово-обменных переходов Гамова-Теллера (ГТ), которые дают основной вклад в сечение реакции. Показано, что рост температуры приводит к сдвигу ГТ-силы в область более низких, в том числе отрицательных, энергий. Сдвиг ГТ-силы приводит к росту сечения реакции при увеличении температуры, при этом выбор параметризации сил Скирма лишь незначительно влияет на результаты расчетов. Наши расчеты предсказывают более значительный рост сечения реакции, чем расчеты в рамках модели оболочек. Данное расхождение обусловлено большим вкладом ГТ-переходов с возбужденных состояний ядра в используемом подходе [26].

Квaziчастичное приближение случайной фазы с силами Скирма SLy6 применялось для изучения влияния деформации и частично-частичного pp -взаимодействия на возбуждения с $K^\pi \neq 0^+$. Частично-частичное взаимодействие использовалось как при учете спаривания, так и при учете остаточного взаимодействия. На примере $^{152,154,156}\text{Sm}$ было показано, что при изучении возбуждений с

$K^\pi \neq 0^+$ влияние остаточного pp -взаимодействия незначительно. Однако вид спаривательного взаимодействия (объемное или поверхностное) существенно влияет на свойства низколежащего коллективного тороидального дипольного резонанса. Показано, что для дипольных возбуждений с $E > 10$ МэВ ветвь $K = 1$ лежит выше ветви с $K = 0$, в то время как для тороидального и пигми дипольных резонансов вклад $K = 1$ ветви доминирует при $E < 10$ МэВ. Данное свойство может быть использовано для экспериментального обнаружения тороидальной моды дипольного резонанса [27].

Исследована структура выражения для кинетической энергии в коллективном гамильтониане ядра. Показано, что слагаемые высокого порядка по коллективному импульсу в выражении для кинетической энергии дают заметный вклад как в энергии возбуждения, так и в матричные элементы $E2$ -переходов [28].

Впервые предсказаны функции возбуждения для получения новых тяжелых изотопов сверхтяжелых ядер с зарядовыми числами 111–117 в pxn - и αxn -испарительных каналах реакций горячего синтеза с пучками ^{48}Ca [29].

Рассмотрены сечения образования нескольких изотопов Hs и их свойства. Предсказаны оптимальные реакции для получения $^{268-271}\text{Hs}$. Возможные цепочки альфа-распада, включающие эти изотопы, проанализированы и сравнены с имеющимися экспериментальными данными. Предсказаны новые изомерные состояния в ядрах этих цепочек альфа-распада. Обсуждена роль альфа-распада в идентификации этих изомерных состояний [30].

Предложен общий подход к описанию спредовых ширин монополюльных, дипольных и квадрупольных гигантских резонансов в тяжелых и сверхтяжелых сферических ядрах. Подход основан на идеях теории распределений случайных матриц по связи между однофононными и двухфононными состояниями, полученных в рамках приближения случайных фаз. Взаимодействие Скирма SLy4 используется для создания одночастичного спектра и анализа возбужденных состояний в дважды магических ядрах ^{132}Sn , ^{208}Pb и $^{310}126$. Этот подход позволяет описывать гросс-структуру спредовых ширин рассматриваемых гигантских резонансов [31].

Вычислены скорости распада двух взаимодействующих ультрахолодных атомов в одномерной ангармонической ловушке. Рассмотрены основное и возбужденные состояния по относительному движению и движению центра масс и обнаружено монотонное и немонотонное поведение скорости распада в зависимости от константы межатомной связи. Обнаружено также то, что единственным механизмом туннелирования в рассматриваемой задаче является последовательный распад. Еще одна интересная особенность распада из возбужденного состояния —

распад в две стадии, в ходе которых происходит заселение атомов различных квантовых состояний [32].

Проведено исследование проявлений эффекта Ефимова в ультрахолодных трехатомных системах, образованных разнородными атомами — гелия ^4He и изотопов лития ^6Li или ^7Li . Проведены расчеты энергии связи молекул $^6\text{LiHe}_2$ и $^7\text{LiHe}_2$, и впервые вычислена длина рассеяния в столкновениях атома гелия с димером $^4\text{He}^7\text{Li}$. Показано, что возбужденные состояния обеих систем имеют ефимовскую природу. Результаты получены с помощью дифференциальных уравнений Фаддеева в модели твердого кора [33].

Исследованы анизотропные особенности «двумерного» атома водорода в магнитном поле. Вычислены энергия основного состояния «двумерного» атома водорода и соответствующая волновая функция в приближении Борна–Оппенгеймера и с учетом конечной массы протона. Обнаружена нелинейная зависимость энергии основного состояния от угла α между направлением вектора индукции магнитного поля и нормалью к плоскости движения электрона в широком диапазоне величин магнитного поля. С увеличением угла α до 90° наблюдается эффект значительного (до 1,9 раза) уменьшения энергии основного состояния «двумерного» атома водорода. Получено согласие с экспериментальными данными, и определены зависимости энергии основного состояния «двумерного» экситона в $\text{GaAs}/\text{Al}_{0,33}\text{Ga}_{0,67}\text{As}$ от величин углов наклона и магнитных полей, применяемых в реальных экспериментальных установках при исследовании свойств экситонов [34].

С использованием уравнения Фаддеева в формализме Бете–Солпитера исследована связанная система трех нуклонов. Для ядра нуклон-нуклонного взаимодействия используется сепарабельная форма с рангом l и больше. Формализм был расширен для парциальных двухнуклонных состояний с орбитальным угловым моментом больше нуля ($L > 0$). Изучены вклады $1S0$, $3S1$ – $3D1$ парциальных волн. Система интегральных уравнений решалась с помощью метода квадратур Гаусса. Были получены энергия связи тритона и амплитуды соответствующих состояний [35].

Представлена энергетическая зависимость параметров статистики Цаллиса для заряженных пионов, создаваемых при энергии пучка от 6,3 ГэВ до 7 ТэВ. Обнаружено, что отклонения от статистики Больцмана монотонно растут с увеличением энергии пучка. Энергетическая зависимость параметров T и q отрицательно заряженных пионов в области энергий $6,3 < \sqrt{s} < 7000$ ГэВ показывает, что отклонение распределения по поперечному импульсу от экспоненты становится все более выраженным при увеличении энергии пучка. Параметр q увеличивается с ростом энергии пучка, а температура T медленно уменьшается [36].

Проведены исследования механизмов рождения векторных мезонов с открытой странностью (K^*) и открытым очарованием (D^*) в pp -реакциях в модифицированной модели кварк-глюонной струны. Найдено, что распадные распределения и элементы матрицы плотности чувствительны к механизмам рождения и могут использоваться для расщепления векторной и псевдоскалярной траекторий обменных моделей. Предложенные предсказания могут быть протестированы на нынешних или планируемых экспериментальных установках [37].

Исследованы полуконформные глубоконеупругие процессы рассеяния электронов на поперечно-поляризованном ^3He , т.е. процессы $e + ^3\text{He} \rightarrow e' + h + X$, с детектированием рассеянного электрона и одного быстрого адрона. Анализ проводится вне импульсного приближения с учетом взаимодействия в конечном состоянии образованного адрона с оставшимися $A-1$ нуклонами. С этой целью вводится понятие искаженной спектральной функции. Искажение происходит за счет взаимодействия в конечном состоянии, которое учитывается в рамках обобщенного эйконального приближения. Полученные результаты имеют непосредственное отношение к существующим измерениям на ускорителе в JLab и к экспериментам на планируемых электрон-ионных коллайдерах [38].

Теория конденсированных сред

Исследования по теме «Теория конденсированных сред» в 2017 г. продолжались в рамках следующих проектов:

- комплексные материалы и наноструктуры;
- современные проблемы статистической физики.

Показано, что любой поверхностный фрактал можно составить из итераций массового фрактала той же размерности. Продемонстрировано, что малоугловое рассеяние на поверхностном фрактале можно объяснить степенным распределением размеров объектов, составляющих поверхностный фрактал (внутренняя полидисперсность), при условии, что расстояние между этими объектами много больше, чем их размеры для каждой итерации массового фрактала. Представленный анализ позволяет извлечь дополнительную информацию из данных малоуглового рассеяния для разреженных агрегатов поверхностных фракталов с одним масштабным фактором, такую как номер фрактальной итерации и масштабный фактор [39].

Предсказаны новые общие свойства фракталов. Из представления поверхностного фрактала как суммы массовых фракталов следует, что амплитуда рассеяния поверхностного фрактала может быть вычислена как сумма амплитуд массовых фракталов. Разработан эффективный метод учета корреляций этих амплитуд [40].

Разработана теория спиновых возбуждений в антиферромагнитной модели Гейзенберга на гексагональной решетке. Предложена теория спиновых возбуждений и высокотемпературной сверхпроводимости в купратах в рамках расширенной модели Хаббарда в пределе сильных корреляций. Вычислены спектр спиновых возбуждений, намагниченность, восприимчивость и температура Нееля для квазидвумерной COMPASS–Гейзенберг-модели, предложенной для описания иридатов, в модели Китаева–Гейзенберга на гексагональной решетке [41].

Рассмотрены особенности определения критической температуры фазового перехода в бозе-эйнштейновском конденсате, включая однородный бозе-газ, бозе-атомы в ловушках и бозоны в оптических решетках. Для вычисления критической температуры предложен метод автомодельных приближений. Метод дает результаты, которые находятся в полном согласии с результатами вычислений по методу Монте-Карло [42].

Одномерная стохастическая модель автомобильного трафика на сегменте однополосной дороги конечной длины L исследована с использованием стохастической динамики в дискретном времени, которая является предельным случаем $\hat{p} = p$ обобщенного полностью асимметричного процесса с простым исключением с двумя вероятностями перескока p и \hat{p} [43, 44].

Изучена роторная версия модели внутренней агрегации, обусловленной диффузией, которая была предложена Проппом. Существующие до сих пор оценки флуктуаций границы агрегационного кластера дают рост, не превосходящий $O(\log r)$, где r — радиус кластера. Рассмотрена данная модель на полубесконечном цилиндре, и доказано, что граничные флуктуации не превосходят единицы при любом радиусе цилиндра [45].

Предложен новый способ построения $6j$ -символов, или коэффициентов Рака, для тензорных произведений бесконечномерных унитарных представлений основной серии группы $SL(2, C)$ с помощью фейнмановских диаграмм. Эти символы были найдены ранее другим способом Исмагиловым, но его ответ отличается от полученного знаками параметров представления и является менее общим, так как в нем подразумевается, что все дискретные параметры представлений четны. Полученные $6j$ -символы выражаются либо как трехкратные интегралы по комплексной плоскости, либо как двусторонняя бесконечная сумма интегралов типа Меллина–Барнса [46].

Предложен новый эвристический способ вычисления энергии Казимира, определяющей ведущую асимптотику статистической суммы в низкотемпературном режиме в четырехмерных суперсимметричных теориях поля на многообразии Хопфа. Он основан на законе $SL(3, Z)$ -модулярных преобразований для суперконформных индексов соответствующих теорий, выражающихся через эллиптические ги-

пергеометрические интегралы. Этот рецепт проверен на нескольких случаях, для которых ранее были получены ответы альтернативным способом [47].

Рассмотрена $SU(2)$ теория Янга–Миллса на пространствах де Ситтера dS_4 и анти-де Ситтера AdS_4 , и построены решения уравнений Янга–Миллса. Найдены как абелевые, так и неабелевые решения, имеющие конечную энергию и конечное действие. На обоих пространствах найдена возможная нижняя граница для действия. Для евклидовых версий пространств dS_4 и AdS_4 выписаны автодуальные решения уравнений Янга–Миллса (инстантоны) [48, 49].

Впервые в рамках микроскопической модели получено объяснение экспериментальных данных по реконструкции поверхности Ферми в допированных купратах. В ряде недавних экспериментов в высокотемпературных сверхпроводниках наблюдалась трансформация поверхности Ферми в маленькие «карманы» в слабо допированной области. Показано, что необычное поведение поверхности Ферми в высокотемпературно-сверхпроводящих купратах может быть объяснено в рамках микроскопической $t-J$ -модели. Оно вызвано сильными электронными корреляциями, приводящими к возникновению волн зарядовой плотности [50].

Исследован джозефсоновский переход с прямой связью сверхпроводящего тока и магнитного момента. Продемонстрирован переворот магнитного момента импульсом сверхпроводящего тока. Предложены различные протоколы переворота, основанные на изменении параметров перехода и импульса тока [51].

Современная математическая физика: струны и гравитация, суперсимметрия, интегрируемость

Исследования по теме были сосредоточены на следующих направлениях:

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

В рамках исследования $N = 4$ суперсимметричных n -мерных механик найдено обобщение уравнения Виттена–Дайкграафа–Верлинде–Верлинде (WDVV) на случай искривленных пространств. Построено семейство его решений на изотропных пространствах, являющихся модификациями решений обычного WDVV. Также найден ряд допустимых потенциалов механик на изотропных пространствах. Показано, что при обобщении потенциалов Калоджеро и стандартных конформных механик на случай n -мерных сфер возникает добавочный потенциал осциллятора Хиггса [52].

Предложен и реализован метод расчета физических эффектов в космологии, вызванных движением безмассовых космических струн. Изучены эффекты возмущения скоростей пробных тел и частоты квантов реликтового фона. Эти эффекты аналогичны тем,

которые вызываются массивными струнами (wake effect и эффект Кайзера–Стеббинса). Эффекты безмассовых струн существенно отличаются от эффектов массивных струн в пределе сверхвысоких энергий [53].

С использованием подхода $N = 4$, 1D гармонического суперпространства построен новый тип $N = 4$ суперсимметричной механики, включающей в качестве бозонного ядра $4n$ -мерные кватернион-кэлеровы (КК) 1D сигма-модели. Основными элементами конструкции являются локальная $N = 4$, 1D суперсимметрия, реализованная в 1D гармоническом суперпространстве, общая $N = 4$, 1D суперполевая тетрада и набор из $2(n + 1)$ аналитических суперполей материи, представляющих $(n + 1)$ супермультиплет $(4, 4, 0)$ вне массовой оболочки. Представлены суперполевые и компонентные действия для простейших КК-моделей с пространствами отображения $H^n = \text{Sp}(1, n)/[\text{Sp}(1) \times \text{Sp}(n)]$ и $P^n = \text{Sp}(1 + n)/[\text{Sp}(1) \times \text{Sp}(n)]$. Для общего случая представлено суперполевое действие и нелинейные связи на $(4, 4, 0)$ суперполя материи. Обсуждаются дальнейшие обобщения [54].

Изучается однопетлевое эффективное действие для 6D, $N = (1, 0)$ суперсимметричной теории Янга–Миллса с гипермультиплетом и 6D, $N = (1, 1)$ теория как подкласс первой с использованием формулировки этих теорий вне массовой поверхности в 6D, $N = (1, 0)$ гармоническом суперпространстве. Развита соответствующая супердиаграммная техника и применена для вычисления однопетлевых расходимостей в методе фоновых полей, обеспечивающем явную калибровочную инвариантность. Вычислены двухточечные функции Грина калибровочного суперполя и гипермультиплета, а также трехточечная функция Грина калибровочного суперполя и гипермультиплета. С использованием этих функций Грина и калибровочной инвариантности теории найден полный набор однопетлевых расходящихся членов вне массовой поверхности, включая логарифмические и степенные. Полученные результаты согласуются с вычислениями в рамках суперполевого метода собственного времени [55].

Построены новые решения модели Фаддеева–Скирма с нарушающим симметрию потенциалом, задающим вакуум на окружности. Как предельные случаи модель включает обычную теорию с массовым членом, нарушающим симметрию до $SO(3)$, и потенциал Гейзенберга, задающий массу одной из компонент скалярного поля. Обнаружено, что пространственное распределение плотности энергии решений имеет более сложную структуру, чем обычные хопфионные конфигурации, оно характеризуется двумя различными переплетенными кольцевыми структурами различной толщины и позиции. В целях классификации этих решений введена новая номенклатура обозначений, обобщающая понятие позиционной кривой. В секторах с топологическими

зарядами $Q = 5, 6, 7$ обнаружены решения нового типа, представляющие собой переплетенные узловые структуры [56].

Предложено обобщение уравнения Виттена–Дайкграфа–Верлинде–Верлинде (ВДВВ) для n -мерного евклидова пространства на случай произвольного риманова многообразия. Полученное обобщенное уравнение ВДВВ возникает в n -частичной модели расширенной $N = 4$ суперсимметричной механики вследствие перехода от плоского к искривленному риманову пространству. Было обнаружено, что полученное «искривленное уравнение ВДВВ» записывается в терминах тензора Кодацци третьего ранга. Для каждого решения уравнения ВДВВ на плоском пространстве, подчиненного простому ограничению, было предложено решение в любом искривленном изотропном пространстве в терминах вращательно-инвариантного конформного множителя метрики [57].

В подходе гармонического суперпространства рассмотрен 6-мерный $N = (1, 0)$ суперсимметричный калибровочный мультиплет с минимальной связью с гипермультиплетом в произвольном представлении калибровочной группы. С помощью техники собственного времени и фонового поля вычислены расходящиеся части однопетлевого эффективного действия, зависящего как от калибровочного мультиплета, так и от гипермультиплета. Показано, что в частном случае $N = (1, 1)$ теории, отвечающей гипермультиплету в присоединенном представлении, все однопетлевые расходимости сокращаются, что означает однопетлевую конечность $N = (1, 1)$ теории вне массовой поверхности [58].

Исследован определенный класс модифицированных теорий гравитации с неминимальным взаимодействием между веществом и гравитацией в формализме Палатини. Показано, что метрическая теория представляет собой предел слабой неминимальной связи в формализме Палатини. Особое внимание уделено теории Хорндески с векторным полем, построены космологические и сферически-симметричные решения. Космологическая модель в формализме Палатини оказывается эффективно биметрической, а сферически-симметричное решение неметрично. Продемонстрировано, что в формализме Палатини некоторые космологические сингулярности типа «большого замедления» могут быть устранены, в отличие от метрической версии теории [59].

Детально изучено фазовое пространство вселенной Фридмана, заполненной различными как взаимодействующими, так и невзаимодействующими космологическими жидкостями с использованием различных уравнений состояния, и проанализирован физический смысл найденных особых точек. Изучен вопрос стабильности некоторых особых точек, и предложен интересный феноменологический сценарий осциллирующего взаимодействия между темной энергией и темной материей. Показано, что в предло-

женной модели на ранних этапах эволюции взаимодействием между компонентами можно пренебречь, а при переходе к поздним этапам эволюции оно начинает расти. Показано, что динамическая система имеет две особых точки де Ситтера, первая из которых соответствует ранним этапам расширения и неустойчива, тогда как вторая относится к поздним временам и стабильна. Таким образом, предложен пример последовательного объединения ускоренного расширения на ранних и поздних этапах эволюции в рамках одного подхода [60].

Рассмотрены поляризуемые листы, интерес к дисперсионному взаимодействию которых связан, в

частности, с изучением двумерных материалов, таких как графен. Поляризуемый лист моделируется решеткой точечных δ -потенциалов, которые напоминают хорошо известные в квантовой механике «потенциалы нулевого радиуса». Энергия взаимодействия решеток вычисляется с помощью так называемой *TGTG*-формулы. При этом используется формализм теории рассеяния волн на решетке δ -функций. Рассмотрены всевозможные предельные случаи, и установлены связи данной модели с другими ранее рассмотренными задачами. Результаты сравниваются с результатами попарного суммирования дипольных взаимодействий [61].

ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TN)

В рамках DIAS-TN в 2017 г. были проведены 4 международных школы:

- 13-я Зимняя школа DIAS-TN «Физика тяжелых ионов: от ЛHC к NICA», 30 января–4 февраля;
- Гельмгольцевская международная летняя школа «Теория ядра и приложения в астрофизике», 10–22 июля;
- международная школа «Современные методы теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы», 6–12 августа;

- Гельмгольцевская международная летняя школа «Структура адронов, адронная материя и КХД на решетке», 20 августа–2 сентября.

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

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

Было организовано 18 конференций, рабочих совещаний и школ (включая 4 школы, проведенные в рамках DIAS-TN):

- международное совещание «Моделирование столкновений тяжелых ионов при энергиях NICA», 10–12 апреля, Дубна;
- международная сессия-конференция секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий», 6–8 июня, Нальчик, Россия;
- XXV Международная конференция по интегрируемым системам и квантовым симметриям, 6–10 июня, Прага, Чехия;
- мини-совещание по решеточным и функциональным методам вычисления для исследования фазовой структуры и транспортных свойств в квантовой хромодинамике, 10–14 июля, Дубна;
- 17-я Международная конференция «Методы симметрии в физике», 10–15 июля, Ереван, Армения;

- международная школа «Симметрия в интегрируемых системах и ядерной физике», 16–23 июля, Цахкадзор, Армения;
- международная конференция «Классические и квантовые интегрируемые системы», 24–29 июля, Дубна;
- 11-е рабочее совещание Азиатско-Тихоокеанского центра теоретической физики, ЛТФ ОИЯИ, ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт» и СПбГУ «Современные проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц», 25–31 июля, Санкт-Петербург, Россия;
- международное рабочее совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии», 31 июля–5 августа, Дубна;
- VII Международная школа по физике нейтрино им. Б. М. Понтекерво, 20 августа–1 сентября, Прага, Чехия;
- IV Российско-испанский конгресс «Физика элементарных частиц и атомного ядра, астрофизика и космология», 4–8 сентября, Дубна;

- 17-е рабочее совещание по физике спина при высоких энергиях, 11–15 сентября, Дубна;
- международная конференция «Компактные звезды на фазовой диаграмме КХД VI», 26–29 сентября, Дубна;

- совместное рабочее совещание ЛТФ ОИЯИ и SKLTP/CAS (Китай) по физике сильновзаимодействующих систем, 26 ноября–1 декабря, Шэньчжэнь, Китай.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2017 г. началось поэтапное расширение компьютерной сети ЛТФ для обеспечения не менее двух подключений к кабельной проводке Ethernet на каждое рабочее место. Приобретено диагностическое и дополнительное коммутационное сетевое оборудование. Частично заменены устаревшие коммутаторы. В беспроводной сети ЛТФ началось внедрение то-

чек доступа скоростного стандарта 802.11ac. Введен в эксплуатацию крупноформатный (A3) цветной лазерный принтер общего пользования. Для модернизации парка персональных компьютеров приобретено 5 единиц ПК. Продлена техническая поддержка и обновлены версии Mathematica, Maple, Origin Pro, Intel Parallel Studio.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bednyakov A. V., Kniehl B. A., Pikelner A. F., Veretin O. L.* // Nucl. Phys. B. 2017. V. 916. P. 463.
2. *Bednyakov A. V.* // Phys. Part. Nucl. 2017. V. 48. P. 698.
3. *Nesterenko A. V.* // Eur. Phys. J. C. 2017. V. 77. P. 844.
4. *Bork L. V., Onishchenko A. I.* // Phys. Lett. B. 2017. V. 774. P. 403.
5. *Ivanov M. A., Korner J. G., Tran C. T.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 95. P. 036021.
6. *Gutsche T., Ivanov M. A., Korner J. G., Lyubovitskij V. E.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 054013.
7. *Korobov V. I., Hilico L., Karr J.-Ph.* // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 118. P. 233001
8. *Šimkovic F., Štefánik D., Dvornický R.* // Front. Phys. 2017. V. 5. P. 57.
9. *Naumov D. V., Shkirmanov D. S.* // Phys. Part. Nucl. 2017. V. 48. P. 12; P. 1007.
10. *Kuzmin K. S., Petrova O. N., Naumov V. A.* // Ibid. P. 995.
11. *Krivoruchenko M. I.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2017. V. 14. P. 588; P. 849.
12. *Anikin I. V., Szymanowski L., Teryaev O. V., Volchanskiy N.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 95. P. 111501.
13. *Efremov A. V., Ivanov N. Y., Teryaev O. V.* // Phys. Lett. B. 2017. V. 772. P. 283.
14. *Obukhov Yu. N., Silenko A. J., Teryaev O. V.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 105005.
15. *Kotlorz D., Mikhailov S. V., Teryaev O. V., Kotlorz A.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 016015.
16. *Sorin A., Teryaev O. V.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 95. P. 011902.
17. *Teryaev O. V., Zakharov V. I.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 096023.
18. *Dorokhov A. E., Kochelev N. I., Martynenko A. P., Martynenko F. A., Radzhabov A. E.* // Phys. Lett. B. 2018. V. 776. P. 105.
19. *Dorokhov A. E., Kochelev N. I., Martynenko A. P., Martynenko F. A., Faustov R. N.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2017. V. 14. P. 857.
20. *Alvarez-Castillo D., Blaschke D. B.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 96. P. 045809.
21. *Goloviznin V. V., Snigirev A. M., Zinovjev G. M.* arXiv:1711.05459 [hep-ph].
22. *Bornyakov V. G., Braguta V. V., Ilgenfritz E.-M., Kotov A. Yu., Molochkov A. V., Nikolaev A. A.* arxiv:1711.01869 [hep-lat].
23. *Arpan D., Shreyansh S. D., Saumia P. S., Srivastava A. M.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 96. P. 034902.
24. *Arsenyev N. N., Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguyen Van Giai* // Phys. Rev. C. 2017. V. 95. P. 054312.
25. *Arsenyev N. N., Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguyen Van Giai* // Acta Phys. Polonica B. 2017. V. 48. P. 5132017.
26. *Dzhioev A. A., Vdovin A. I.* // Acta Phys. Polonica B. 2017. V. 48. P. 667.
27. *Repko, Kvasil J., Nesterenko V. O., Reinhard P.-G.* // Eur. Phys. J. A. 2017. V. 53. P. 221.
28. *Jolos R. V., Kolganova E. A.* // Phys. Lett. B. 2017. V. 769. P. 368.
29. *Hong J., Adamian G. G., Antonenko N. V.* // Phys. Lett. B. 2017. V. 764. P. 42.
30. *Adamian G. G., Antonenko N. V., Malov L. A., Lenske H.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 96. P. 044310.
31. *Severyukhin A. P., Aberg S., Arsenyev N. N., Nazmitdinov R. G.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 95. P. 061305(R).
32. *Ishmukhamedov I. S., Melezhik V. S.* // Phys. Rev. A. 2017. 95. P. 062701.
33. *Kolganova E. A.* // Few-Body Syst. 2017. V. 57. P. 58.
34. *Koval E. A., Koval O. A.* // JETP. 2017. V. 125. P. 35.
35. *Bondarenko S. G., Burov V. V., Yurev S. A.* // EPJ Web Conf. 2017. V. 138. P. 06003.

36. *Parvan A. S., Teryaev O. V., Cleymans J.* // Eur. Phys. J. A. 2017. V. 53. P. 102.
37. *Sang-Ho Kim, Yong-seok Oh, Titov A.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 95. P. 055206.
38. *del Dotto A., Kaptari L.P., Pace E., Salmé G., Scopetta S.* // Phys. Rev. C. 2017. V. 96. P. 065203.
39. *Cherny A. Yu., Anitas E. M., Osipov V. A., Kuklin A. I.* // J. Appl. Cryst. 2017. V. 50. P. 919.
40. *Cherny A. Yu., Anitas E. M., Osipov V. A., Kuklin A. I.* // Phys. Chem. Chem. Phys. 2017. V. 19. P. 2261.
41. *Vladimirov A. A., Ihle D., Plakida N. M.* // Eur. Phys. J. B. 2017. V. 90. P. 48.
42. *Yukalov V. I., Yukalova E. P.* // Laser Phys. Lett. 2017. V. 14. P. 073001.
43. *Bunzarova N. Zh., Pesheva N. C.* // Phys. Rev. E. 2017. V. 95. P. 052105.
44. *Brankov J. G., Bunzarova N. Zh., Pesheva N. C., Priezhev V. B.* // Physica A. 2018. V. 494. P. 340.
45. *Priezhev V. B.* // J. Phys. A: Math. Gen. 2017. V. 50. P. 265001.
46. *Derkachov S. E., Spiridonov V. P.* arXiv:1711.07073.
47. *Bruenner F., Regalado D., Spiridonov V. P.* // JHEP. 2017. V. 07. P. 041.
48. *Ivanova T. A., Lechtenfeld O., Popov A. D.* // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 119. P. 061601.
49. *Ivanova T. A., Lechtenfeld O., Popov A. D.* // JHEP. 2017. V. 11. P. 017.
50. *Ivantsov I., Ferraz A., Kochetov E.* // Phys. Rev. B. 2017. V. 96. P. 195161.
51. *Shukrinov Yu. M., Rahmonov I. R., Sengupta K., Buzdin A.* // Appl. Phys. Lett. 2017. 110. P. 182407.
52. *Kozyrev N., Krivonos S., Lechtenfeld O., Nersessian A., Sutulin A.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 97. P. 085015; arXiv:1711.08734.
53. *Fursaev D. V.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 104005.
54. *Ivanov E., Mezincescu L.* // JHEP. 2017. V. 1712. P. 016; arXiv:1709.02286. [hep-th.]
55. *Buchbinder I. L., Ivanov E. A., Merzlikin B. S., Stepanyantz K. V.* // Nucl. Phys. B. 2017. V. 921. P. 127; arXiv:1704.02530 [hep-th.].
56. *Samoilenka A., Shnir Ya.* // JHEP. 2017. V. 1709. P. 029; arXiv:1707.06608 [hep-th.].
57. *Kozyrev N., Krivonos S., Lechtenfeld O., Nersessian A., Sutulin A.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 101702; arXiv:1710.00884 [hep-th.].
58. *Buchbinder I. L., Ivanov E. A., Merzlikin B. S., Stepanyantz K. V.* // JHEP. 2017. V. 1701. P. 128; arXiv:1612.03190 [hep-th.].
59. *Davydov A.* // Int. J. Mod. Phys. D. 2017. online 05 Dec. 2017.
60. *Odintsov S. D., Oikonomou V. K., Tretyakov Petr V.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 044022.
61. *Bordag M., Pirozhenko I. G.* // Phys. Rev. D. 2017. V. 95. P. 056017.



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

Деятельность Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина в 2017 г. была сосредоточена на выполнении и дальнейшем развитии проекта NICA (подпроектов «Нуклотрон–

NICA», MPD, SPD и BM@N) и на участии в текущих исследованиях, проводимых на нуклотроне, и в экспериментах, совместно реализуемых в ведущих ускорительных центрах мира.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСА NICA

Базовая конфигурация комплекса NICA включает следующие элементы:

- сверхпроводящий ускоритель нуклотрон;
- инжекционный комплекс (источники ионов и поляризованных частиц, линейные ускорители);
- сверхпроводящий синхротрон — бустер;
- сверхпроводящий коллайдер тяжелых ионов;
- многоцелевой детектор MPD, создаваемый для проведения исследований свойств горячей и плотной ядерной материи на коллайдере;
- установку «Барионная материя на нуклотроне» (BM@N), задачей которой является изучение свойств горячей и плотной ядерной материи на выведенных пучках нуклотрона;
- детектор SPD, создаваемый для проведения исследований структуры спина ядра и поляризованных явлений;
- новую экспериментальную зону для проведения прикладных исследований;
- новый инновационный центр «Центр NICA»;
- информационно-вычислительный комплекс для хранения, обработки и анализа накопленных экспериментальных данных с сетевой инфраструктурой и набором информационных сервисов.

Работы, проводимые в 2017 г., были направлены на дальнейшее развитие систем и элементов комплекса NICA, а также на проведение сеансов нуклотрона.

Сеанс работы нуклотрона

С 10 февраля по 24 марта 2017 г. проводился 54-й сеанс работы нуклотрона, длительность кото-

рого составила 1008 ч. Основной задачей сеанса стала эксплуатация нового источника поляризованных протонов и дейтронов (SPI) в штатном режиме. Во время сеанса была продемонстрирована стабильная работа SPI, получен пучок поляризованных протонов с интенсивностью от $1 \cdot 10^8$ до $2 \cdot 10^9$ на цикл. Максимальная извлеченная энергия пучка составила 5,2 ГэВ/нуклон. Тем самым сделан принципиальный шаг в подготовке к выполнению на комплексе NICA ОИЯИ программы исследований с поляризованными пучками — главной задачи установки SPD.

Кроме того, во время сеанса нуклотрона были получены следующие важные результаты в области ускорительной физики:

- реализован режим адиабатического захвата, и достигнута повторяемость магнитного поля при инжекции на уровне $3 \cdot 10^{-5}$, что является одним из лучших показателей в мире;
- введены в эксплуатацию новые системы электроснабжения и цифрового управления на пучковом канале установки BM@N;
- для увеличения коэффициента захвата частиц из источника ионов перед ЛУ-20 установлена система транспортировки пучка средней энергии (включает два триплета квадрупольных линз и банчер), что позволило повысить интенсивность пучка тяжелых ионов в несколько раз.

Коллайдер

План-график строительных работ по созданию комплекса NICA выполняется. На сегодняшний день

практически полностью завершены земляные, дренажные и свайные работы на площадке застройки. Произведено бетонирование в котлованах создаваемых корпусов MPD и SPD и кольца коллайдера. В настоящее время идет строительство восточного полукольца коллайдера и здания системы электронного охлаждения бустера. В процессе создания железобетонных конструкций в 2017 г. было использовано 17540 м³ бетона и 1006 т арматуры. В рамках работ по оснащению павильонов для размещения установок MPD и SPD для усиления пола в зоне прокладки рельсовых путей были заказаны и получены 156 фундаментных плит общей массой 140 т. На предприятии «Уралкран» изготовлены два крана грузоподъемностью 80 и 20 т.

Совместно с Институтом ядерной физики им. Г. И. Будкера разрабатывается система электронного охлаждения коллайдера (электронный ускоритель с энергией 2,5 МэВ).

Был заключен контракт с фирмой «SigmaPhi» (Франция) на проектирование, изготовление, монтаж и ввод в эксплуатацию канала транспортировки пучков из нуклотрона в коллайдер.

Спроектирована и в настоящее время создается в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера ускоряющая система ВЧ1. Ускоряющие системы ВЧ2 и ВЧ3 находятся в стадии разработки. Завершается работа по созданию концептуального дизайн-проекта (CDR) системы стохастического охлаждения пучков коллайдера.

Бустер

В 2017 г. первый элемент бустера комплекса NICA — система электронного охлаждения — был установлен в туннеле синхрофазотрона и успешно прошел испытания, продемонстрировав проектные параметры (рис. 1).

Готовится к сборке вакуумная система бустера, обеспечивающая проектную величину вакуума на уровне 10^{-11} Торр. Были изготовлены и испытаны прототипы элементов системы питания бустера, в компании LMInverter (Россия) размещен заказ на изготовление источников питания. В 2017 г. успешно протестирована ВЧ-система бустера. В настоящее время разрабатывается система инъекции — канал транспортировки пучка из бустера в нуклотрон. Разработка инъекционного канала из линейного ускорителя тяжелых ионов NICA в бустер находится на заключительном этапе.

Изготовление и тестирование сверхпроводящих магнитов

В 2017 г. в ЛФВЭ продолжались производство и серийные испытания сверхпроводящих магнитов (SC) для бустера NICA. Статус производства представлен в таблице, он соответствует плану-графику. Измерения основных параметров магнитов показывают их соответствие проектным.

Согласно обязательствам ОИЯИ по созданию магнитной оптике для ускорителя SIS-100 проекта FAIR (Дармштадт, Германия) в лаборатории были созданы

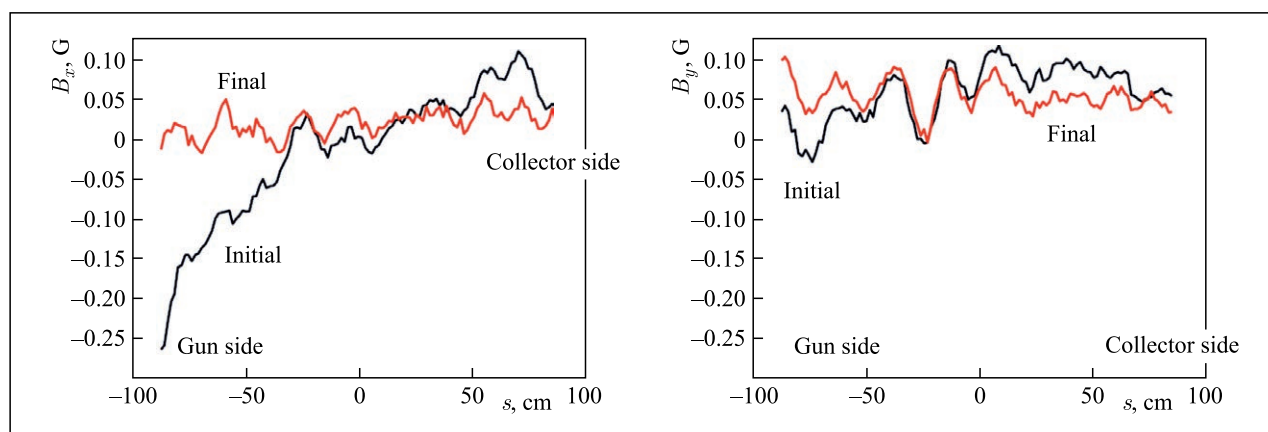


Рис. 1. Тестирование системы электронного охлаждения бустера: отладка стабильности магнитного поля. Среднеквадратичное отклонение (RMS) для обоих компонентов B_x и B_y составляет примерно 10^{-5} Гс

Статус производства сверхпроводящих магнитов бустера (декабрь 2017 г.)

Тип магнита	Количество	Произведено ярм	Произведено катушек	Протестировано
Дипольный магнит	40	40	40 + 1	33
Квадрупольный дублет	24	24 + 4	22 + 2	4
Корректирующий магнит	32	32	—	—

и прошли полный цикл криогенных испытаний контрольные образцы квадрупольных магнитов. В настоящее время идет подготовка к транспортировке изготовленных модулей в Дармштадт.

Изготовлен и успешно прошел программу криогенных испытаний один из предсерийных образцов дипольных магнитов коллайдера NICA. Измеренные значения основных параметров испытуемого магнита находятся в проектном диапазоне. Серийная сборка магнитов коллайдера NICA запланирована на вторую половину 2018 г.

Криогенный комплекс

В рамках запланированных работ по реализации проекта «Комплекс NICA» создается крупнейшая в России криогенная система, работающая при температуре жидкого гелия (4,5 К).

В 2017 г. были запущены в эксплуатацию крупнейший в России ожижитель гелия производительностью 1000 л/ч и водооборотная система охлаждения компрессорной станции.

Заключен договор и ведется проектирование трех сателлитных гелиевых рефрижераторов для бустера и коллайдера. Холодопроизводительность каждого из них составляет 2000 Вт при температуре 4,5 К.

Ввод в эксплуатацию криогенного комплекса в полной конфигурации запланирован на середину 2020 г.

Установка MPD

Статус изготовления магнита MPD

В настоящее время компанией ASG Superconductors Company (Италия) ведется производство соленоидального сверхпроводящего магнита MPD, который должен будет обеспечивать магнитное поле напряженностью 0,5 Тл с однородностью 10^{-4} в центральной части MPD. В 2017 г. изготовление элементов магнита MPD шло согласно плану, была закончена большая часть работ по так называемой холодной части магнита. В частности:

- изготовлены два из трех опорных цилиндров магнита MPD;
- на конец 2017 г. успешно протестировано 70 % сверхпроводящего кабеля (общая длина кабеля в соленоиде MPD примерно 28 км).
- к ноябрю 2017 г. было изготовлено и протестировано 26 из 28 балок, формирующих ярмо магнита MPD;
- производство корректирующих катушек идет согласно графику;
- начато производство вакуумного корпуса.

Статус TPC

Времяпроекционная камера (TPC) — это основной детектор для идентификации частиц в установке MPD. Главные результаты 2017 г. по созданию элементов TPC:

- подготовлена и оснащена чистая комната для сборки TPC;
- протестирована 1 из 24 считывающих камер, 20 камер подготовлены к сборке;
- установлена газовая система TPC, завершена работа по созданию системы лазерной калибровки;
- спроектирован и протестирован первый прототип новых плат FEC64S для считывающих камер на основе чипа SAMPA.

Статус ECAL

Электромагнитный калориметр типа «шашлык» с проекционной геометрией, создаваемый для эксперимента MPD, является одним из уникальных высокотехнологичных проектов, реализуемых в настоящее время. Этот проект выполняется совместно с Университетом Цинхуа (Пекин, Китай). В ходе его реализации необходимо изготовить более 40 тыс. модулей калориметра, провести их монтаж в единую цилиндрическую систему, откалибровать и ввести в эксплуатацию.

В 2017 г. в Университете Цинхуа была создана зона для производства и тестирования модулей калориметра, еще одна такая зона сейчас создается в ЛФВЭ. На завершающем этапе находится подготовка к массовому производству модулей (см. рис. 2):

- подготовлена техническая часть концептуального дизайн-проекта ECAL, технико-экономические обоснования должны быть завершены к концу 2018 г.;
- отлажено производство основных элементов модуля ECAL, начато массовое производство активных элементов детектора — сцинтилляционных пластин (10^7 единиц).

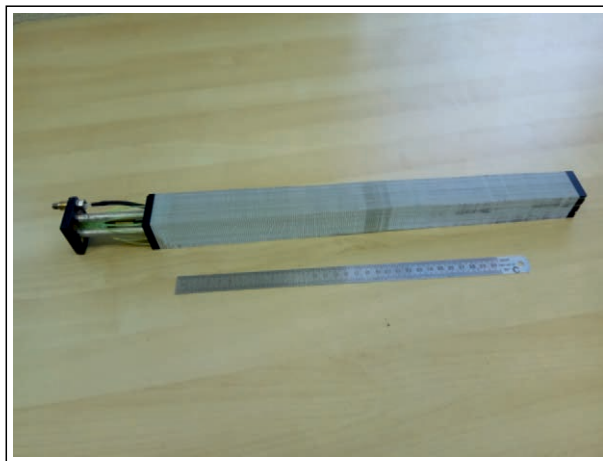


Рис. 2. Первые прототипы модулей электромагнитного калориметра (созданы совместно с Университетом Цинхуа)

Статус FHCAL

За создание переднего адронного калориметра (FHCAL) полностью отвечает ИЯФ СО РАН. На конец 2017 г. было изготовлено 60 из 90 модулей

калориметра. В соответствии с планами производство будет завершено к концу 2018 г. В 2017 г. был создан и протестирован полноразмерный прототип электроники FHCAL, начато ее массовое производство. В соответствии с планами к концу 2018 г. будет готово 20 % электроники.

Статус STS

Вершинный кремниевый трековый детектор (STS) установки MPD основан на технологии MAPS (монолитный активный пиксельный сенсор), разработанной для ALICE. Структурные элементы и сверхлегкие углепластиковые опорные фермы были изготовлены в тесном сотрудничестве с группой ALICE. Введена в эксплуатацию лаборатория по производству и тестированию детекторов. Она будет использоваться для сборки станций для установок BM@N и MPD/NICA, а также CBM/FAIR. В настоящее время подготавливается план совместной работы с коллаборацией ALICE.

В 2017 г. в ЛФВЭ были выполнены следующие работы в рамках этого подпроекта:

- введена в эксплуатацию чистая комната для сборки и испытаний;
- доставлен из Нидерландов, установлен и введен в эксплуатацию *pick&place* робот ALICIA-8;
- начата разработка сенсоров MAPS типа ALICE для создания примерно $6 \cdot 10^9$ пиксельных ячеек.

Установка BM@N

Установка BM@N — это первый этап проекта NICA. К набору данных в 2019 г. должна быть введена в эксплуатацию ее базовая конфигурация.

В 2017 г. были проведены технические сеансы BM@N на пучке дейтронов с кинетической энергией 4 АГэВ и на углеродном пучке с кинетической энергией 3,5, 4 и 4,5 АГэВ на фиксированных мишенях С, Al и Си.

Установка была оснащена времяпролетной системой и электромагнитными калориметрами. Трековая система включала 6 двухкоординатных GEM-плоскостей, установленных внутри анализирующего магнита.

Во время сеанса на пучке углерода для улучшения восстановления первичной вершины использовался двухкоординатный кремниевый стриповый детектор.

Полученные экспериментальные данные позволили рассчитать значение импульсного разрешения

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА НУКЛОТРОНЕ

ФАЗА

В рамках проекта изучались корреляции фрагментов промежуточной массы по относительным углам для взаимодействия ${}^4\text{He} + \text{Au}$ при энергии

для углеродного пучка при различных значениях магнитного поля, а также провести реконструкцию сигнала распада Λ -гиперонов и K_s^0 -мезонов в инвариантных массовых спектрах $p\pi^-$ и $\pi^+\pi^-$ соответственно (рис. 3).

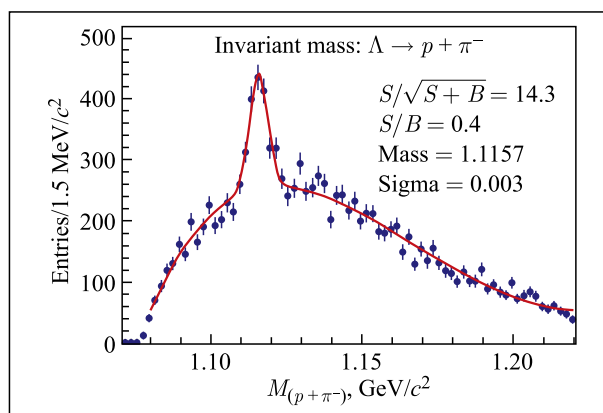


Рис. 3. Инвариантная масса Λ -гиперона

В 2017 г. программа физических исследований BM@N была расширена проектом «Изучение короткодействующих корреляций», для реализации которой к коллаборации присоединились новые участники из США, Израиля, Франции и Германии.

В настоящее время установка включает следующие крупные подсистемы базовой конфигурации: триггерную систему, систему сбора данных DAQ, систему мониторинга установки (slow control), времяпролетную систему, калориметр под нулевыми углами, внешний трекер, калориметры, два фронтальных кремниевых детектора и семь полуплоскостей детекторов GEM. В ходе следующего сеанса нуклотрона планируется провести методические и физические исследования с пучками Ar, Kr и С с использованием источника тяжелых ионов «Крион-6Т» и на жидководородной мишени.

Установка SPD

В 2017 г. был начат новый этап проекта SPD, направленный на подготовку концептуального проекта (CDR) и создание международной коллаборации. Подписаны и находятся в стадии обсуждения соглашения с группами из Томского государственного университета, Карлова университета (Прага) и группой из INFN (Турин, Италия). Сформированы временные руководящий и технический комитеты проекта.

налетающего пучка 4 ГэВ [1]. Полученные результаты показывают сильное подавление событий с малыми относительными углами разлета, что обу-

словлено кулоновским отталкиванием фрагментов. На рис. 4 показано сравнение экспериментальной корреляционной функции с расчетом кулоновских

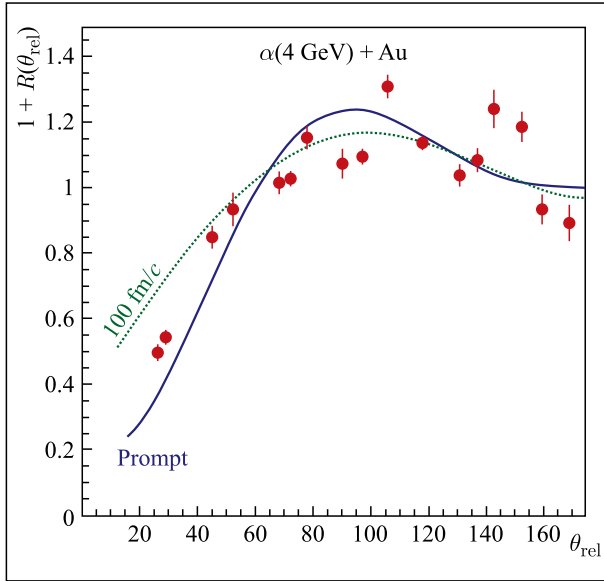


Рис. 4. Корреляционная функция в зависимости от относительных углов разлета фрагментов, образующихся во взаимодействии ^4He (4 ГэВ) + Au. Точки — экспериментальные данные. Сплошная линия — расчет с использованием модели INC + SMM для мгновенного распада. Пунктирная линия — расчет с использованием INC + SMM для распада системы со временем жизни 100 фм/с

траекторий многотельной системы с разным временем жизни. Стартовые условия для расчета генерировались внутриядерным каскадом (INC) и статистической моделью мультифрагментации (SMM). Получено среднее время жизни фрагментирующей системы (47 ± 12) фм/с, что соответствует мгновенному

многотельному распаду горячей и расширенной ядерной системы.

DSS

В 54-м (февраль–март 2017 г.) сеансе работы нуклотрона полностью введена в эксплуатацию модернизированная версия поляриметра на внутреннем пучке, который основан на измерении асимметрии в дейтрон-протонном упругом рассеянии.

В ходе 54-го сеанса получены новые данные по анализирующим способностям A_y , A_{yy} и A_{xx} в дейтрон-протонном упругом рассеянии при значениях энергии 1400 и 1700 МэВ, что дополнило данные 53-го сеанса [2].

Выполнена настройка нового источника поляризованных ионов для шести различных спиновых мод поляризации пучка дейтронов.

Выполнено измерение поляризации впервые ускоренного в ОИЯИ пучка поляризованных протонов при энергии 500 МэВ. Величина поляризации составила $-0,35 \pm 0,02$ [3].

ALPOM-2

Установка ALPOM-2 была разработана для измерения анализирующих способностей для различных мишеней.

В 2017 г. на установке ALPOM-2 в ЛФВЭ на выведенном пучке нуклотрона впервые была измерена анализирующая способность для реакций перезарядки $n \uparrow \text{CH}_2 \rightarrow p + X$, а также для мишеней C, CH и Cu. Исходя из имеющихся данных по анализирующей способности для $np \rightarrow pn$ ожидалось, что тот же самый канал реакции для более сложных мишеней (C, CH, CH₂ и Cu) будет значительно больше, чем для прямого процесса $np \rightarrow pn$. Новые данные полностью подтвердили эти ожидания.

УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ В ДРУГИХ УСКОРИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ

Эксперименты на Большом адронном коллайдере

ALICE

Группой ОИЯИ получены новые результаты по 3D-анализу фемтоскопических корреляций пар $K^\pm K^\pm$, рожденных в Pb–Pb-столкновениях, которые сравнивались с модельными предсказаниями и предыдущими результатами. Было получено хорошее согласие (рис. 5).

В 2017 г. получены новые результаты для данных ALICE в Pb–Pb-столкновениях при 2,76 ТэВ/с, которые сравнивались с результатами модели EPOS-3

(с перерассеиванием адронов) [4]. На рис. 6 показано, что экспериментальные и модельные фемтоскопические радиусы хорошо согласуются при одинаковых центральныхностях.

При участии группы ОИЯИ получены новые данные по рождению ρ^0 в Pb–Pb-ультрапериферических столкновениях при 5,02 ТэВ. На рис. 7 показано дифференциальное сечение в сравнении с теоретическими предсказаниями.

На тестовом пучке электронов Т9 в ЦЕРН проводилась проверка фотодетекторов и прототипа регистрирующей электроники для модернизации элек-

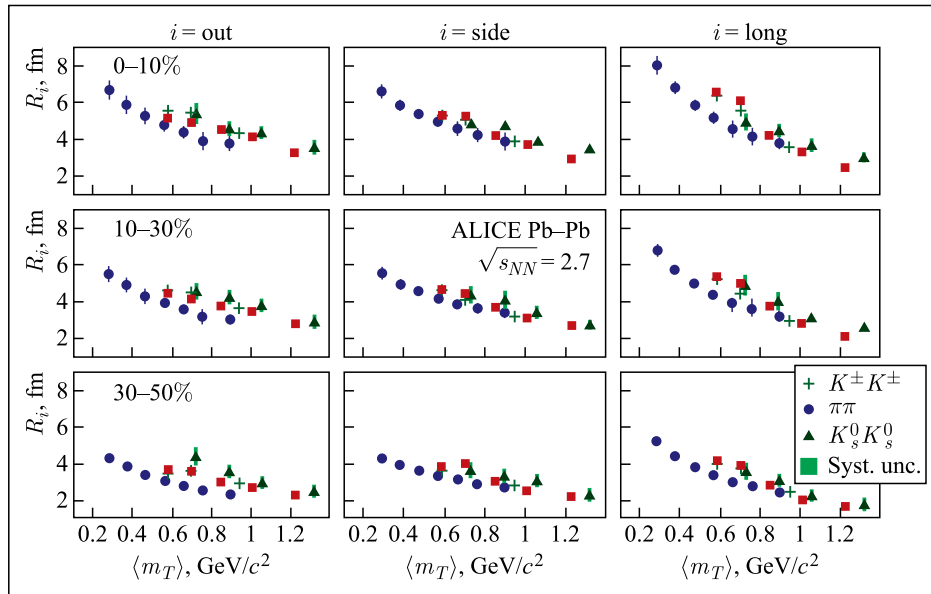


Рис. 5. 3D-радиусы источников в зависимости от поперечной массы (m_T) для пар K^+K^- и $\pi\pi$

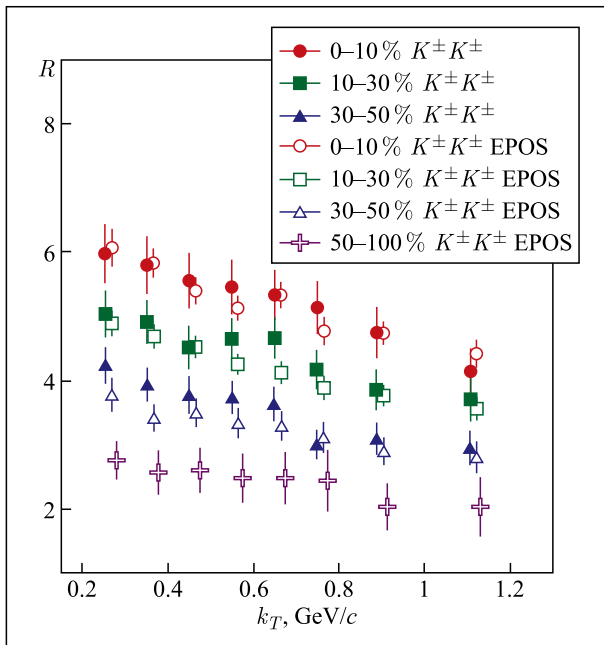


Рис. 6. 1D-радиусы источника для пар $K^{ch}K^{ch}$ в зависимости от поперечного импульса пары

ромагнитного калориметра PHOS ALICE. Основной задачей было изучение возможностей работы PHOS при температуре выше точки росы (от -28 до $+18$ °C) и улучшение временного разрешения для уменьшения фона от антинейтронов и наложений событий от соседних банчей.

Для измерения энергии и времени пролета был использован модуль TQDC-16E, разработанный в ЛФВЭ. В измерениях использовались лавинные фотодиоды площадью APD 10×10 мм и матрицы кремниевых фотоумножителей 6×6 мм (SiPM). В обоих случаях было получено лучшее энергетическое разрешение, чем у работающего сейчас PHOS

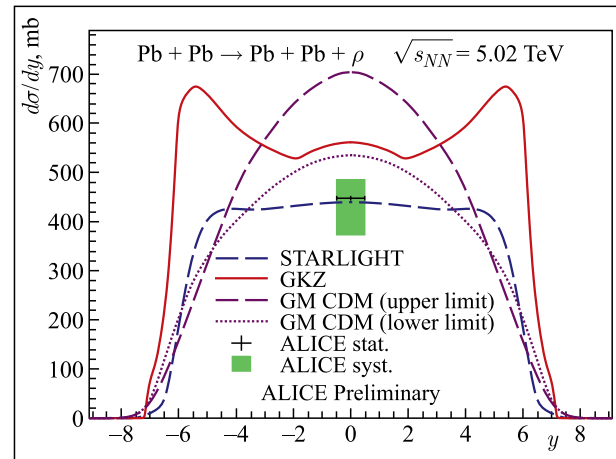


Рис. 7. Дифференциальное сечение ρ^0 в Pb-Pb-ультрапериферических столкновениях

при -28 °C. Полученное временное разрешение находилось в пределах 0,4–0,8 нс для APD и 0,2 нс для SiPM.

ATLAS

Продолжался анализ экспериментальных данных ATLAS с целью поиска предсказанного Стандартной моделью (СМ) бозона Хигса по каналу его распада на пару b -кварков при ассоциативном рождении с W -бозоном. При анализе методом MVA для массы бозона Хигса 125 ГэВ было обнаружено превышение в числе наблюдаемых событий над ожидаемым фоном от других процессов СМ (см. рис. 8).

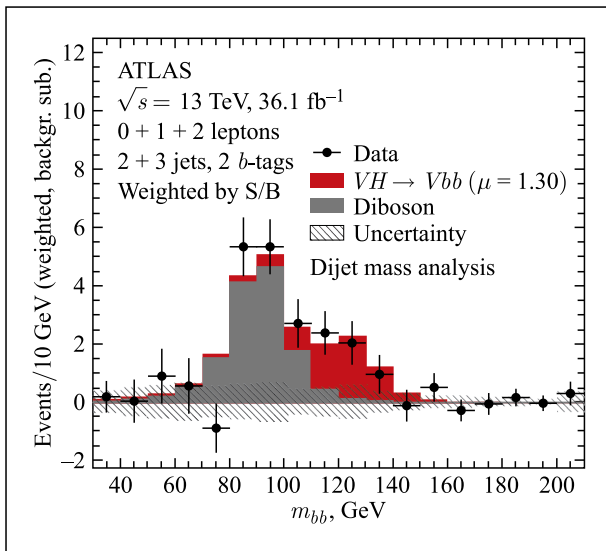


Рис. 8. Распределение по инвариантной массе пары b -кварков после вычитания вклада всех возможных фонов, за исключением событий с рождением дибозонов (WZ и ZZ). Наблюдаемое (ожидаемое) превышение составляет величину $3,5\sigma$ ($2,8\sigma$)

При совместном анализе данных Run-II (13 ТэВ) и Run-I (7 и 8 ТэВ) была получена величина наблюдаемого (ожидаемого) отклонения от фона $3,6\sigma$ ($4,0\sigma$). Достоверность результатов подтверждена при анализе процесса $(W/Z)Z$ с распадом $Z \rightarrow bb$, где отношение наблюдаемого выхода $\mu = 1,11^{+0,25}_{-0,22}$ к ожидаемому в СМ оказалось равным, а сигнал $(W/Z)Z$ наблюдался со значением $5,8\sigma$ при ожидаемом значении $5,3\sigma$.

CMS

В 2017 г. группа ОИЯИ в составе эксперимента CMS принимала участие в наборе, обработке и анализе данных второго сеанса LHC (Run-II), проходящих на встречных пучках протонов при энергии 13 ТэВ и при светимостях до $1,8 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Результаты по ограничению масс новых тяжелых нейтральных калибровочных бозонов Z' были улучшены путем объединения электронных и мюонных каналов. Новые массовые пределы (95 % C.L.) составляют 3,5 и 4,0 ТэВ/ c^2 для Z' последовательной Стандартной модели (SSM) и модели ТВО E_6 соответственно.

Получены первые данные измерения асимметрии «вперед–назад» A_{FB} в Run-II LHC [5]. Для улучшения совпадения данных и предсказаний СМ (рис. 9, а) проведена последовательная коррекция данных, включающая поправки на эффективность акцептанса, импульсное разрешение мюонов, наложение событий и др. Предварительные измерения значений асимметрии A_{FB} показаны на рис. 9, б.

Эксперименты в ЦЕРН на протонном супер-синхротроне

COMPASS

В 2017 г. COMPASS при активном участии физиков ОИЯИ провел первые измерения поперечной спин-зависимой азимутальной асимметрии в процессе Дрелла–Яна (DY) с использованием π -пучка ЦЕРН SPS с энергией 190 ГэВ/с и поперечно-поляризованной водородной мишенью.

Три азимутальные асимметрии, дающие доступ к различным функциям распределения партонов

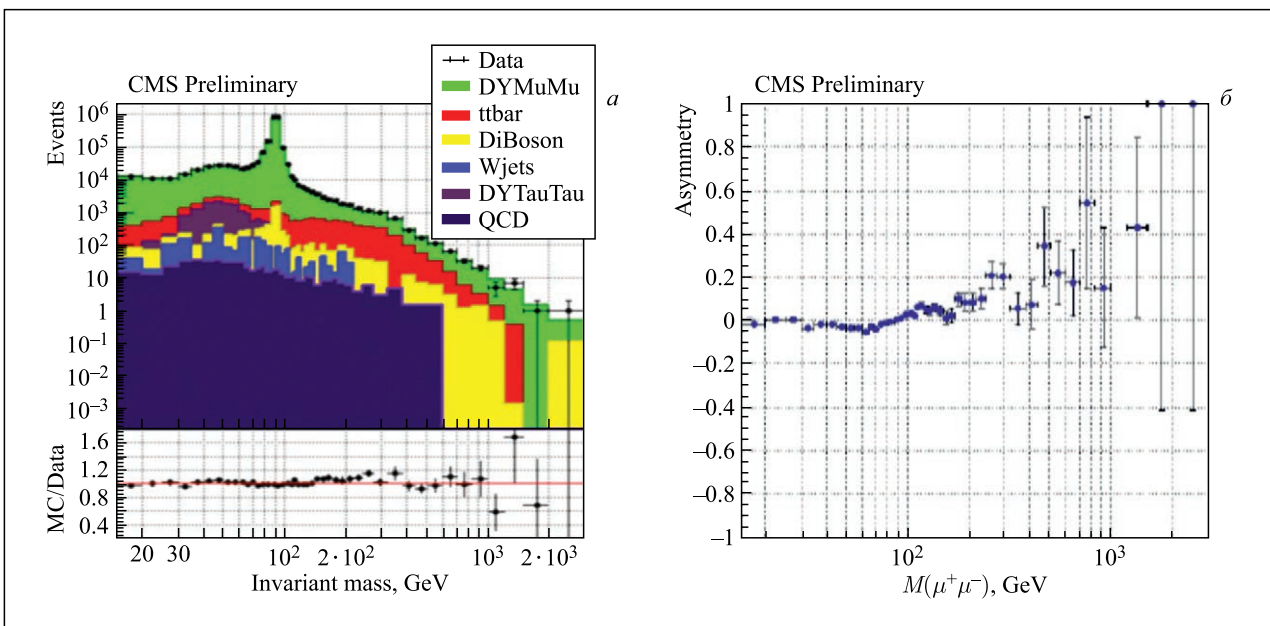


Рис. 9. Спектр инвариантных масс событий. Использованы первые данные сеанса LHC 2017 г. при 13 ТэВ (а). Измеренное значение асимметрии A_{FB} в различных массовых интервалах канала $\mu\mu$ [6] (б)

(PDF), зависящим от поперечно-импульсных (TMD), были получены в процессах рождения мюонной пары с инвариантной массой между 4,3 и 8,5(ГэВ/с)². Обнаружено, что наблюдаемый знак асимметрии Сиверса согласуется с фундаментальным предсказанием КХД, партонные распределения Сиверса, извлеченные из DY, имеют знак, противоположный знаку, полученному из данных в полуинклюзивном глубоко-неупругом рассеянии (SIDIS). Также из экспериментальных данных были получены две другие асимметрии, возникающие из PDF пиона, — Boer–Mulders TMD, свернутое либо с PDF TMD поперечностью, либо с TMD предзелосити [6]. Эти результаты по процессам Дрелла–Яна, полученные в области «жестких» инвариантных масс, сопоставимы с результатами недавнего измерения COMPASS SIDIS и, следовательно, дают уникальную возможность проверить фундаментальные предсказания универсальности КХД.

NA61/SHINE

В течение 2017 г. на ускорителе SPS ЦЕРН с использованием адронного спектрометра большого акцептанса NA61/SHINE были получены следующие результаты.

- Выполнены измерения инклюзивных спектров и множественностей π^\pm , K^\pm , протонов и антипротонов, рожденных в неупругих $p + p$ -

взаимодействиях при первичных импульсах 20, 31, 40, 80 и 158 ГэВ/с ($\sqrt{s} = 6,3; 7,7; 8,8; 12,3$ и $17,3$ ГэВ соответственно) [7]. Спектры были представлены как функции быстроты и поперечного импульса и сравнивались с предсказаниями существующих моделей. Пример таких спектров для антипротонов при импульсах с энергиями 80 и 158 ГэВ/с показан на рис. 10.

- Представлены результаты по двум частичным корреляциям $\Delta\eta\Delta\varphi$ в неупругих $p + p$ -взаимодействиях. Данные показывают структуру, которую можно объяснить главным образом эффектом распадов резонансов, сохранением импульсов и квантовой статистикой. Результаты сравниваются с моделями EPOS и UrQMD. Двухчастичная корреляционная функция $C(\Delta\eta, \Delta\varphi)$ для всех заряженных пар в $p + p$ -взаимодействиях при энергиях 20–158 ГэВ/с представлена на рис. 11 [8].

NA62

В рамках эксперимента NA62 группы ОИЯИ и ЦЕРН совместно отвечают за разработку, производство, калибровку и оперативную поддержку магнитного спектрометра NA62 [1,2], а также за разработку программного обеспечения для моделирования и реконструкции событий, записанных на спектрометре.

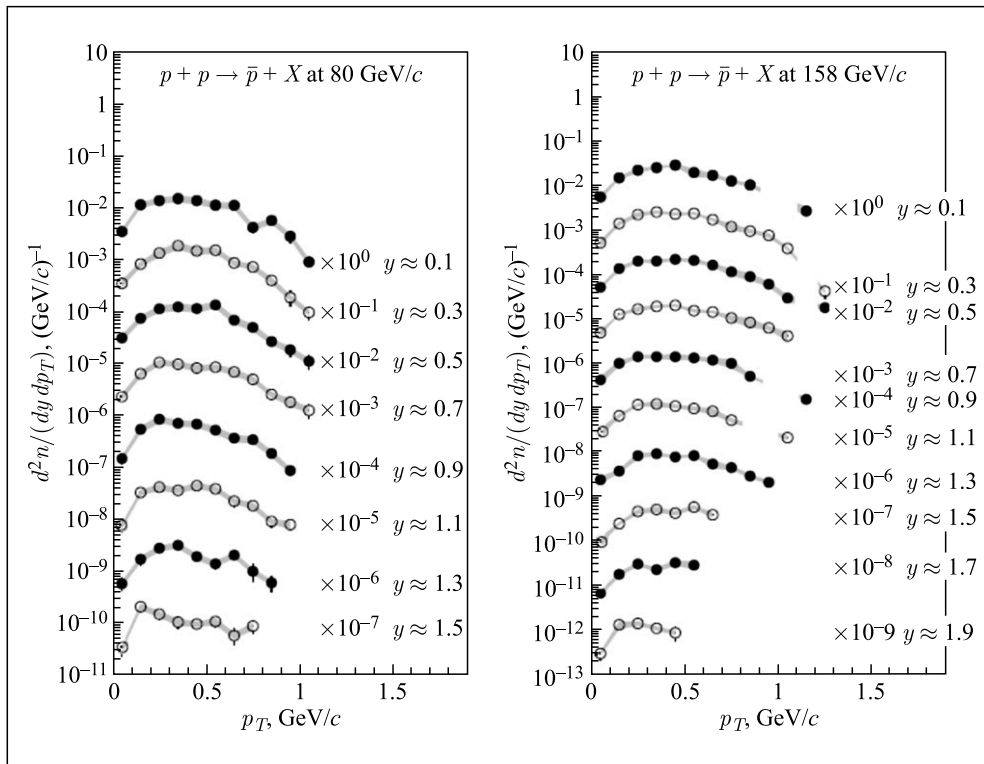


Рис. 10. Спектры антипротонных поперечных импульсов в различных быстротных интервалах, полученные в неупругих $p + p$ -взаимодействиях при 80 и 158 ГэВ/с

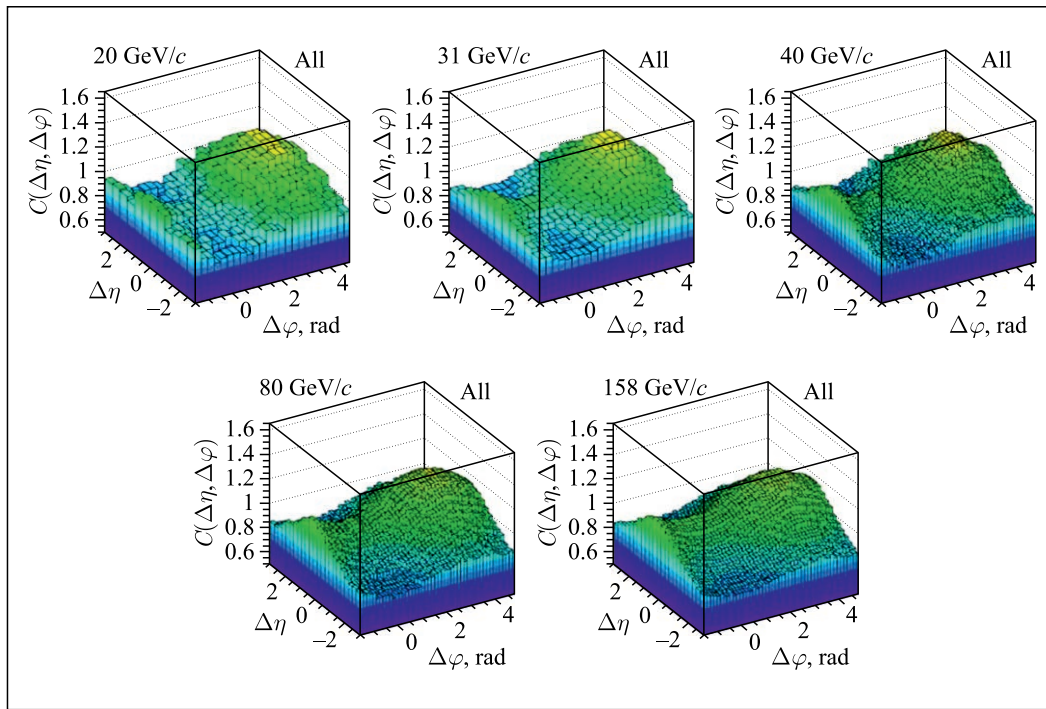


Рис. 11. Двухчастичная корреляционная функция $C(\Delta\eta, \Delta\varphi)$ для всех заряженных пар частиц в $p + p$ -взаимодействиях при 20–158 ГэВ/с

Группой ОИЯИ разработана и изготовлена новая система газовых мониторов. Она будет использоваться для контроля стабильности отклика спектрометра.

В 2017 г. продолжался анализ экспериментальных данных NA48/2 и NA62.

- На основе данных NA48/2 выполнен поиск нарушения лептонного числа и резонансов в распадах $K^\pm \rightarrow \pi\mu\mu$. Установлен новый верхний предел на значение парциальной ширины нарушающего распада $K^\pm \rightarrow \pi\mu^\pm\mu^\pm$: $\text{Br} < 8,6 \cdot 10^{-11}$ при 90 %-м уровне достоверности. Верхние пределы для возможных короткоживущих резонансов $\pi\mu$ и $\mu\mu$ оцениваются ниже 10^{-9} .

- На основе данных NA62 измерен наклон электромагнитного формфактора π^0 (R_K) [9]. Измеренное значение $a = (3,68 \pm 0,57) \cdot 10^{-2}$ хорошо согласуется с теоретическими ожиданиями и предыдущими измерениями и представляет собой наиболее точный результат в области передачи времяподобного импульса.

- На основе данных NA62 выполнен поиск тяжелых нейтрино в распадах $K^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$ (этап R_K) [10]. Установлены верхние пределы в диапазоне от $2 \cdot 10^{-6}$ до 10^{-5} на квадрат матричного элемента смешивания $|U_{m4}|^2$ для масс тяжелых нейтрино в диапазоне 300–375 МэВ/с².

Серия публикаций NA62, посвященных разработке и производству детекторов спектрометра установки, была выдвинута на премию ОИЯИ в 2017 г.

Эксперименты на релятивистском коллайдере тяжелых ионов в BNL

STAR

Коллаборация STAR при активном участии группы из ОИЯИ недавно сообщила о первом наблюдении эффекта коллективной поляризации Λ -гиперонов в столкновениях тяжелых ионов [11].

Обнаружено, что направление поляризации Λ -гиперонов коррелирует с направлением углового момента системы на уровне нескольких процентов при нецентральных столкновениях с энергией $\sqrt{s_{NN}} = 7,7\text{--}32$ ГэВ.

Также установлено, что горячая система, возникающая в области средних быстрот, может рассматриваться как жидкость, и гидродинамические расчеты напрямую связывают поляризацию испущенных частиц с так называемой завихренностью (закручиванием потока) жидкости. С использованием этой связи была сделана оценка завихренности жидкости, созданной на RHIC, которая составляет порядка $9 \cdot 10^{21} \text{ с}^{-1}$, что на 14 порядков выше, чем у любой из ранее наблюдаемых жидкостей. Предыдущие результаты показали, что система на RHIC является самой горячей и наименее вязкой (относительно плотности энтропии) из когда-либо созданных. Новый результат добавляет еще один рекорд — столкновения на RHIC производят наиболее завихренную жидкость из всех известных.

СОБЫТИЯ

Международное совещание «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона»

6–7 октября в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина состоялось 5-е Международное совещание потребителей пучков нуклотрона «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона».

Обсуждался текущий статус и перспективы развития нуклотрона — установки, которая предоставляет уникальные возможности для исследований на пучках релятивистских ионов в диапазоне кинетических энергий от сотен МэВ до нескольких ГэВ. Были представлены предложения в программу исследований на пучках нуклотрона и планы сеансов 2017–2018 гг., а также перспективный план работ (до 2020 г.) по эксплуатации и развитию ускорительного комплекса и пучковой инфраструктуры.

Международный семинар «60-летие запуска синхрофазотрона и 110-летие со дня рождения В. И. Векслера»

21 апреля в лаборатории прошел международный семинар, посвященный 60-летию запуска синхрофа-

зотрона и 110-летию со дня рождения В. И. Векслера. В ходе семинара была торжественно открыта площадь им. академика В. И. Векслера.

Встреча рабочей группы России и Китая

28 октября в Пекине состоялась экспертная встреча рабочей группы России и Китая по сотрудничеству в рамках крупных (mega-science) научных инфраструктур. Со стороны Китая во встрече участвовали представители Института современной физики (Ланьчжоу), Института физики плазмы (Хэфэй) и Университета Цинхуа (Пекин). Проект NICA с российской стороны представляла делегация ОИЯИ, возглавляемая руководителем проекта В. Д. Кекелидзе.

Встреча «Сотрудничество ЦЕРН–ОИЯИ: статус и перспективы»

В апреле в Женеве прошла встреча «Сотрудничество ЦЕРН–ОИЯИ: статус и перспективы», посвященная возможной коллаборации двух центров в рамках проектов MPD, BM@N и SPD, а также подготовке документов по включению проекта NICA/MPD в список экспериментов, признаваемых ЦЕРН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *FASA Collab.* Time Scale of the Thermal Multifragmentation in $^4\text{He} + \text{Au}$ Collisions // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics (submitted).
2. *Ladyin V. P. et al.* First Results on the Energy Scan of the Vector A_y and Tensor A_{yy} and A_{xx} Analyzing Powers in Deuteron–Proton Elastic scattering at Nuclotron. Talk at the XVII Workshop on High Energy Spin Physics (DSPIN-17), Sept. 11–15, 2017, Dubna, Russian Federation // J. Phys. Conf. Ser. (to be published).
3. *Ladyin V. P. et al.* First Results on the Measurements of the Proton Beam Polarization at Internal Target at Nuclotron. Talk at the XVII Workshop on High Energy Spin Physics (DSPIN-17), Sept. 11–15, 2017, Dubna, Russian Federation // J. Phys. Conf. Ser. (to be published).
4. *Acharya et al. S. (ALICE Collab.)*. Measuring $K_S^0 K^\pm$ Interactions Using Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV // Phys. Lett. B. 2017. V. 774. P. 64.
5. *Gorbunov I. et al.* Forward-Backward Asymmetry of Drell–Yan Muon Pairs in pp Collisions at 13 TeV. CMS AN-2017/155.
6. *COMPASS Collab.* First Measurement of Transverse-Spin-Dependent Azimuthal Asymmetries in the Drell–Yan Process // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 119. P. 112002;
7. *COMPASS Collab.* First Measurement of the Sivers Asymmetry for Gluons from SIDIS Data // Phys. Lett. B. 2017. V. 772. P. 854.
8. *Aduszkiewicz A. et al.* Measurements of π^\pm , K^\pm , p and anti- p Spectra in Proton–Proton Interactions at 20, 31, 40, 80 and 158 GeV/c with the NA61/SHINE Spectrometer at the CERN SPS // Eur. Phys. J. C. 2017. V. 77. P. 671.
9. *Aduszkiewicz A. et al.* Two-Particle Correlations in Azimuthal Angle and Pseudorapidity in Inelastic $p + p$ Interactions at the CERN Super Proton Synchrotron // Eur. Phys. J. C. 2017. V. 77, No. 2. P. 59.
10. *Lazzeroni C. et al. (NA62 Collab.)*. Measurement of the π^0 Electromagnetic Transition form Factor Slope // Phys. Lett. B. 2017. V. 768. P. 38–45;
11. *Goudzovski E. for NA48/2 and NA62.* Kaon Experiments at CERN: Recent Results and Prospects // Eur. Phys. J. Web Conf. 2016. V. 13. P. 01019.
12. *Lazzeroni C. et al. (NA62 Collab.)*. Search for Heavy Neutrinos in $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ Decays // Phys. Lett. B. 2017. V. 772. P. 712–718.
13. *STAR Collab.* // Nature. 2017. V. 548. P. 62.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ, АСТРОФИЗИКА

В 2017 г. наиболее значимый результат коллаборации «**Байкал-GVD**» — создание, развертывание и эксплуатация в течение 2017 г. на оз. Байкал экспериментальной установки, состоящей из двух кластеров нейтринного телескопа Байкал-GVD. Байкальский нейтринный телескоп является в настоящее время одним из трех крупных действующих нейтринных телескопов по своей эффективной площади и эффективному объему в отношении регистрации природных потоков нейтрино высоких энергий [1]. Установка содержит в общей сложности 576 оптических модулей (ОМ), размещенных на 16 вертикальных гирляндах (по 8 гирлянд в каждом кластере) в интервале глубин от 750 до 1275 м. Нейтринный телескоп Байкал-GVD в конфигурации 2017 г. является глубоководным детектором с эффективным объемом порядка $0,1 \text{ км}^3$ для регистрации нейтрино по каскадной моде, способным вести исследование потока нейтрино астрофизической природы, обнаруженного в экспериментах на нейтринном телескопе IceCube. В течение 2017 г. осуществлялась эксплуатация телескопа Байкал-GVD в режиме непрерывного набора данных и в тестовых режимах. Выполнена комплектация, сборка и испытание в лабораторных условиях оптических модулей и измерительных систем двух последующих (третьего и четвертого) кластеров телескопа Байкал-GVD, содержащих в общей сложности порядка 600 ОМ. Также проводился анализ экспериментальных данных первого кластера. В задаче поиска нейтрино астрофизической природы с использованием каскадной моды детектирования в результате анализа порядка 686 млн событий, соответствующих 182 сут набора данных, выделено 5 событий с энергией выше 100 ТэВ, удовлетворяющих всем критериям отбора. Одно из этих пяти событий имеет множественность сработавших фотодетекторов, равную 38.

В 2017 г. группой ЛЯП в составе коллаборации **Daya Bay** опубликованы наиболее точное измере-

ние параметров осцилляций $\sin^2 2\theta_{13} = 0,0841 \pm 0,0027(\text{стат.}) \pm 0,0019(\text{сист.})$ и $\Delta m_{32}^2 = (2,45 \pm 0,06(\text{стат.}) \pm 0,06(\text{сист.})) \cdot 10^{-3} \text{ эВ}^2$ [2], а также первые экспериментальные ограничения на параметры декогерентности нейтрино [3]. Данные результаты получены при существенном вкладе группы из ЛЯП. При исследовании эволюции потока и спектра антинейтрино было показано, что наблюдаемый дефицит потока антинейтрино связан преимущественно с антинейтрино от распадов продуктов деления изотопа ^{235}U [4].

В рамках проекта **JUNO** для детектора мюонов Top Tracker разработана конструкция поддержки, а также изготовлены и протестированы прототипы. Для мониторинга состояния модулей Top Tracker запущена система регистрации космических мюонов. Изготовлена станция для сканирования ФЭУ диаметром около 50 см [5]. Разработано программное обеспечение для управления станцией, съема, хранения и анализа данных. Станция поставлена из ОИЯИ в Китай и введена в эксплуатацию. Завершена разработка высоковольтной ячейки для индивидуального питания ФЭУ JUNO, завершается подготовка массового (25 тыс.) производства таких ячеек.

В 2017 г. по данным детектора **Borexino** опубликованы результаты анализа временных вариаций потока бериллиевых нейтрино. Полученное значение периода изменения сигнала $T = (367 \pm 10)$ сут можно рассматривать как первое измерение длительности астрономического года с помощью солнечных нейтрино [6]. Получены лучшие ограничения на эффективный магнитный момент солнечных нейтрино $\mu_\nu^{\text{eff}} 2,8 \cdot 10^{-11} \mu_B$ (90 %-й уровень достоверности) [7]. В рамках «многосигнального» подхода к астрофизическим событиям выполнен поиск нейтрино в совпадении с гравитационными всплесками (события GW150914, GW151226 и GW170104) [8] и 2350 всплесками гамма-активности, наблюдавшимися за 8 лет работы детектора [9].

В течение 2017 г. по данным эксперимента **NO ν A** были опубликованы новые измерения параметров осцилляций мюонных нейтрино с накопленной экспозицией $6,05 \cdot 10^{20}$ POT (протонов на мишени) в модах появления электронного нейтрино, исчезновения мюонного нейтрино и поиска возможных осцилляций в стерильные нейтрино в канале нейтрального тока [10–12]. При определяющем вкладе группы из ОИЯИ получены результаты по исследованию эффекта вещества на осцилляции нейтрино в ускорительных экспериментах с длинной базой [13]. В ОИЯИ для эксперимента **NO ν A** в штатном режиме работают удаленный центр управления экспериментом и компьютерная инфраструктура ЛИТ. В 2017 г. по соглашению с Национальной ускорительной лабораторией им. Э.Ферми в ОИЯИ поставлен сцинтиллятор **NO ν A**, характеристики которого будут измерены на стенде в Дубне для уточнения моделирования детектора.

В рамках эксперимента **SuperNEMO** в Моданской подземной лаборатории (LSM, Франция) завершена сборка первого модуля эксперимента — так называемого демонстратора (рис. 1), официальное представление которого состоялось 17 ноября 2017 г. Набор данных начнется в первой половине 2018 г. Целью работы демонстратора является проверка работы модуля и достижение чувствительности по периоду полураспада $0\nu\beta\beta$ $T(0\nu)_{1/2} > 5,9 \times 10^{24}$ лет при нулевом фоне [14]. Впервые получен предел на $0\nu4\beta$ -распад для ^{150}Nd — $T(0\nu)_{1/2} > (1-3) \cdot 10^{21}$ лет [15]. Также был получен окончатель-

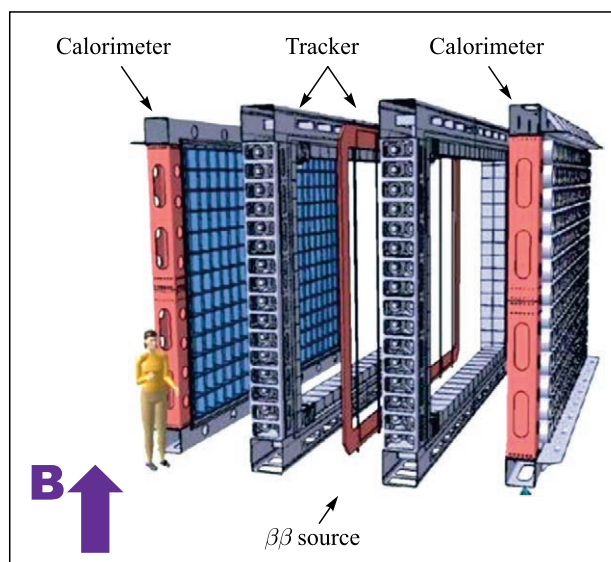


Рис. 1. Первый модуль эксперимента SuperNEMO (демонстратор)

ный предел для времени полураспада при двойном бета-распаде в ^{116}Cd [16].

Прямой поиск WIMP является фундаментальной научной задачей эксперимента **EDELWEISS**. Для поиска рассеяния WIMP–нуклон EDELWEISS использует специально разработанные уникальные HPGe детекторы-болометры, работающие при температуре 20 мК, с одновременным измерением ионизационных и фоновых сигналов, что позволяет проводить высокоэффективный отбор фоновых событий. В настоящее время выросла актуальность поиска легких WIMP, что связано как с отсутствием доказательств SUSY на LHC, так и с новыми теоретическими моделями, отдающими предпочтение WIMP массой меньше 10 ГэВ. В 2017 г. результаты поиска «легких WIMP», полученные EDELWEISS-III (рис. 2), полностью закрывают области предположительной регистрации частиц темной материи в ряде других экспериментов. Для дальнейшего понижения порога регистрации и более интенсивного исследования области WIMP малой массы ведется интенсивные НИОКР по использованию имеющихся детекторов в специальной моде — с внутренним усилением фоновых сигналов из-за эффекта Неганова–Люка [17–19]. Необходимо отметить, что участие ОИЯИ в EDELWEISS обеспечивает возможность использования всей низкофоновой инфраструктуры, включая одну из самых глубоких подземных лабораторий LSM, для создания и тестирования установок, предназначенных для проведения нейтринных экспериментов на Калининской АЭС.

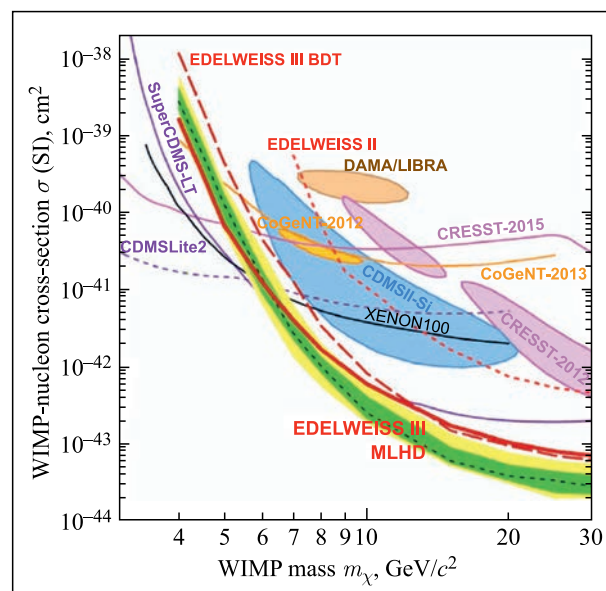


Рис. 2. Результаты поиска WIMP, полученные в эксперименте EDELWEISS-III, в сравнении с другими экспериментами. BDT — результат анализа с помощью метода регрессивного дерева, MLHD — с помощью метода максимального правдоподобия

В 2017 г. продолжался набор данных во второй фазе эксперимента **GERDA**. В июне было проведено «открытие» данных, накопленных в 2016–2017 гг. Полная статистика, использованная для анализа, составила 23,5 и 23,2 кг·лет для первой и второй фаз эксперимента соответственно. Ни одного события вблизи $Q_{\beta\beta}$ обнаружено не было. Установлен новый предел на период полураспада ^{76}Ge $T_{1/2}^0 \nu > 8,0 \cdot 10^{25}$ лет (90 %-й уровень достоверности) при чувствительности $5,8 \cdot 10^{25}$ лет. Это наилучшая чувствительность среди всех существующих экспериментов по поиску $0\nu\beta\beta$ -распада [20]. Накопление данных во второй фазе **GERDA** будет продолжено вплоть до достижения запланированной экспозиции в 100 кг·лет в 2019 г. К тому времени чувствительность эксперимента превысит $1,0 \cdot 10^{26}$ лет. Чувствительность проекта может быть улучшена за счет дополнительного понижения фона и добавления инновационных обогащенных германиевых детекторов.

Детектор **TUS** является первым детектором для измерения флуоресцентного и черенковского излучений широких атмосферных ливней (ШАЛ), рождаемых частицами космических лучей предельно высоких энергий (КЛПВЭ) $E \sim 10^{20}$ эВ, с космической орбиты. **TUS** запущен 28 апреля 2016 г. на солнечно-синхронную орбиту с космодрома «Восточный» на борту спутника «Михаил Ломоносов». Регулярный сбор данных происходит с 16 августа 2016 г. В процессе поиска КЛПВЭ было найдено большое количество фоновых событий различного происхождения, которые возникают в атмосфере Земли. Разработан многоуровневый алгоритм поиска ШАЛ-подобных событий, который был применен к анализу данных **TUS**. Отобрано и проанализировано несколько кандидатов ШАЛ с энергиями ~ 100 ТэВ.

Спутниковый эксперимент **NUCLEON** направлен на измерение энергетических спектров и зарядового состава космических лучей (КЛ) в области энергий 1–1000 ТэВ, непосредственно примыкающей к колону в спектре галактических КЛ. Распределение интенсивности частиц космического излучения

по энергии и распределение по заряду и массе (химический состав) содержат существенную информацию об источниках, механизмах ускорения и распространения КЛ в Галактике. Космический эксперимент **NUCLEON-2** предназначен для проведения исследований изотопного состава сверхтяжелых космических лучей. С помощью спектрометра измеряется изотопный состав ядер космических лучей с энергиями от десятков МэВ/нуклон до ~ 1 ГэВ/нуклон в диапазоне зарядов от азота ($Z = 7$) до приблизительно диспрозия ($Z = 66$). Основной детектор **NUCLEON-2** — микростриповый кремниевый калориметр полного поглощения. ОИЯИ является одним из участников этого эксперимента, проводя, в частности, тесты прототипов на пучках ускорителей, в том числе на нуклотроне [21, 22].

В рамках эксперимента **TAIGA** группа из ОИЯИ отвечает за изготовление механической платформы телескопа, в том числе силовой электроники управления, а также МС-моделирование, участвует в наборе данных в Тунке и их физическом анализе [23]. В декабре 2016 г. первый телескоп **TAIGA-IAC** приступил к работе. В течение зимнего сезона 2016–2017 гг. получено большое количество данных, зарегистрированных совместно с детекторами **HiSCORE**, проводится их анализ. В настоящее время в ОИЯИ идет изготовление второго гамма-телескопа.

В 2017 г. продолжался анализ данных эксперимента **OPERA**. Применение усовершенствованного алгоритма отбора данных позволило поднять статистику найденных событий τ -нейтрино до 10 (при фоне около 2) и увеличить статистическую значимость до 6σ . Получены новые ограничения на вклад нестандартных осцилляций (типа **LSND**) в канале $\nu_\mu \rightarrow \nu$. Получены результаты измерения сезонных вариаций потока космических мюонов в подземной лаборатории Гран-Сассо. Готовится публикация данных эксперимента **OPERA** в рамках программы ЦЕРН Open Data при ведущей роли в этой работе группы ОИЯИ.

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Группой сотрудников ОИЯИ в рамках эксперимента **ATLAS** проведены исследования по поиску распадов бозона Хиггса SM на $b\bar{b}$ кварковую пару при ассоциативном рождении с W - или Z -бозонами на детекторе **ATLAS**. Проанализированные данные, соответствующие $36,1 \text{ fb}^{-1}$ интегральной светимости, были получены в pp -соударениях при энергии в системе центра масс 13 ТэВ на **LHC**. Рассматривались конечные состояния как без лептонов

(мюоны и электроны), так и с одним или двумя лептонами для поиска распадов $Z \rightarrow \nu\nu$, $W \rightarrow l\nu$ и $Z \rightarrow ll$. Для бозона Хиггса с массой 125 ГэВ обнаружено превышение наблюдаемых событий над ожидаемыми фоновыми событиями со значимостью $3,5\sigma$, что сравнимо со значимостью $3,0\sigma$, предсказанной в рамках SM . Данное наблюдение указывает на наличие распадов бозона Хиггса SM на $b\bar{b}$ кварковую пару при ассоциативном рождении с век-

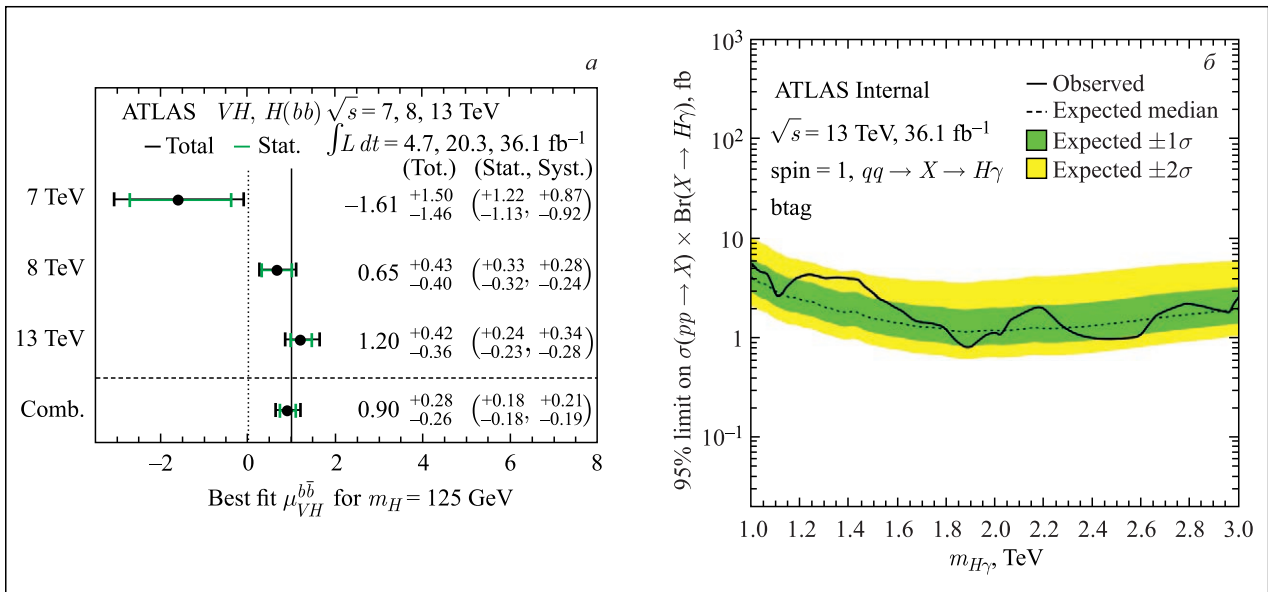


Рис. 3. а) Вычисленные значения отношения измеренного сечения процесса $VH(\rightarrow bb)$ к предсказанному $m_H = 125$ ГэВ для данных при 7, 8 и 13 ТэВ и их комбинации. б) Полученные пределы на сечение рождения $H\gamma$ -резонансов как функция его массы

торными бозонами. Объединение данного результата с результатами, полученными в предыдущие годы, позволяет вычислить отношение измеренного сечения рассматриваемого процесса к предсказанному $\mu = 0,90 \pm 0,18$ (стат.) $^{+0,21}_{-0,19}$ (сист.) (рис. 3, а) [24].

Проведены исследования по поиску новых резонансов с массой более 1 ТэВ, распадающихся на $W/Z/H$ -бозон и фотон. Проанализированные данные, соответствующие 36,1 фб $^{-1}$ интегральной светимости, были получены в протон-протонных соударения при энергии в системе центра масс 13 ТэВ. $W/Z/H$ -бозоны рассматривались в распадах на адроны. Показано, что данные хорошо согласуются с ожидаемым фоном во всем спектре рассматриваемых масс (рис. 3, б); предел на сечение рождения с учетом вероятности распада на $W/Z/H + \gamma$ для узкого скалярного бозона был поставлен в интервале масс от 1 до 6,8 ТэВ.

Основными задачами группы SANC на 2017 г. являлись участие в анализе процессов типа Дрелла-Яна эксперимента ATLAS, участие в рабочей группе DYTURBO, созданной для фитирования эффективного электрослабого угла смешивания, разработка и поддержка проекта xFitter [25]. Для эксперимента ATLAS группой была проведена подготовка теоретического моделирования и инструментов для быстрого вычисления дифференциальных сечений. В пакет DYTURBO внедрены библиотеки поправок высших порядков. В рамках поддержки проекта xFitter проведено исправление ошибок, добавление новых экспериментальных данных и их анализа, внедрение фотонных PDF из анализа данных high-mass Дрелла-Яна на LHC.

В рамках проекта Mu2e в 2017 г. исследована возможность получения низкоинтенсивного (1–3 электрона) пучка электронов на линейном ускорителе ЛИНАК-200. Низкоинтенсивный пучок с 1–3 электронами на каждом сбросе позволит изучить характеристики кристаллов CsI. Для триггерной системы электронного ускорителя ЛИНАК-200 разрабатывается 16-канальный волоконный профилометр на базе 2-мм скинтилляционных волокон Kuraray SCSF 81J со считыванием сигналов с помощью 16-канального ФЭУ. Для установки Mu2e продолжается НИРоКР УФ-фотоприемника для выделения быстрой компоненты излучения скинтилляционных кристаллов BaF $_2$ [26]. Чтобы получить фотодетектор, который может быть использован в электромагнитном калориметре Mu2e, создан фотоумножитель на основе микроканальных пластин. В рамках работ по мюонной вето-системе продолжались работы по исследованиям световыходов и радиационной стойкости скинтилляционных стрипов с оптическим наполнителем. Создан набор катодных стриповых камер размерами 1 \times 1 м для тестирования собираемых модулей космической вето-системы эксперимента Mu2e [27].

В рамках проекта COMET в 2017 г. проведены испытания в Университете Тохоку (Япония) на электронном пучке (1,3 ГэВ), также на пучке с энергией 105 МэВ были протестированы прототипы электромагнитного калориметра и строу-трекера. Прототип калориметра включал 16 модулей LYSO-кристаллов. Каждый модуль состоял из четырех кристаллов, в сумме в прототипе было 64 кристалла. Для прототипа калориметра получены следующие результаты: пространственное разрешение 7,6 мм, энерге-

тическое разрешение 4,4 % и временное разрешение 0,4 нс. Также была измерена эффективность и пространственное разрешение прототипа строу-трекера в зависимости от разных типов и комбинаций газов. Результаты измерений показали, что лучшая эффективность > 90 % и пространственное разрешение < 150 мкм получены для аргона [28].

В рамках эксперимента **MEG-II**, являющегося продолжением эксперимента MEG (в котором было получено новое значение верхнего предела относительной вероятности распада $\text{Br}(\mu^+ \rightarrow e^+\gamma) < 4,2 \cdot 10^{-13}$ (90 %-й уровень достоверности)), проводится модернизация с целью повышения чувствительности на один порядок по сравнению с конечным результатом. Группа из ОИЯИ в 2017 г. начала разрабатывать новый позитронный трекер с уменьшенной радиационной длиной и лучшим пространственным разрешением, а также новую систему сбора данных.

В рамках проекта **GDH&SPASCHARM** впервые выполнены измерения пучковой асимметрии комптоновского рассеяния на протоне ниже порога фоторождения пионов [29]. Полученные результаты подтверждают предсказания моделей, основанных на теории возмущений и дисперсионных соотношениях, и существенно отличаются от борновского приближения, в котором не учтены вклады скалярных поляризуемостей протона. Полученные результаты показывают, что измерение пучковой асимметрии ниже порога является альтернативным способом определения скалярных поляризуемостей по отношению к измерениям неполяризованного сечения комптоновского рассеяния.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В ЛЯП создан высокоточный инструмент нового поколения — **прецизионный лазерный инклинометр** [32], сделавший возможным мониторинг угловых колебаний поверхности Земли в двух ортогональных направлениях в диапазоне 10^{-6} –4 Гц с максимальной чувствительностью $2,4 \cdot 10^{-11}$ рад/Гц^{1/2}. Прибор уверенно регистрирует угловые наклоны поверхности Земли, вызванные Луной, Солнцем, удаленными (более 104 км) землетрясениями, микросейсмическим пиком и источниками индустриального происхождения. Обсуждается применение инклинометра для стабилизации пространственного положения пучков в первоочередной программе ЦЕРН повышения светимости ЛНС.

В 2017 г. изготовлены первые образцы принципиально нового инструмента — профессионального прецизионного лазерного инклинометра (ППЛИ).

На пучке монохроматических фотонов ускорителя МАМІ коллаборацией А2 выполнены исследования реакций $\gamma p \rightarrow \eta p$ и $\gamma p \rightarrow \eta' p$ от порога до энергии в системе центра масс $W = 1,96$ ГэВ. Дифференциальные сечения этих реакций впервые измерены в полном угловом диапазоне с рекордной статистической точностью и с лучшим в мире энергетическим разрешением. В полном сечении фоторождения η -мезона обнаружен резкий излом при энергиях вблизи порога рождения η' -мезона $W = 1896$ МэВ ($E\gamma = 1447$ МэВ). В рамках развитой новой изобарной модели η MAID2017 этот излом в сочетании с крутым нарастанием полного сечения фоторождения η' -мезона от его порога однозначно объясняется вкладом предсказанного ранее нуклонного резонанса $N(1895)1/2^-$. Полученные новые прецизионные данные позволили впервые в мире определить свойства этого резонанса [30].

Впервые измерены дважды поляризованная наблюдаемая E и спин-зависимые сечения $\sigma_{1/2}$ и $\sigma_{3/2}$ для фоторождения π^0 -мезонов на протонах и нейтронах, связанных в дейтроне. В эксперименте использовались пучок циркулярно-поляризованных фотонов от ускорителя МАМІ и продольно-поляризованная мишень на основе дейтерированного бутанола. Продукты реакции (нуклоны отдачи и γ -кванты от распада π^0 -мезонов) регистрировались электромагнитными калориметрами Crystal Ball и TAPS. Сравнение с данными, полученными на свободных протонах, показывает, что абсолютная величина сечений значительно изменяется под действием эффектов взаимодействия в конечном состоянии. Однако эти эффекты не оказывают заметного влияния на асимметрию E [31].

Полностью собранные и испытанные в Дубне два ППЛИ направлены для комплексного тестирования и доводки в ЦЕРН (Швейцария) и в Сейсмическую обсерваторию в Гарни (Армения). В официальную базу данных ЦЕРН включена техническая документация о вводе в эксплуатацию в ТТ1 первого ППЛИ за авторством сотрудников ЛЯП ОИЯИ [33]. Создание прибора отмечено на совещании ЦЕРН–Россия в октябре 2017 г.

В рамках проекта **SC200** в соответствии с соглашением о сотрудничестве между ОИЯИ и ИФП (Хэфэй, КНР) планировалось изготовить в Китае два циклотрона: первый — для протонной терапии в Хэфэе, а второй — для исследовательской и лечебной программы протонной терапии вместо фазотрона в Дубне. В настоящее время проект SC202 завершен, каждая подсистема циклотрона для Хэфэя

либо находится в производстве, либо уже изготовлена и тестируется. Циклотрон SC202 (Дубна) находится на стадии проектирования. В нем будет использована схема вывода, существенно отличающаяся от схемы, примененной в циклотроне для медицинского центра Хэфэя. Частицы из циклотрона SC202 (Дубна) будут выведены одним электростатическим дефлектором и двумя магнитными каналами. В системе вывода из SC202 (Дубна) будут установлены дополнительные каналы для компенсации первой гармоники магнитного поля, которая может вызывать опасные резонансы $2Q_z = 1$ и $Q_r - Q_z = 1$. Предложенная схема вывода позволяет эффективно выводить пучок из изохронного сверхпроводящего циклотрона с минимальным увеличением огибающих пучка. Потери пучка будут определяться в основном толщиной септума дефлектора и составят минимум 15%. Подобную схему вывода можно применить для циклотрона со стандартной для протонной терапии энергией 230–250 МэВ.

На базе **Медико-технического комплекса (МТК) 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. В 2017 г. совместно с Российской медицинской академией постдипломного образования Минздрава РФ (Москва) и радиологическим отделением МСЧ-9 проводились регулярные сеансы протонной терапии по клиническому исследованию ее эффективности при лечении различных новообразований. В течение года проведено семь лечебных циклов суммарной продолжительностью 28 недель. На медицинском протонном пучке курс фракционированного лучевого лечения прошли 46 пациентов, при этом общее количество протонных терапевтических облучений (полей) составило около 4000. Кроме того, на гамма-терапевтическом аппарате «Рокус-М» были пролечены еще 27 пациентов (1600 полей) [34, 35].

Совместно с сотрудниками отдела радиационной дозиметрии Института ядерной физики (Прага, Чехия) проведена дозиметрическая калибровка источника ^{60}Co гамма-облучателя «Рокус-М» на основе рекомендаций МАГАТЭ с использованием водного фантома. Также проводились работы по измерению фоновых условий в кабине протонной терапии ЛЯП ОИЯИ с использованием термолюминесцентных детекторов и радиохромных пленок. Совместно с сотрудниками ЛРБ ОИЯИ проводились работы по измерению нейтронного фона в кабине протонной терапии ЛЯП ОИЯИ. Эти измерения важны для оценки риска облучения здоровых тканей во время протонной радиотерапии.

Совместно с сотрудниками факультета физики Бухарестского университета (Магурель, Румыния),

отдела радиационной дозиметрии Института ядерной физики (Прага, Чехия) и центра протонной терапии в Праге проводились измерения влияния зубных имплантов на пространственные дозные распределения в антропоморфном фантоме на протонных пучках фазотрона ЛЯП ОИЯИ и РТС в Праге. Кроме того, подобные эксперименты были проведены в Центре протонной терапии в Чикаго (США) с использованием разработанной в этом центре методики протонной компьютерной томографии. Совместно с сотрудниками Института медико-биологических проблем и ЛРБ ОИЯИ проводились работы по изучению воздействия протонов с различными значениями ЛПЭ на биологические объекты.

В рамках проекта «**Радиоген**» завершен сравнительный анализ цитогенетической и генетической природы и частоты мутаций пяти генов (yellow, white, black, cinnabar, vestigial), индуцированных γ -излучением ^{60}Co (5–40 Гр) и нейтронами деления 0,85 МэВ (2,5–20 Гр) в гаплоидном геноме зародышевых клеток самцов *Drosophila melanogaster*. Установлено, что все мутации каждого гена можно разделить на «точковые», у которых повреждения локализованы в пределах гена, и геномные с сопутствующими повреждениями в геноме. При этом частота гамет с «точковыми» мутациями практически одинакова для изученных генов и видов радиации, варьируясь в пределах $(0,9–1,3) \cdot 10^{-6}/\text{ген/Гр}$, тогда как частота гамет с геномными повреждениями существенно выше, варьируясь для разных генов в пределах $(1,5–4,0) \cdot 10^{-6}/\text{ген/Гр}$ для γ -излучения и в пределах $(4,5–7,1) \cdot 10^{-6}/\text{ген/Гр}$ для нейтронов [36, 37].

В рамках **НИР новых полупроводниковых детекторов** в 2017 г. завершены работы по оснастке и запуску участка по производству микроячейных камер малого мюонного колеса мюонного спектрометра установки ATLAS. Участок включает в себя пять рабочих помещений, в том числе чистую комнату (площадь 72 м², класс чистоты ISO 7) по производству считывающих панелей и тестированию их геометрических характеристик, зал (~150 м²), где расположен стенд для проведения испытаний камер на космических лучах, комнату (~25 м²) для испытания панелей на присутствие газовой течи, чистую комнату (~50 м², класс чистоты ISO 6) для сборки и тестирования квадруплетов и помещение (~25 м²) для мойки панелей.

На участке сборки установлены, испытаны и введены в эксплуатацию ряд стендов и систем: стенд для полуавтоматического измерения геометрических характеристик, стенд для проверки панелей на наличие газовой течи, стенд для сборки квадруплетов, стенд тестирования квадруплетов с помощью мюонов от космических лучей, полуавтоматическая система склеивания, система двух опорных столов со снимающимся подпорками для быстрого и точного развертывания на них системы склеивания. Начато

серийное производства камер Micromegas и квадруплетов на их основе.

В соответствии с утвержденным в 2015г. в ATLAS планом работ были изготовлены и тщательно проверены 10 пиксельных детекторов на основе микросхемы Timepix с сенсором из GaAs:Cr. В 2016–2017 гг. эти детекторы были размещены в различных местах установки ATLAS. Для сбора, хранения и обработки получаемой информации создана и запущена система съема и хранения данных ATLAS GaAsPix. В ходе сеансов эксперимента ATLAS в 2017 г. проводилась непрерывная запись показаний всех детекторов. В настоящее время ведутся работы по созданию программного обеспечения для системы идентификации зарегистрированных детекторами событий по видам изучения (гамма, электроны, релятивистские заряженные частицы и нейтроны).

Основным направлением работ сектора электронного охлаждения ЛЯП ОИЯИ в течение 2017 г.

было развитие метода **позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС)** в варианте измерения доплеровского уширения линии спектра излучения, возникающего при аннигиляции позитронов на электронах атомов исследуемого вещества (доплеровская ПАС). Метод позволяет исследовать распределение дефектов в различных материалах. Проведено 11 сеансов спектроскопии на пучке монохроматических позитронов. Исследовано развитие дефектов в меди, нержавеющей стали и бронзе после различных по силе воздействий пескоструйного аппарата, а также исследованы концентрации дефектов, возникающих в меди, серебре и титане в результате облучения ионами Xe^{26+} . Начато конструирование элементов оборудования канала ПАС: ВЧ-резонатора и участка ускорения позитронов системы формирования упорядоченного потока позитронов для создания спектрометра ПАС в варианте измерения времени жизни позитронов в веществе (Positron Lifetime Annihilation Spectroscopy — PALS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Avrorin A. D. et al.* Gigaton Volume Detector (GVD) in Lake Baikal: Status of the Project // XVII Intern. Workshop on Neutrino Telescopes. PoS(NEUTEL2017)063.
2. *An F. P. et al.* Measurement of Electron Antineutrino Oscillation Based on 1230 Days of Operation of the Daya Bay Experiment. arXiv:1610.04802 [hep-ex]; Phys. Rev. D (submitted).
3. *An F. P. et al.* Study of the Wave Packet Treatment of Neutrino Oscillation at Daya Bay // Eur. Phys. J. C. 2017. V. 77, No. 9. P. 606.
4. *An F. P. et al.* Evolution of the Reactor Antineutrino Flux and Spectrum at Daya Bay // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 118. P. 251801.
5. *Anfimov N. (on behalf of the JUNO Collab.)* Large Photocathode 20-inch PMT Testing Methods for the JUNO Experiment // JINST. 2017. V. 12.
6. *Agostini M. et al.* Seasonal Modulation of the ^7Be Solar Neutrino Rate in Borexino // Astropart. Phys. 2017. V. 04. P. 004.
7. *Agostini M. et al.* Limiting Neutrino Magnetic Moments with Borexino Phase-II Solar Neutrino Data // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 091103.
8. *Agostini M. et al.* A Search for Low-Energy Neutrinos Correlated with Gravitational Wave Events GW150914, GW151226 and GW170104 with the Borexino Detector // Astrophys. J. 2017. V. 850. P. 21.
9. *Agostini M. et al.* A Search for Low-Energy Neutrino and Antineutrino Signals Correlated with Gamma-Ray Bursts with Borexino // Astropart. Phys. 2016. V. 10. P. 004.
10. *Adamson P. et al.* Constraints on Oscillation Parameters from νe Appearance and $\nu\mu$ Disappearance in $\text{NO}\nu\text{A}$ // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 118. P. 231801.
11. *Adamson P. et al.* Measurement of the Neutrino Mixing Angle θ_{23} in $\text{NO}\nu\text{A}$ // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 118. P. 151802.
12. *Adamson P. et al.* Search for Active-Sterile Neutrino Mixing Using Neutral-Current Interactions in $\text{NO}\nu\text{A}$ // Phys. Rev. D. 2017. V. 96. P. 072006.
13. *Kolupaeva L., Samoylov O., Shandrov I.* Matter Effect in Neutrino Oscillations for Long-Baseline Experiments // Part. Nucl. Lett. 2017. V. 14, Iss. 7. P. 975–980.
14. *Barabash A. S. et al.* Calorimeter Development for the SuperNEMO Double Beta-Decay Experiment // Nucl. Instr. Meth. A. 2017. V. 868. P. 98–108.
15. *Arnold R. et al.* Search for Neutrinoless Quadrupole-b Decay of the Nd-150 with the NEMO-3 Detector // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 119. P. 041801.
16. *Arnold R. et al.* Measurement of the Double Beta-Decay Half-Life and Search for the Neutrinoless Double Beta-Decay of Cd-116 with the NEMO-3 Detector // Phys. Rev. D. 2017. V. 95. P. 012007.
17. *Arnaud Q. et al.* Optimizing EDELWEISS Detectors for Low-Mass WIMP Searches 2017. arXiv:1707.04308; Phys. Rev. D (submitted).
18. *Armengaud E. et al.* Measurement of the Cosmogenic Activation of Germanium Detectors in EDELWEISS-III // Astropart. Phys. 2017. V. 91. P. 51–64.
19. *Armengaud E. et al.* Performance of the EDELWEISS-III Experiment for Direct Dark Matter Searches // JINST. 2017. V. 12, No. 08. P. 08010.

20. *Agostini M. et al.* Background-Free Search for Neutrinoless Double- β Decay of ^{76}Ge with GERDA // *Nature*. 2017. V. 544. P. 47.
21. *Atkin E. et al.* First Results of the Cosmic Ray NUCLEON Experiment // *JCAP*. 2017. V. 1707, No. 07. P. 020.
22. *Atkin E. et al.* The NUCLEON Experiment. Results of the First Year of Data Acquisition // *Astropart. Phys.* 2017. V. 90. P. 69–74.
23. *Budnev N. et al. (TAIGA Collab.)*. From Cosmic Ray to Gamma-Ray Astronomy in the Tunka Valley // *Nucl. Instr. Meth. A*. 2017. V. 845. P. 330–333.
24. *Akhmadov F. et al.* Evidence for the $H \rightarrow b\bar{b}$ Decay with the ATLAS Detector // *JHEP*. 2017. V. 12. P. 024.
25. *Giuli F. et al. (xFitter Developers' Team)*. The Photon PDF from High-Mass Drell–Yan Data at the LHC // *Eur. Phys. J. C*. 2017. V. 77, No. 6. P. 400.
26. *Atanov N. et al.* The Calorimeter of the Mu2e Experiment at Fermilab // *JINST*. 2017. V. 12, No. 01. P. C01061.
27. *Artikov A. et al.* Light Yield and Radiation Hardness Studies for the Scintillation Strips with an Optical Filler. arXiv:1711.11393v1 [physics.ins-det].
28. *Калинников В., Величева Е., Цамалаидзе З., Лобко А., Мисевич О.* Исследование методов улучшения однородности светосбора в кристаллах для электромагнитного калориметра эксперимента «СОМЕТ» // *Аспекты сцинтилляционной техники / Под ред. А.В.Гектина. Харьков: ИСМА, 2017. С. 21–41.*
29. *Sokhoyan V. et al.* Determination of the Scalar Polarizabilities of the Proton Using Beam Asymmetry Σ_3 in Compton Scattering // *Eur. Phys. J. A*. 2017. V. 53, No. 2. P. 14.
30. *Kashevarov V.L. et al.* Study of η and η' Photoproduction at MAMI // *Phys. Rev. Lett.* 2017. V. 118, Iss. 21. P. 212001.
31. *Dieterle M. et al.* First Measurement of the Polarization Observable E and Helicity-Dependent Cross Sections in Single π^0 Photoproduction from Quasi-Free Nucleons // *Phys. Lett. B*. 2017. V. 770. P. 523–531.
32. *Azaryan N., Batusov V., Budagov J., Glagolev V., Lyablin M., Trubnikov G., Shirkov G., Gayde J.Ch., Di Girolamo B., Herty A., Mainaud Durand H., Mergelkuhl D., Rude V.* Comparative Analysis of Earthquakes Data Recorded by the Innovative Precision Laser Inclinometer Instruments and the Classic Hydrostatic Level System // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2017. V. 14, No. 3. P. 480.
33. *Di Girolamo B.* Status and Perspectives from In-Kind Contributions. Status of JINR–CERN, HL-LHC Annual Meeting — Collaboration Board, Madrid, 13.11.2017.
34. *Лучин Е.И. и др.* Протонная конформная лучевая терапия внутричерепных новообразований: клинический опыт на медицинском протонном пучке фазотрона ОИЯИ // *Международная научно-практическая конференция «Ядерная медицина и лучевая терапия: современное состояние и ближайшие перспективы»*. Москва, 6 декабря 2017 г. Тез. докл. (в печати).
35. *Цейтлина М.А. и др.* Протонная терапия хордом и хондросарком основания черепа // *Там же*.
36. *Александрова М.В., Александров И.Д.* Радиационная биология структурно разных генов *Drosophila melanogaster*. Сообщение 6. Ген cinnabar: секвенирование γ - и нейтрон-индуцированных «точковых» мутаций // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2018 (в печати).
37. *Кравченко Е.В., Дубовик С.В., Александрова М.В., Александров И.Д.* Радиационная биология структурно разных генов *Drosophila melanogaster*. Сообщение 7. Ген yellow: общая характеристика радиомутабельности и ПЦР-анализ «точковых» мутаций // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2018 (в печати).



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г. Н. ФЛЕРОВА

В 2017 г. на действующих циклотронах Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова У-400, У-400М и ИЦ-100 выполнен широкий круг научных и прикладных исследований в области физики тяжелых ионов. Суммарное время работы циклотронов в 2017 г. составило 15 700 ч. Основное время работы циклотрона У-400 было использовано для выполнения программы исследований на пучках ^{48}Ca (установки ГНС и SHELS) и ^{50}Ti (установка SHELS). Основное время работы циклотрона У-400М было использовано для выполне-

ния программы исследований на пучках ^{15}N (установки ACCULINNA-1,2), ^{22}Ne (установка COMBAS) и ^{48}Ca (установка MASHA). Модернизированный циклический имплантатор ИЦ-100 используется для выполнения программы прикладных исследований. На микротроне МТ-25 в течение 670 ч выполнялись прикладные исследования в рамках программ совместных работ с лабораториями ОИЯИ, МГУ и сотрудничества с ЮАР, Польшей, Болгарией, Сербией, Белоруссией, Казахстаном, Чехией.

DRIBs-III

УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПУЧКОВ ИОНОВ СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ

Создание ускорительного комплекса «Фабрика сверхтяжелых элементов» на базе циклотрона ДЦ-280 [1]. В 2016 г. в зале циклотрона ДЦ-280 был установлен основной магнит и проведена юстировка магнитной структуры. В январе–феврале 2017 г. смонтирован коммутирующий магнит системы транспортировки ускоренных пучков. Начат монтаж каналов транспортировки пучков. В апреле–мае смонтирована эстакада для системы инъекции и высоковольтная платформа. В мае–июне подключено электропитание основного магнита и запущена система водоохлаждения. В июне–сентябре проведены магнитные измерения, сделано шиммирование магнитной структуры, измерены вклады в магнитное поле радиальных корректирующих катушек. Распределение среднего магнитного поля вдоль радиуса оказалось близким к расчетному значению. В июле и сентябре установлены ионно-оптические элементы канала инъекции. В июле–октябре смонтированы высокочастотные генераторы и фидерные линии ДЦ-280. В сентябре–октябре на секторах ДЦ-280 смонтированы азимутальные корректирующие катушки, установлены направляющие внутрен-

них пробников. В ноябре собрана вакуумная камера ДЦ-280, проведена тестовая откачка на вакуум до уровня $3 \cdot 10^{-3}$ Торр. В конце октября завершены стендовые испытания ЭЦР-источника DECRIS-PM, длившиеся с конца 2016 г., параметры источника соответствуют проектным [2]. Проведена юстировка элементов аксиальной инъекции и смонтировано вакуумное оборудование. В декабре ЭЦР-источник установлен на высоковольтной платформе циклотрона ДЦ-280. Проведен монтаж и юстировка ускоряющей системы: резонаторов и дуантов. Основная часть монтажных работ циклотрона ДЦ-280 завершена. Наладку и испытания систем, комплексные пусконаладочные работы и запуск ДЦ-280 планируется выполнить в первой половине 2018 г.

Развитие действующего ускорительного комплекса ЛЯР. В рамках подготовки к реконструкции циклотрона У-400Р выработаны исходные данные для проектирования нового экспериментального зала, в настоящее время проводятся конкурсы по закупке необходимого оборудования.

В рамках программы модернизации циклотрона У-400М (увеличение энергии легких ионов до 50–70 МэВ/нуклон) [3]:

- сделана оценка влияния новой основной обмотки на магнитное поле циклотрона;
- проведено исследование возможности повышения энергии легких ионов для существующих систем циклотрона У-400М — аксиальной инжекции, магнитной структуры и вывода;
- проведены расчеты шиммирования магнита для увеличения радиуса вывода пучка;
- сделана оценка параметров системы аксиальной инжекции при увеличении напряжения экстракции в ЭЦР-источнике ионов до 40 кВ;
- определены параметры спирального инфлектора, центральной области и эффективности захвата в ускорение при увеличенной энергии инжекции;
- проведен расчет параметров системы вывода пучка из циклотрона.

Создание экспериментальных установок комплекса «Фабрика сверхтяжелых элементов». Новый газонаполненный сепаратор ядер отдачи (DGFRS-II) изготовлен и доставлен в Дубну. Монтаж сепаратора запланирован на начало 2018 г.

В 2017 г. заключен контракт с компанией «SigmaPhi» на изготовление пресепаратора для химических исследований СТЭ. Установка и монтаж пресепаратора запланированы на 2019 г.

Фрагмент-сепаратор ACCULINNA-2. Фрагмент-сепаратор ACCULINNA-2 введен в эксплуатацию. Первые радиоактивные пучки были получены в марте 2017 г., после чего стало возможным выполнение научной программы. Экспериментально подтверждены основные проектные ионно-оптические характеристики установки для нескольких радиоактивных пучков (^{14}B , ^{12}Be , $^{9,11}\text{Li}$, $^{6,8}\text{He}$ и др.). Полученные выходы этих изотопов оказались в среднем в 25 раз выше по сравнению с данными для сепаратора ACCULINNA-1, работающего в ЛЯР с 1996 г.

Создание сепаратора на основе резонансной лазерной ионизации (установка GaLS). Доставлено в ЛЯР и смонтировано в лазерной лаборатории оборудование, необходимое для завершения первой части лазерной подсистемы (непрерывные TiSa-лазер и лазер на красителе, диагностика пучков, удваивающая оптика и т. д.). В 2018 г. начнутся тестовые эксперименты по селективной резонансной лазерной ионизации

с использованием референсных ячеек, которые сейчас находятся в стадии подготовки.

Изготовлены и доставлены в лабораторию интерфейсные подсистемы (система экстракции ионов, линза Эйнзеля, корректирующие диполи и т. д.). Закончено производство магнита сепаратора. На площадке производителя проведена совместная сборка ярма и катушек сепаратора, а также проведены испытания. Совместная сборка с вакуумной камерой сепаратора и испытания запланированы на 2018 г. Завершено изготовление газовой ячейки для первоочередных экспериментов. Разработана усовершенствованная конструкция лентопротяжной станции и закончено изготовление ее прототипа в лаборатории iThemba. Тестовые эксперименты с новой лентопротяжной станцией запланированы на 2018 г.

Проведено моделирование системы извлечения ионов (с использованием пакета Simion 8.0), показавшее, что система, разработанная в ЛЯР, обладает лучшими характеристиками по уровню потерь пучка и разбросу по энергии ионов, чем аналогичная установка LISOL (Левен, Бельгия) [4]. Исследованы основные спектроскопические характеристики атомов осмия. Найдены подходящие переходы для многоступенчатой лазерной ионизации [4].

Масс-спектрометр MASHA. Создана и внедрена новая система управления установки MASHA, основанная на стандарте WAGO-I/O-SYSTEM. Система прошла успешное тестирование в двух экспериментах, выполненных в текущем году.

Проведен тестовый эксперимент по испытаниям новой конструкции горячего поглотителя, основанный на использовании тонкой бумаги из графитовых нанотрубок и графена для синтеза ядер при высокой интенсивности первичного пучка. В тестах использовались реакции слияния $^{40}\text{Ar} + ^{144}\text{Sm}$ и $^{40}\text{Ar} + ^{166}\text{Er}$, в которых получались короткоживущие изотопы ртути и радона. Измерения показали перспективность применения этих материалов при интенсивности пучка ^{40}Ar вплоть до 0,5 мкА.

Продолжены работы по созданию и испытанию новой конструкции ЭЦР-источника и горячей ловушки. Особенностью новой конструкции является возможность работы всего комплекса при температуре до 300 °С, при этом внутренняя поверхность вакуумных объемов будет иметь химически инертное стеклоэмалевое покрытие.

Текущее положение дел с развитием сепаратора MASHA изложено в [5].

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЯДЕР НА ГРАНИЦАХ СТАБИЛЬНОСТИ

Синтез новых элементов. В конце 2016 г. начаты и в 2017 г. продолжены эксперименты по синтезу и изучению радиоактивных свойств нейтронодефицит-

ных изотопов флеровия (элемента 114) и продуктов их α -распада, образующихся в реакции полного слияния $^{240}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ при энергии ионов ^{48}Ca 250 МэВ.

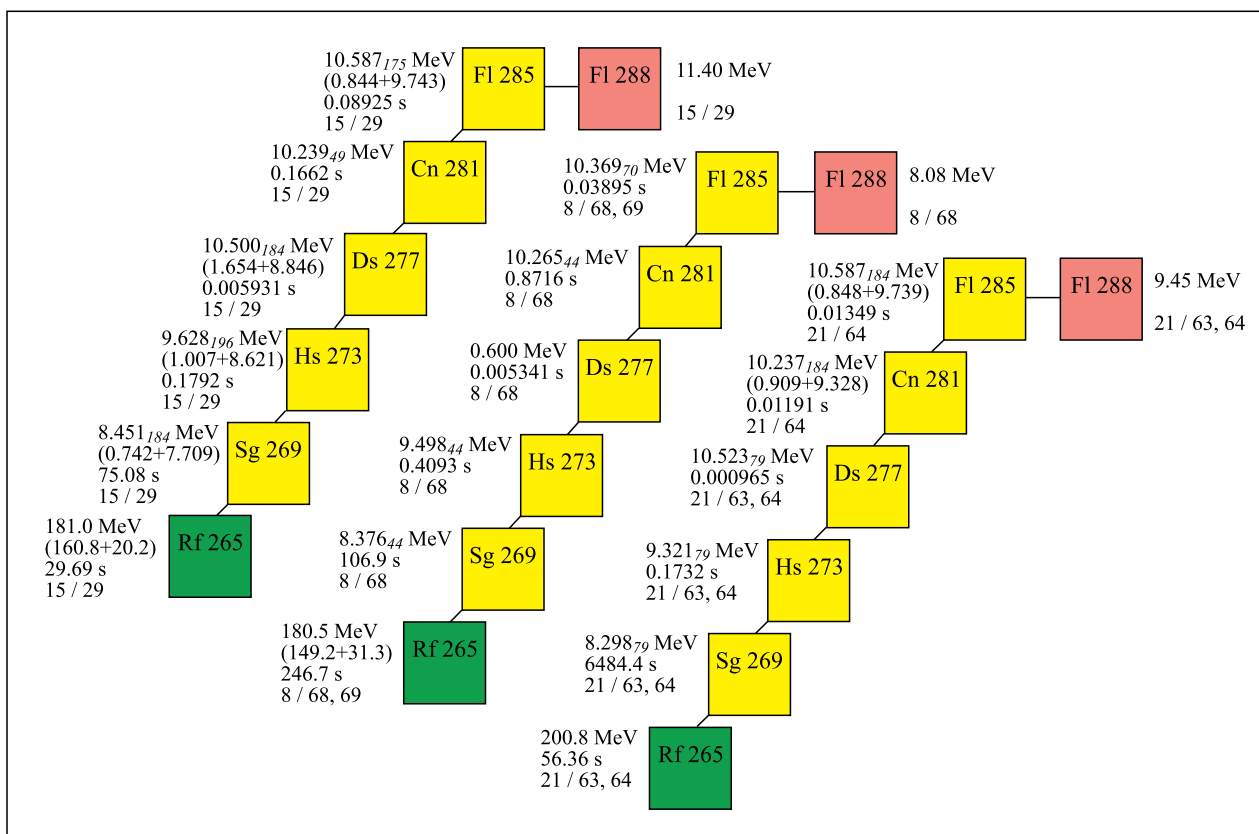


Рис. 1. Цепочки распада материнского ядра ^{285}Fl , зарегистрированные в 2016–2017 гг. в реакции $^{240}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$

Полная доза ионов ^{48}Ca составила $1,4 \cdot 10^{19}$. Работа выполнена на газонаполненном сепараторе DGFRS в ЛЯР ОИЯИ в сотрудничестве с научными центрами в Ок-Ридже (ORNL), Ноксвилле (UT), Варшаве (UW), Нэшвилле (VU), Оломоуце (PU), Ливерморе (LLNL) и Ланчжоу (IMP).

Зарегистрированы три цепочки распада изотопа ^{285}Fl и пяти его дочерних ядер от ^{281}Cn до ^{265}Rf (рис. 1). Радиоактивные свойства большинства ядер в цепочках хорошо согласуются с данными, полученными в одной цепочке, зарегистрированной на сепараторе BGS (Беркли, США) в реакции $^{242}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 5n) ^{285}\text{Fl}$, и трех цепочках, полученных ранее в реакции $^{240}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 3n) ^{285}\text{Fl}$ на DGFRS. Однако в последней цепочке на рис. 1 время распада ^{269}Sg в 33 раза превысило среднее время жизни, определенное из других цепочек этого изотопа. Кроме того, времена распада дочерних ядер ^{285}Fl , ^{281}Cn , ^{277}Ds и ^{273}Hs оказались короче, а энергии α -частиц ^{273}Hs и ^{269}Sg меньше, чем величины, наблюдавшиеся в остальных случаях. Такое различие в свойствах ядер может свидетельствовать о наблюдении распадов по их различным возбужденным уровням. Сечение реакции $^{240}\text{Pu} (^{48}\text{Ca}, 3n) ^{285}\text{Fl}$ при энергии 250 МэВ составило $0,58_{-0,33}^{+0,60}$ пб, что в 3–4 раза меньше, чем при энергии 245 МэВ, в соответствии с ожидаемым для $3n$ -канала реакции. Также зарегистрировано 25 распадов спонтанно де-

лящихся ядер, часть из которых может быть обусловлена ^{284}Fl , а также изомерами $^{240,242\text{mf}}\text{Am}$.

Химия трансактиноидов. Основные результаты в 2017 г. получены в экспериментах по изучению условий образования летучих химических соединений Nh в среде инертных газов, а также при обработке данных экспериментов по изучению влияния релятивистских эффектов на химические свойства сверхтяжелых элементов Nh [6] и Cn, Fl [7], выполненных ранее на ускорителе У-400.

Завершен анализ данных эксперимента, проведенного на химической установке «Криодетектор» с предварительным отделением изотопов Nh от пучка ускоренных ионов ^{48}Ca и продуктов реакций неполного слияния с атомами мишени ^{243}Am на газонаполненном сепараторе ГНС [6]. В результате установлен нижний предел взаимодействия элементного Nh с поверхностью тефлона $-\Delta H_{\text{ads}}^{\text{teflon}}(\text{Nh}) > 45$ кДж/моль (рис. 2). Из этого следует, что транспорт изотопов Nh через тефлоновый капилляр невозможен при комнатной температуре и в ранее выполненных термохроматографических экспериментах. Наблюдалась летучесть не атомарного Nh, а его химических соединений NhO_xH_y .

На сепараторе SHELS выполнены эксперименты, направленные на изучение образования и летучести химических соединений типа NhO_xH_y . Для этого была разработана и установлена в фокальной плос-

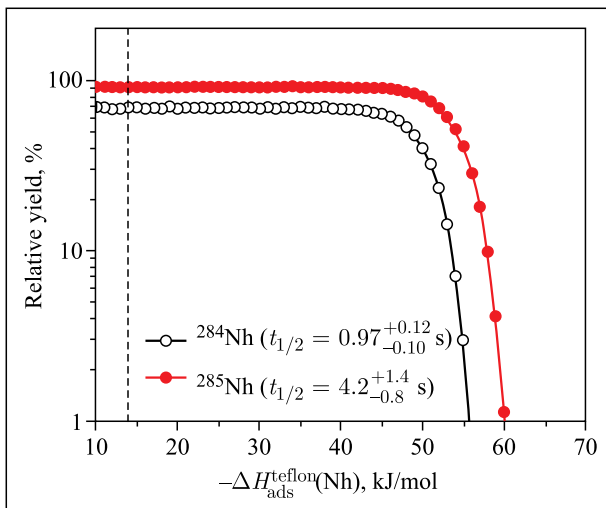


Рис. 2. Моделирование Монте-Карло относительного выхода изотопов Nh при адсорбции на поверхности тefлона как функция энтальпии адсорбции

кости сепаратора новая установка, состоящая из горячей камеры сбора ядер отдачи, газотранспортной системы и изотермической хроматографической колонки. Особенностью новой камеры является возможность работы при температуре до 800 °С. Для изучения кинетики образования и выхода продуктов химических реакций на уровне единичных атомов в зависимости от температуры, содержания паров воды и состава инертных газов успешно проведен эксперимент по получению и выделению радиоактивных изотопов Tl (легкого гомолога Nh) в реакциях $^{46}\text{Tl} (^{141}\text{Pb}, xn) ^{187-x}\text{Tl}$. Эксперименты будут продолжены в 2018 г.

В рамках сотрудничества между ЛЯР ОИЯИ и PSI (Швейцария) на установке COLD была проведена первая серия совместных экспериментов по изучению адсорбции Sn и Fl на поверхностях селена и золота на химическом отводе ускорителя У-400 ЛЯР [7]. Анализ полученных данных показал, что в будущих термохроматографических экспериментах с Sn и Fl в качестве стационарной фазы возможно применение PIN-диодов с покрытием из красного аморфного и тригонального селена. В 2018 г. для синтеза изотопов Sn и Fl планируется использовать реакцию слияния ^{48}Ca с ^{242}Pu , что позволит одновременно исследовать адсорбцию указанных элементов.

Спектроскопия тяжелых и сверхтяжелых ядер. Изучены свойства спонтанного деления изотопа ^{254}Rf , образующегося в реакции $^{50}\text{Ti} + ^{206}\text{Pb}$. С использованием нейтронного детектора с 54 ^3He -счетчиками проведены измерения множественности нейтронов спонтанного деления для трех активностей: активность с периодом полураспада около 20 мкс (основное состояние) и две активности (предположительно изомерные состояния ^{254}Rf) с периодами полураспада около 5 и 200 мкс.

Изотоп ^{255}Rf , синтезируемый в реакции $^{50}\text{Ti} + ^{207}\text{Pb}$, исследовался с использованием детектирующей системы GABRIELA. Обнаружен новый изомер со временем жизни порядка 50 мкс, распадающийся с испусканием высокоэнергичных гамма-квантов.

Зарегистрировано спонтанное деление изотопа ^{255}Rf . Период полураспада, полученный для событий спонтанного деления, составил 1,69(4) с для ^{255}Rf и 7,3(4) мс для ^{256}Rf (продукт реакции с испарением одного нейтрона). Всего было зарегистрировано порядка 1600 событий спонтанного деления ^{255}Rf и порядка 430 — ^{256}Rf . Из сравнения числа зарегистрированных событий альфа-распада и спонтанного деления можно определить парциальную вероятность спонтанного деления, которая составила 44%. Корреляции типа ядро отдачи – альфа – альфа, полученные в эксперименте $^{50}\text{Ti} + ^{207}\text{Pb}$, представлены на рис. 3. Кроме того, наблюдалось 7 корреляций типа ядро отдачи (^{255}Rf) – альфа – деление, что соответствует парциальной вероятности спонтанного деления примерно $\sim 0,7\%$.

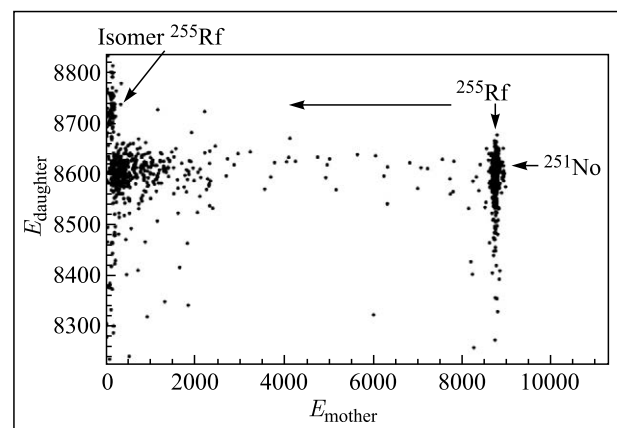


Рис. 3. Корреляции ядро отдачи – альфа – альфа

На рис. 3 показан пример регистрации в фокальном детекторе низкоэнергетичного сигнала распада изомерного состояния ^{255}Rf с последующим альфа-распадом ^{255}Rf . Период полураспада изомерного состояния составляет 59(6) мкс. Факт регистрации высокоэнергичных гамма-квантов говорит о том, что энергия возбуждения изомера достаточно велика, как и в случае ^{257}Rf .

Современное состояние сепаратора SHELS и некоторые результаты проведенных экспериментов представлены в работах [8, 9].

Динамика взаимодействия тяжелых ядер, деление тяжелых и сверхтяжелых ядер. В 2017 г. были продолжены исследования влияния оболочечных и ориентационных эффектов на формирование нейтроноизбыточных ядер, образованных в реакциях многонуклонных передач. Закончен анализ массово-энергетических и угловых распределений бинарных фрагментов, образующихся в реак-

циях $^{156,160}\text{Gd} + ^{186}\text{W}$ при энергиях вблизи кулоновского барьера. Повышенный выход фрагментов с массами 200–215 а. е. м. наблюдался для обеих реакций. Для исследования влияния взаимной ориентации при взаимодействии деформированных ядер на сечение образования нейтроноизбыточных фрагментов в реакциях глубоконеупругих передач в процессе инверсного квазиделения на ускорителе У-400 (ЛЯР ОИЯИ) с помощью установки CORSET были измерены массовые, энергетические и угловые распределения бинарных продуктов реакции $^{160}\text{Gd} + ^{186}\text{W}$ при энергии выше кулоновского барьера. Обнаружено, что при энергии налетающего иона 935 МэВ (выше барьера для компактных столкновений), когда реализуются все возможные взаимные ориентации взаимодействующих ядер, сечение образования свинцовоподобных фрагментов с массой ~ 208 а. е. м. в ~ 50 раз выше, чем при энергии вблизи кулоновского барьера, в то время как сечение реакции увеличивается только в 2,6 раза. Таким образом, ориентационные эффекты, связанные с сильной деформацией сталкивающихся ядер, играют важную роль в формировании фрагментов реакции и могут дать выигрыш в выходе фрагментов с массой ~ 208 а. е. м. [10].

Также в 2017 г. проводились исследования оболочечных эффектов в модалном делении актинидных ядер. Для этого были измерены массово-энергетические распределения осколков деления составных ядер $^{248}\text{Cf}^*$ и $^{254,256}\text{Fm}^*$, полученных в реакциях ^{16}O , $^{22}\text{Ne} + ^{232}\text{Th}$, $^{16,18}\text{O} + ^{238}\text{U}$ с энергией возбуждения 40–45 МэВ [11]. Особое внимание уделялось проявлению суперасимметричной моды деления, связанной с влиянием магических оболочек $Z = 20, 28, 82$ и $N = 28, 50, 126$. Эксперименты проводились на пучке циклотрона У-400 (ЛЯР ОИЯИ) при энергии ионов ^{16}O 84, 89, 96 и 101 МэВ, ^{18}O — 85 МэВ и циклотрона У-400М при энергии ионов ^{22}Ne 108 МэВ с помощью двухплечевого времяпролетного спектрометра CORSET. Повышенный выход фрагментов с массами ~ 70 а. е. м. наблюдался для всех реакций, что связано с влиянием протонных и нейтронных оболочек $Z = 28$ и $N = 50$.

В июне 2017 г. в рамках сотрудничества ОИЯИ и ускорительной лаборатории университета г. Ювяскюля (Финляндия) на циклотроне К-130 был проведен совместный эксперимент, посвященный изучению тройного и бинарного каналов деления при энергиях вблизи кулоновского барьера. Скорости, энергии и углы фрагментов, образующихся в реакциях ^{37}Cl , $^{40}\text{Ar} + ^{205}\text{Tl}$, ^{208}Pb при энергии налетающих ионов ^{40}Ar 230 МэВ и ^{37}Cl 195 МэВ, измерялись с помощью четырех плеч спектрометра CORSET-TOF и шести $E-\Delta E$ -телескопов. Полученные экспериментальные данные находятся в стадии обработки.

Исследование корреляционных массовых распределений осколков спонтанного деления ^{252}Cf , из-

меренных на спектрометре FOBOS, позволило выявить специфические структуры в области большой недостающей массы. Одна из наиболее выраженных структур обусловлена образованием магических изотопов Ni [12] и характеризуется низкими значениями полной кинетической энергии (порядка 90 МэВ). Наблюдение таких событий может быть объяснено в рамках сценария последовательного тройного деления.

На сепараторе MASHA выполнены эксперименты по измерению абсолютных сечений и функций возбуждения в реакциях слияния $^{40}\text{Ar} + ^{144}\text{Sm}$, $^{36}\text{Ar} + ^{148}\text{Sm}$, $^{40}\text{Ca} + ^{144}\text{Nd}$, $^{48}\text{Ca} + ^{142}\text{Nd}$ и $^{40}\text{Ar} + ^{166}\text{Er}$. В экспериментах использовалась методика подвижного поглотителя из тонкой алюминиевой фольги, в которой тормозились продукты реакций. Альфа-распад синтезированных ядер регистрировался с помощью кремниевых детекторов. Энергетическое разрешение для альфа-радиоактивных изотопов составляло ~ 100 кэВ. Время передвижения поглотителя между крайними положениями 0,3 с. Использование методики прерывания пучка позволило измерять периоды полураспада синтезированных ядер. В результате были надежно идентифицированы продукты реакций. В настоящее время идет обработка данных.

Структура экзотических ядер. Разработан новый подход к измерению спектра возбужденных состояний изотопа ^{17}Ne , распадающихся по каналу испускания двух протонов [13]. Метод применен для анализа состояния $3/2^-$ в ядре ^{17}Ne , образующегося в реакции $^1\text{H}(^{18}\text{Ne}, d)^{17}\text{Ne}$. В результате был установлен новый предел отношения ширины $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma < 1,6 \cdot 10^{-4}$. Полученный предел в ~ 50 раз ниже по сравнению с результатом, полученным в работе *Chromik M. J. et al.* (Phys. Rev. C. 2002. V. 66. P. 024313). Новые данные представляют интерес для проведения расчетов, описывающих происхождение элементов во Вселенной. В частности, они дают ключ к определению возможности радиационного захвата протонной пары ядром ^{15}O , являющимся так называемой точкой ожидания в астрофизическом rp -процессе нуклеосинтеза. Полученные данные также позволяют исключить из рассмотрения упрощенную модель дипротонного распада (двухчастичную модель), использовавшуюся ранее для оценки величины отношения ширины $2p$ - и гамма-распада.

В сотрудничестве с учеными из Страсбургского университета (Франция), Института ядерной физики (Орсе, Франция), Манчестерского университета (Англия) и ЦЕРН проведены эксперименты, в которых с высокой точностью определялись вероятности нейтронного распада (β_{1n}) ряда ядер в области нейтронной оболочки $N = 50$ ($^{82,83,84}\text{Ga}$, $N = 51, 52, 53$) [14]. Эксперименты проводились с использованием уникального детектора нейтронов на основе

^3He -счетчиков, разработанного в ЛЯР. Впервые для ядер $^{82,83,84}\text{Ga}$ были обнаружены так называемые пигми-резонансы Гамова–Теллера и получены свидетельства β -задержанного нейтронного распада этих ядер. Показано, что пигми-резонансы расположены в области энергий возбуждения ниже гигантского гамов-теллеровского резонанса.

Проведенный теоретический анализ подтвердил, что пигми-резонансы являются коллективными зарядово-обменными возбуждениями и хорошо описываются как в самосогласованном микроскопическом подходе, так и в приближенном методе, использующем квазиклассические идеи. Полученный результат имеет важное значение для описания структуры ядер у границ нейтронной стабильности, а также для астрофизики при описании нуклеосинтеза во Вселенной.

Реакции с пучками легких стабильных и радиоактивных ядер. На сепараторе ACCULINNA в ЛЯР ОИЯИ были измерены сечения образования изотопов ^{46}Sc , ^{65}Zn в реакциях $^6\text{He} + ^{45}\text{Sc}$ и $^6\text{He} + ^{64}\text{Zn}$. Анализ полученных данных с использованием нестационарного уравнения Шредингера показал хорошее согласие расчетов с экспериментальными данными. Сделан вывод о влиянии внешних нейтронов в ^6He на вероятность протекания реакции.

Измерена функция возбуждения реакции взаимодействия пучка радиоактивных ядер ^9Li с ядрами Si в широком диапазоне энергий (5–40 АМэВ) с использованием трансмиссионного метода, основанного на регистрации энергетических потерь в материале (dE) Si-детектора, выполняющего роль мишени. При этом 4π -сцинтилляционным спектрометром регистрировались n - и γ -излучения. В реакции

$^9\text{Li} + \text{Si}$ обнаружено локальное повышение величины полного сечения в интервале энергий 10–30 АМэВ. Аналогичное увеличение сечения наблюдалось в реакции $^6\text{He} + \text{Si}$ в области энергий 10–20 АМэВ. Проведен теоретический анализ на основе численного решения нестационарного уравнения Шредингера для внешних нейтронов ядер-снарядов. Анализ показал, что перераспределение внешних слабосвязанных нейтронов ядер ^6He и ^9Li в процессе столкновения изменяет реальную и мнимую части потенциала взаимодействия, что может являться причиной локального повышения полного сечения реакции. Это повышение наиболее заметно в области энергий, при которых относительная скорость ядер близка по величине к средней скорости внешних нейтронов в исследуемых легких слабосвязанных ядрах.

Результаты выполненных исследований опубликованы в работах [15, 16].

Теоретическая и вычислительная физика. Разработана динамическая модель ядро-ядерных столкновений тяжелых ионов, позволяющая описывать все основные закономерности ядерных реакций многонуклонных передач при низких энергиях [17]. Изучена возможность получения новых нейтроноизбыточных изотопов тяжелых элементов в реакциях глубоконеупругих передач. Анализ столкновений тяжелых сферических ядер при энергиях вблизи кулоновского барьера показал, что этот тип реакций является перспективным для получения новых ядер. В частности, предсказывается возможность получения новых нейтроноизбыточных изотопов ^{201}Re и ^{200}W (с $N = 126$) в реакциях $^{136}\text{Xe} + ^{198}\text{Pt}/^{208}\text{Pb}$ с сечениями, превышающими 100 нб (рис. 4).

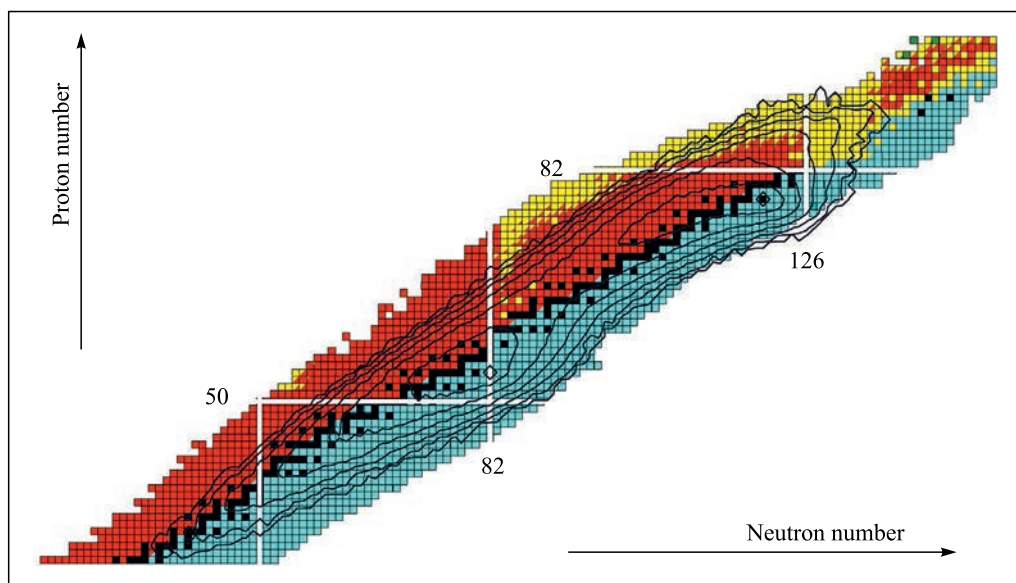


Рис. 4. Верхняя часть карты известных нуклидов. Контурными линиями показаны выходы конечных продуктов реакции $^{136}\text{Xe} + ^{198}\text{Pt}$ при $E_{\text{cm}} = 643$ МэВ. Контурные линии нарисованы через один порядок величины сечения вплоть до сечения 100 нб

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ И РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЛЯР

Методами численного моделирования и высоко-разрешающей просвечивающей электронной микроскопии изучена морфология и процессы перекрытия латентных треков ионов висмута и ксенона в монокристаллах Al_2O_3 [18]. Показано, что перекрытие треков в зависимости от расстояния между ними может приводить как к восстановлению исходной структуры, так и к образованию дополнительной связующей дефектной области между треками. Сделаны количественные оценки плотности потока, флюенса и массово-энергетических распределений осколков деления ядер урана и плутония на поверхности оболочки ядерного топлива. Показано, что доля быстрых осколков деления составляет $\sim 25\%$ от полного числа осколков деления, попадающих в материал топливной оболочки, а их суммарная плотность потока достигает $10^{16}\text{--}10^{17}$ см^{-2} за один год работы реактора.

Продолжены исследования осмотических эффектов, возникающих при травлении треков тяжелых ионов в полиэфирных пленках. Предложена модель диффузионно-конвективного транспорта электролитов в каналах диаметром 30–50 нм [19]. Методом магнетронного распыления политетрафторэтилена в вакууме получены пористые композитные мембраны, содержащие гидрофильный и гидрофобный слои, и исследованы их поверхностные, структурные и морфологические свойства [20]. Разработана и оптимизирована методика иммобилизации наночастиц серебра, полученных электроискровым методом, на поверхности трековых мембран [21] с целью получения проточных высокочувствительных ГКР-сенсоров.

Исследования, проводимые в ЛЯР в 2017 г., были поддержаны тремя грантами РФФИ и двумя грантами РНФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kalagin I., Dmitriev S., Oganessian Yu., Gulbekian G., Gikal B., Bogomolov S., Ivanenko I., Ivanov G., Kazarinov N., Osipov N., Semin V. The New DC-280 Cyclotron. Status and Road Map // XII Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц им. В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3–8 сентября 2017 г. Письма в ЭЧАЯ (направлено).
2. Богомолов С. Л., Бондарченко А. Е., Ефремов А. А., Кузьменков К. И., Лебедев А. Н., Миронов В. Е., Логинов В. Н., Язвницкий Н. Ю., Конев Н. Н. Получение интенсивных пучков ионов из ЭЦР-источника DECRIS-PM // XII Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц им. В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3–8 сентября 2017 г. Письма в ЭЧАЯ (направлено).
3. Гульбекян Г. Г., Иваненко И. А., Калагин И. В., Колесов И. В., Семченкова О. В., Франко Й. Реконструкция циклотронного комплекса У-400М. Влияние параметров новой обмотки электромагнита У-400М на магнитное поле циклотрона // XII Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц им. В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3–8 сентября 2017 г. Письма в ЭЧАЯ (направлено).
4. Zemlyanov S., Avvakumov K., Fedosseev V., Bark R., Blazczak Z., Janas Z. Current Status of GALS Setup in JINR // Hyperfine Interactions. 2017. V. 238. P. 31.
5. Vedenev V. Yu., Rodin A. M., Belozherov A. V., Chernysheva E. V., Dmitriev S. N., Gulyaev A. V., Gulyaeva A. V., Itkis M. G., Kliman J., Krupa L., Novoselov A. S., Salamatin V. S., Stepanov S. V., Yukhimchuk S. A., Komarov A. B., Kamas D., Granja C., Pospisil S. The Current Status of the MASHA Setup // Hyperfine Interactions. 2017. V. 238. P. 19.
6. Aksenov N. V., Steinegger P., Abdullin F. Sh., Albin Y. V., Bozhikov G. A., Chepigin V. I., Eichler R., Lebedev V. Ya., Madumarov A. Sh., Malyshev O. N., Petrushkin O. V., Polyakov A. N., Popov Y. A., Sabel'nikov A. V., Sagaidak R. N., Shirokovsky I. V., Shumeiko M. V., Starodub G. Ya., Tsyganov Y. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K., Yeregin A. V., Dmitriev S. N. On the Volatility of Nihonium (Nh, $Z = 113$) // Eur. Phys. J. A. 2017. V. 53. P. 158.
7. Chiera N. M., Aksenov N. V., Albin Y. V., Bozhikov G. A., Chepigin V. I., Dmitriev S. N., Dressler R., Eichler R., Lebedev V. Ya., Madumarov A., Malyshev O. N., Piguet D., Popov Y. A., Sabel'nikov A. V., Steinegger P., Svirikhin A. I., Turler A., Vostokin G. K., Vogeles A., Yeregin A. V. Interaction of Elemental Mercury with Selenium Surfaces: Model Experiments for Investigations of Superheavy Elements Copernicium and Flerovium // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2017. V. 311. P. 99–108.
8. Lopez-Martens A. et al. Measurement of Proton-Evaporation Rates in Fusion Reactions Leading to Transfermium Nuclei // Phys. Rev. Lett. (submitted).
9. Svirikhin A. I. et al. Characteristics of Spontaneous Fission of ^{250}No // Phys. Part. Nucl. Lett. 2017. V. 14, No. 4. P. 571–575.
10. Kozulin E. M., Zagrebaev V. I., Knyazheva G. N., Itkis I. M., Novikov K. V., Itkis M. G., Dmitriev S. N.,

- Narica I., Bondarchenko A. E., Karpov A. V., Saiko V. V., Vardaci E.* Inverse Quasifission in the Reactions $^{156,160}\text{Gd} + ^{186}\text{W}$ // Phys. Rev. C (to be published).
11. *Гикал К. Б., Козулин Э. М., Иткис Ю. М., Иткис М. Г., Княжева Г. Н., Новиков К. В., Пан А. Н.* Поиск суперасимметричной моды деления ^{248}Cf , ^{254}Fm и ^{260}No , полученных в реакциях $^{22}\text{Ne} + ^{232}\text{Th}$, ^{238}U ; $^{16}\text{O} + ^{232}\text{Th}$, ^{238}U // Изв. РАН. Сер. физ. (в печати).
 12. *Ryatkov Yu. V., Kamanin D. V.* Nuclear Particle Correlations and Cluster Physics / Ed. by Schröder Wolf-Udo (University of Rochester, USA). Part 4. Cluster Radioactivity/Fission and SHE. Chapter 12. World Sci., 2017. P. 339–370.
 13. *Sharov P. G. et al.* Search for $2p$ Decay of the First Excited State of ^{17}Ne // Phys. Rev. C. 2017. V. 96. P. 025807.
 14. *Verney D., Testov D., Ibrahim F., Penionzhkevich Yu., Roussiere B., Smirnov V., Didierjean F., Flanagan K., Franchoo S., Kuznetsova E., Li R., Marsh B., Matea I., Pai H., Sokol E., Stefan I., Suzuki D.* Pygmy Gamow–Teller Resonance in the $N = 50$ Region: New Evidence from Staggering of β -Delayed Neutron-Emission Probabilities // Phys. Rev. C. 2017. V. 95. P. 054320.
 15. *Пенионжкевич Ю. Э., Соболев Ю. Г., Самарин В. В., Науменко М. А.* Особенности полных сечений реакций со слабосвязанными ядрами ^6He , ^9Li // ЯФ. 2017. Т. 80. С. 525.
 16. *Sobolev Yu. G., Penionzhkevich Yu. E., Aznabaev D., Ivanov M. P., Kabdrakhimova G. D., Kabyshev A. M., Knyazev A. G., Kugler A., Lashmanov N. A., Lukyanov K. V., Maj A., Maslov V. A., Mendibayev K., Skobelev N. K., Slepnev R. S., Smirnov V. V., Testov D.* Experimental Study of the Energy Dependence of the Total Cross Section for the $^6\text{He} + ^{\text{nat}}\text{Si}$ and $^9\text{Li} + ^{\text{nat}}\text{Si}$ Reactions // Phys. Part. Nucl. 2017. V. 48, No. 6. P. 922.
 17. *Karpov A. V., Saiko V. V.* Modeling Near-Barrier Collisions of Heavy Ions Based on a Langevin-Type Approach // Phys. Rev. C. 2017. V. 96. P. 024618.
 18. *Rymzhanov R., Medvedev N. A., Volkov A. E.* Damage Threshold and Structure of Swift Heavy Ion Tracks in Al_2O_3 // J. Phys. D. Appl. Phys. 2017. V. 50. P. 475301.
 19. *Апель П. Ю., Блонская И. В., Лизунов Н. Е., Олейничак К., Орелович О. Л., Сартовска Б. А., Дмитриев С. Н.* Асимметричные нанопоры в трековых мембранах: получение, эффекты формы и электрического заряда на стенках пор, перспективные применения // Электрохимия. 2017. Т. 53. С. 66–79.
 20. *Satulu V., Mitu B., Altynov V. A., Lizunov N. E., Kravets L. I., Dinescu G.* Synthesis and Characterization of Porous Composite Membranes with Hydrophilic/Hydrophobic Sides // Thin Solid Films. 2017. V. 630. P. 92–99.
 21. *Криставчук О. В., Никифоров И. В., Кукушкин В. И., Нечаев А. Н., Апель П. Ю.* Иммобилизация наночастиц серебра, полученных электроискровым методом, на поверхности трековых мембран // Коллоидн. журн. 2017. Т. 79. С. 596–605.



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2017 г. была направлена на получение новых результатов в рамках пяти тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ: по физике конденсированных сред («Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии», 04-4-1121-2015/2017, руководители Д. П. Козленко, В. Л. Аксенов и А. М. Балагуров; «Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования конденсированных сред» 04-4-1111-2013/2017,

руководитель Г. М. Арзуманян); по нейтронной ядерной физике («Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона», 03-4-1128-2017/2019, руководители В. Н. Швецов, Ю. Н. Копач, Е. В. Лычагин и П. В. Седышев); по развитию базовых установок лаборатории («Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов», 04-4-1105-2011/2019, руководители А. В. Белушкин и А. В. Виноградов); по развитию комплекса спектрометров ИБР-2 («Развитие экспериментальной базы для проведения исследований конденсированных сред на пучках ИЯУ ИБР-2», 04-4-1122-2015/2017, руководители С. А. Куликов и В. И. Приходько).

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

В 2017 г. в рамках пользовательской программы получена 221 заявка на проведение экспериментов из 20 стран мира. Свыше 30 % заявок были направлены на решение физических задач, 36 % посвящены проблемам материаловедения, остальные 32 % охватывали исследования в области химии, геологических наук, биологии и прикладные задачи. 203 поданных заявки принято к реализации.

Структурные исследования новых оксидных, интерметаллических и наноструктурированных материалов. Бинарный оксид меди CuO является одним из наиболее структурно простых несобственных мультиферроиков, в котором спонтанная сегнетоэлектрическая поляризация возникает вследствие нарушения инверсии симметрии кристаллической структуры модулированным антиферромагнитным (АФМ) упорядочением, формирующимся в промежуточной фазе в диапазоне температур $T_{N1}-T_N$ 213–230 К. Теоретические расчеты предсказали существование такой фазы при комнатной температуре при высоких давлениях 20–40 ГПа и расши-

рение ее температурного диапазона вплоть до 0 К. Для проверки этого предположения были проведены исследования атомной и магнитной структур CuO методами нейтронной и рентгеновской дифракции, рис. 1 [1]. Установлено, что сжимаемость кристаллической решетки моноклинной структуры CuO имеет аномальный характер и сопровождается сначала увеличением параметра решетки a в диапазоне давлений до 13 ГПа, а затем его уменьшением при последующем увеличении давления до 40 ГПа до значения, примерно равного величине при нормальном давлении. В поведении остальных параметров решетки аномалий не наблюдается. Температура Нееля в диапазоне давлений до 11 ГПа увеличивается до 250 К. Для определения области существования несоответствующей АФМ-фазы с сегнетоэлектрической поляризацией при высоких давлениях использовались температурные зависимости моноклинного угла кристаллической решетки, на которой наблюдаются аномалии в точках магнитных переходов T_N и T_{N1} (рис. 1). Температурная область ее стабильности расширяется под давлением. Сделанные на основе получен-

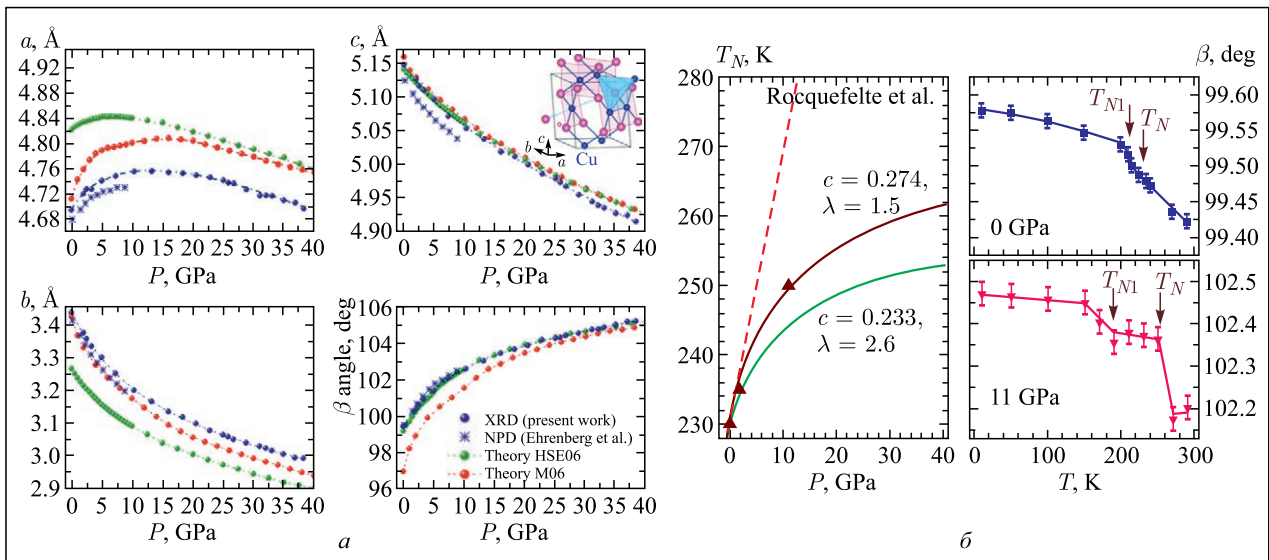


Рис. 1. *а*) Барические зависимости параметров элементарной ячейки CuO. Показаны экспериментальные точки, результаты теоретических DFT-расчетов с помощью гибридных функционалов HSE06, M06 и предыдущих нейтронных исследований. *б*) Экспериментальные и расчетные барические зависимости температуры Нееля и температурные зависимости моноклинного угла кристаллической решетки CuO при давлениях 0 и 11 ГПа

ных экспериментальных данных оценки показали, что при давлениях в диапазоне до 40 ГПа температура Нееля увеличивается примерно до 265 К, что остается значительно ниже комнатной температуры. Для объяснения наблюдаемых аномалий в структурном поведении CuO под давлением были проведены теоретические расчеты из первых принципов, которые позволили успешно воспроизвести барические зависимости структурных параметров.

Проведено исследование аномального структурного фазового расслоения, наблюдающегося в слоистых электродных материалах литий-ионных аккумуляторов при первом, формовочном заряде и исчезающего при их последующей эксплуатации. Исследование проведено с $\text{Li}_x\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ (NCA), приготовленным с различным уровнем каландрирования (высокотемпературной прокатки с целью уменьшения объемной плотности электрода). Для проведения

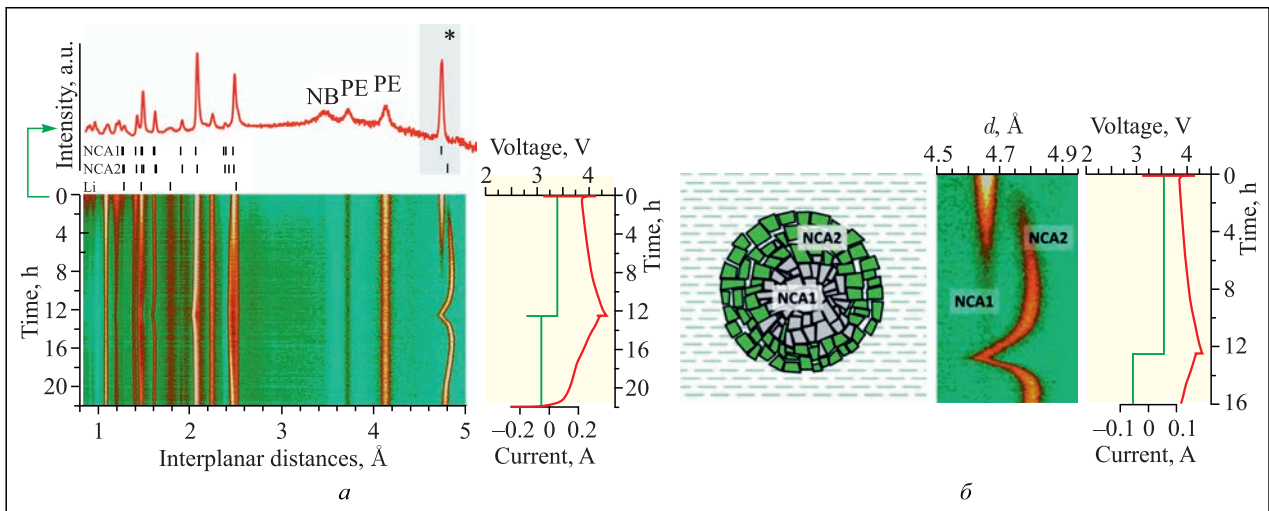


Рис. 2. *а*) Эволюция дифракционных пиков электродного материала NCA в процессе электрохимического циклирования. Измерения проведены в специализированной электрохимической ячейке. Вверху показан дифракционный спектр в исходном состоянии NCA. Помимо пиков от анода и катода видны пики от нитрида бора (NB) и сепаратора (PE). Звездочкой обозначена область пика (003) NCA, по которому анализировалось фазовое расслоение, проявляющееся в его расщеплении при некотором уровне заряда. *б*) Эволюция рефлекса 003 от материала NCA при первом заряде. Модельное представление происходящего процесса: показан сферический конгломерат первичных частиц материала NCA во время электрохимического циклирования. Серая область соответствует фазе NCA1, не имеющей удовлетворительного контакта с электролитом. Частицы, окрашенные в зеленый цвет, соответствуют фазе NCA2, уже контактирующей с электролитом (слева)

нейтронного эксперимента была использована специально разработанная новая конструкция электрохимической ячейки. Эксперименты проведены в режиме *operando/in situ* на дифрактометре ФДВР. На приведенных иллюстрациях (рис. 2) хорошо видно расщепление дифракционного пика (003), возникающее из-за образования двухфазного состояния материала катода. Из анализа полученных результатов следует, что причины фазово-расслоенного состояния, наблюдаемого с помощью дифракционных методов исследования в NCA при первом электрохимическом цикле, скрываются не в свойствах атомной и электронной структур NCA, а определяются особенностями микроструктуры используемого материала. Результаты этого исследования направлены в печать [2].

Исследования магнитных жидкостей и наночастиц. Проведены исследования структурной организации слоев наночастиц золота, осаждаемых из водного раствора на кремниевую подложку и функционализированных молекулярным слоем 1,9-нонанедитиола, — перспективных систем для наноэлектронных устройств из-за своих специфических оптических свойств. Для полного описания системы были использованы данные нейтронной рефлектометрии, атомно-силовой микроскопии, рентгеновской рефлектометрии и дифракции. С помощью нейтронной рефлектометрии (рефлектометр ГРЭИНС) определен профиль структуры слоев наночастиц золота с последующей оценкой толщины слоев и плотности упаковки частиц (рис. 3). Установлено присутствие молекул воды в адсорбированных слоях золотых наночастиц. Полученные результаты использовались в комплексном подходе, что позволило достаточно надежно и однозначно восстановить профиль структуры [3]. Работа проводилась совместно с Институтом химии поверхности им. А. Чуйко (Киев, Укра-

ина), Институтом физики НАН Украины, физическим факультетом Киевского национального университета им. Т. Шевченко (Киев, Украина).

Исследование углеродных наноматериалов.

В рамках изучения биологической активности фуллеренов [4, 5] проведены исследования эффектов ингибирования и деполимеризации амилоидных фибрилл (лизозима, инсулина) при взаимодействии с водными растворами фуллеренов C60 и C70, синтезированных различными методами. Использован комплексный подход, объединяющий анализ данных малоуглового рассеяния нейтронов (спектрометр ЮМО), атомно-силовой микроскопии и флуоресценции (тиофлавин). Так, из двух исследованных типов растворов (растворы, приготовленные методом замены растворителя, и разбавленные растворы на основе N-метилпирролидона (NMP)) заметную ингибирующую и деполимеризационную активность проявляют растворы C60 и C70, приготовленные с использованием NMP. С целью исключения воздействия среднетоксичного растворителя NMP на амилоиды были проведены дополнительные эксперименты с чистым растворителем в концентрациях, используемых в смеси с фуллереном. Результаты этих экспериментов не выявили какого-либо воздействия растворителя на амилоиды. Таким образом, остаточная концентрация первичного растворителя NMP в водном растворе фуллеренов не является причиной эффектов деполимеризации/ингибирования амилоидных фибрилл. Анализ данных малоуглового рассеяния указывает на существование нескольких этапов процесса деполимеризации амилоидов. Работа выполнялась совместно с Институтом экспериментальной физики Словацкой академии наук (Кошице, Словакия) и физическим факультетом Киевского национального университета им. Т. Шевченко (Киев, Украина).

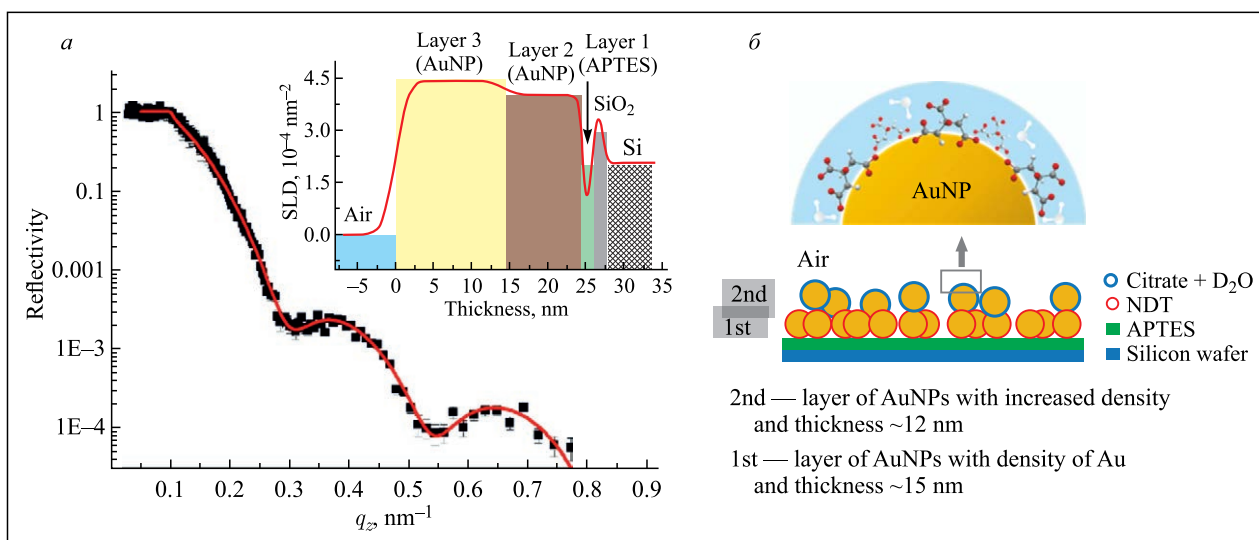


Рис. 3. Слои функционалируемых наночастиц золота на кремниевой подложке: данные нейтронной рефлектометрии с соответствующим профилем ПДР (а) и предложенная модель структурной организации золотых частиц на поверхности (б)

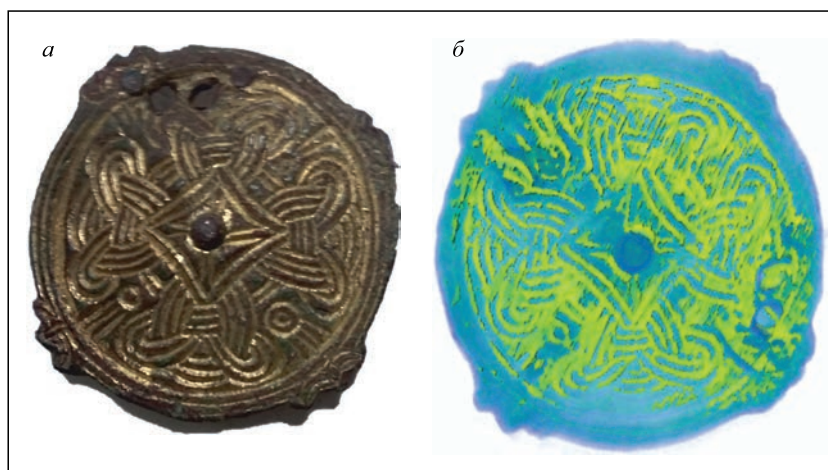


Рис. 4. Фотография (а) и томографическая 3D-модель (б) фибулы викингов

Прикладные работы. На спектрометре нейтронно-рентгеновской дифракции и томографии продолжены исследования объектов культурного наследия. Изучалась фибула викингов, для которой построена 3D-модель внутреннего строения по томографическим данным

(рис.4). Полученные результаты позволят проанализировать особенности древних технологий, использованных для изготовления подобных предметов в Скандинавии.

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА РАМАНОВСКОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ И МИКРОСПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

В 2017 г. исследования сектора рамановской спектроскопии в основном были сфокусированы на реализации следующих задач:

- получение первых предварительных результатов по поверхностно-усиленному микро-КАРС-сигналу от иммобилизованных золотыми наночастицами органических молекул;
- оценка концентрационного предела обнаружения молекул фосфолипидов с помощью гигантского комбинационного рассеяния (ГКР);
- исследование зависимости интенсивности ГКР-сигнала от формы серебряных наноструктур, выращенных в пористой SiO_2 -матрице;
- комплексное исследование структурных и спектральных свойств оксифторидных стекол и стеклокерамики, легированных редкоземельными элементами (РЗЭ);
- верификация опухолевых и стволовых клеток методом рамановской микроспектроскопии.

Поверхностно-усиленный микро-КАРС-сигнал. В 2017 г. гигантское комбинационное рассеяние было исследовано для нового активного субстрата, где наночастицы золота распределялись на фасеточной диэлектрической пленке диоксида церия (CeO_2), нанесенной на слой алюминия. Молекулы тионитробензойной кислоты (TNB) использовались в качестве

молекулы-аналита, поскольку они представляют интерес для биохимического и иммунологического анализа.

Наночастицы Au со средним диаметром 56 нм, покрытые монослоем репортерных молекул, были распределены по фасеточной пленке CeO_2 после того как на поверхности был нанесен монослой поликатирования (PDDA). Фракция поверхности CeO_2 , занимаемая островками наночастиц Au, оценивается как $\sim 5\%$. С помощью оптического и сканирующего электронного микроскопа были получены изображения гигантского когерентного антистоксова рассеяния света (ГКАРС) на рамановских сдвигах 1344 см^{-1} (TNB) и 1571 см^{-1} (MPBA) в обратном направлении с поверхности пленки CeO_2 размерами $\sim 25 \times 25 \text{ мкм}$.

Отличный химический контраст изображения свидетельствует о высокой чувствительности обнаружения репортерных молекул методом ГКАРС в исследуемом метаматериале. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение зависимости контрастности изображения от толщины пленки CeO_2 , оценки чувствительности сигнала ГКАРС к исследуемым молекулам-репортерам и сопоставления их обнаруживаемости с использованием ГКАРС и ГКР на поверхности исследуемого метаматериала.

Предел обнаружения фосфолипида DPPC методом ГКР. Предел обнаружения представляет собой наименьшую концентрацию аналита в образце, которую можно надежно отличить от нуля. Следуя этому правилу, наименьшая концентрация аналита, при которой он обнаруживается, оценивалась, когда его наименее интенсивный рамановский пик был на уровне фона.

Частицы серебра, преимущественно размером 40–80 нм, наносились на пористый кремний. Эти субстраты впервые продемонстрировали возможность обнаружения молекул фосфолипидов, представленных дипальмитоилфосфатидилхолином, при ма-

лых концентрациях до 10^{-12} моль. Спектр комбинационного рассеяния регистрировали для раствора, содержащего 10^{-2} моль DPPC, осажденного на ГКР-неактивный субстрат.

Обнаружение фосфолипидов при концентрациях в растворе на уровне 10^{-12} моль было экспериментально продемонстрировано на примере дипальмитоилфосфатидилхолина (DPPC). Полагаем, что предел обнаружения, продемонстрированный в этой работе для ГКР-субстратов на основе пористого кремния и Ag-наночастиц, в дальнейшем может быть улучшен благодаря технологической оптимизации субстратов.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Развитие установки ИРЕН. В 2017 г. вторая очередь ускорителя ЛУЭ-200 отработала на эксперимент на частоте циклов 20–25 Гц 1049 ч.

Главные научные результаты. Измерение ROT-эффекта на гамма-квантах из деления ^{235}U на горячем источнике поляризованных нейтронов. В коллаборации ЛНФ ОИЯИ–ИТЭФ–ПИЯФ–FRM2 была продолжена серия экспериментов по измерению ROT-эффекта в излучении мгновенных γ -квантов и нейтронов при бинарном делении ядер ^{235}U и ^{233}U поляризованными холодными нейтронами. Эксперименты проводились на установке POLI на реакторе FRM2 (Гархинг, Германия). Т-нечетные эффекты в делении тяжелых ядер известны уже более десяти лет. Величина эффекта оказалась удивительно большой, и нынешнее объяснение не подразумевает существования такого нарушения, а основано на взаимодействии в конечном состоянии продуктов реакции. Иными словами, эффект не связан с нарушением инвариантности относительно обращения времени, а связан с механизмом процесса деления. Кроме того, было замечено, что при изменении направления поляризации пучка нейтронов угловое распределение α -частиц смещается на малый угол относительно оси излучения фрагмента, направление смещения определяется направлением поляризации нейтронного пучка. Авторы назвали данный эффект ROT-эффектом. Аналогичный эффект наблюдался при испускании мгновенных гамма-квантов и нейтронов в делении ^{235}U и ^{233}U , хотя его величина была на порядок меньше, чем при испускании α -частиц в тройном делении.

В настоящее время существуют несколько теоретических моделей, которые могут описывать оба эффекта. Согласно модели, предложенной в 2016 г., оба эффекта зависят от квантовых чисел J и K , которые характеризуют каналы деления. Для вынужденного деления тепловыми (или холодными) нейтро-

нами (где все предыдущие данные получены) имеется смесь нескольких спиновых состояний, и вклады этих состояний неизвестны. Единственный способ получить «чистые» данные — выполнить измерения в изолированных резонансах. Такой эксперимент проводился на установке POLI реактора FRM2 в Гархинге, который обеспечивает необходимый поляризованный пучок нейтронов с энергией 0,27 эВ, соответствующей самому низкому резонансу ^{235}U . Монохроматор, выполненный из мозаики кристаллов Си, использовался для выделения узкого пучка нейтронов со средней энергией 270 мэВ ($\lambda = 0,55 \text{ \AA}$). Эта энергия точно совпадает с положением наименьшего резонанса ^{235}U . Монохроматор также позволяет одновременно фокусировать пучок нейтронов в заданном положении, обеспечивая максимальную интенсивность неполяризованных нейтронов около $4 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Нейтроны поляризовались с использованием специально сконструированных ячеек ^3He . Такой же тип ячейки применялся в качестве анализатора для измерения поляризации пучка. Размер ячеек составлял $\varnothing 60 \times 130$ мм, а давление 2,5 бар обеспечивало максимальную поляризацию нейтронов около 70%. Для изменения направления поляризации от вертикального к горизонтальному использовалась специально разработанная система управления спином, состоящая из нескольких магнитных катушек с экраном из μ -металла, которые позволяли также поворачивать спин в заданном положении на 180° каждые 1,3 с.

На оси камеры располагалась урановая мишень, содержащая около 82 мг ^{235}U (99,99%) оксида, нанесенного с двух сторон толстой алюминиевой подложки толщиной 40×100 мм. В качестве детекторов осколков деления использовались тонкие многопроволочные пропорциональные счетчики низкого давления (MWPC), размещенные по обе стороны от мишени. Восемь цилиндрических пластиковых сцин-

тилляторов и четыре сцинтиллятора на основе NaI располагались на расстоянии около 30 см от центра мишени, что обеспечивало последующие измерения совпадений мгновенных гамма-квантов деления и нейтронов с осколками деления под углами $\pm 22,5$, ± 45 , $\pm 67,5$, $\pm 112,5$, ± 135 и $\pm 157,5^\circ$ относительно средней оси детектирования осколков. Каждое совпадение событий сигналов от детекторов нейтронов и фрагментов оцифровывалось многоканальным TDC CAEN V775N и сохранялось вместе с информацией о направлении поляризации пучка нейтронов.

Новая модель ROT-эффекта, предложенная недавно, предсказывает уменьшение эффекта в резонансе 0,3 эВ ^{235}U . Полный анализ экспериментальных данных займет достаточно длительное время. Предварительный анализ данных показывает, что эффект действительно снижается, однако получение точного значения эффекта или установление его верхнего предела является предметом более детального анализа.

Исследование эмиссии мгновенных нейтронов в индуцированном нейтронами делении ядер. В течение 2016–2017 гг. был разработан и создан сложный спектрометр, состоящий из двойной ионизационной камеры с сетками Фриша (ДИК) и сцинтилляционного (BC501) детектора быстрых нейтронов (ДБН). Спектрометр предназначен для экспериментальных исследований процессов деления на поздних стадиях эволюции делящейся системы (после прохождения «седловой точки»). Экспериментальное исследование процесса эмиссии мгновенных нейтронов деления (МНД) в реакции $^{235}\text{U}(n_{\text{th}}, f)$ были необходимы в связи с тем, что существовавшие данные были получены более 50 лет назад и не являются однозначными. Новые измерения были проведены на канале 11Б источника ИБР-2. Получены результаты [6], позволившие скорректировать имеющиеся данные и впервые получить массовое распределение осколков деления (ОД), хорошо согласующееся с данными, полученными на спектрометре с разрешением по массе около 0,5 а. е. м. Зависимость числа МНД от массы ОД несет очень важную информацию о влиянии квантовых эффектов (ядерных оболочек формирующихся ОД) на процессы формирования ОД. Интерес к исследованию процесса эмиссии МНД в делении приобретает особое значение, особенно к зависимости среднего числа МНД от массы фрагментов, так как вариации числа МНД напрямую связаны с процессом перераспределения энергий возбуждения между фрагментами.

Исследования реакций нейтрон – заряженная частица. Проведены экспериментальные и теоретические исследования реакций нейтрон – заряженная частица на быстрых нейтронах. Измерения проводились на ускорителях Ван де Граафа ЭГ-5 в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и ЭГ-4.5 Ин-

ститута физики тяжелых ионов Пекинского университета. Данные о реакциях с вылетом заряженных частиц, вызванных быстрыми нейтронами, представляют значительный интерес для изучения механизмов ядерных реакций, структуры атомных ядер, выбора конструкционных материалов и проведения расчетов при создании новых установок для ядерной энергетики. Измерены сечения трехтельной реакции $^{10}\text{B}(n, t2\alpha)$ и реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ при $E_n = 4,0$, $4,5$ и $5,0$ МэВ. В качестве детектора использовалась ионизационная камера, созданная в ЛНФ ОИЯИ.

Работы в рамках проекта TANGRA. В 2017 г. была проведена модернизация детекторной системы установки TANGRA, что включало в себя замену детекторов гамма-квантов на основе кристаллов NaI на более эффективные детекторы на основе BGO. Каждый детектор представляет собой сцинтилляционную сборку, состоящую из кристалла BGO диаметром 76 мм и толщиной 65 мм и ФЭУ Hamamatsu R1307. Всего имеется 24 детектора, которые могут располагаться в различных геометрических конфигурациях относительно мишени в зависимости от решаемой задачи.

Была проведена проверка физических характеристик системы, таких как разрешение, эффективность, выбор оптимального рабочего напряжения для новых детекторов. Для определения оптимальной геометрической конфигурации расположения детекторов были собраны и протестированы различные тестовые версии. Окончательная геометрия установки предполагает использование 36 меченых нейтронных пучков и 18 детекторов BGO (рис. 5).

Применение метода анализа по нейтронным резонансам для исследования элементного состава археологических находок. В течение 2017 г. на установке ИРЕН были проведены экспериментальные работы по определению элементного состава ряда археологических артефактов, предоставленных Институтом археологии РАН. В исследованиях применялся анализ по нейтронным резонансам в радиационном захвате (neutron resonance capture analysis — NRCA). Применяемый метод аналитических исследований может найти применение при исследовании уникальных предметов археологии и культуры, так как является абсолютно неразрушающим, не требует специальной подготовки образцов (например очистки от патины), исследуемые предметы практически не имеют наведенной радиоактивности.

Анализ человеческих останков из некрополей Московского Кремля. В ЛНФ ОИЯИ проведен нейтронный активационный анализ (НАА) трех образцов человеческих останков XVI и XVII вв. из некрополей Московского Кремля (рис. 6). Исследуемые образцы были облучены на двух установках — источнике резонансных нейтронов ИРЕН и реакторе

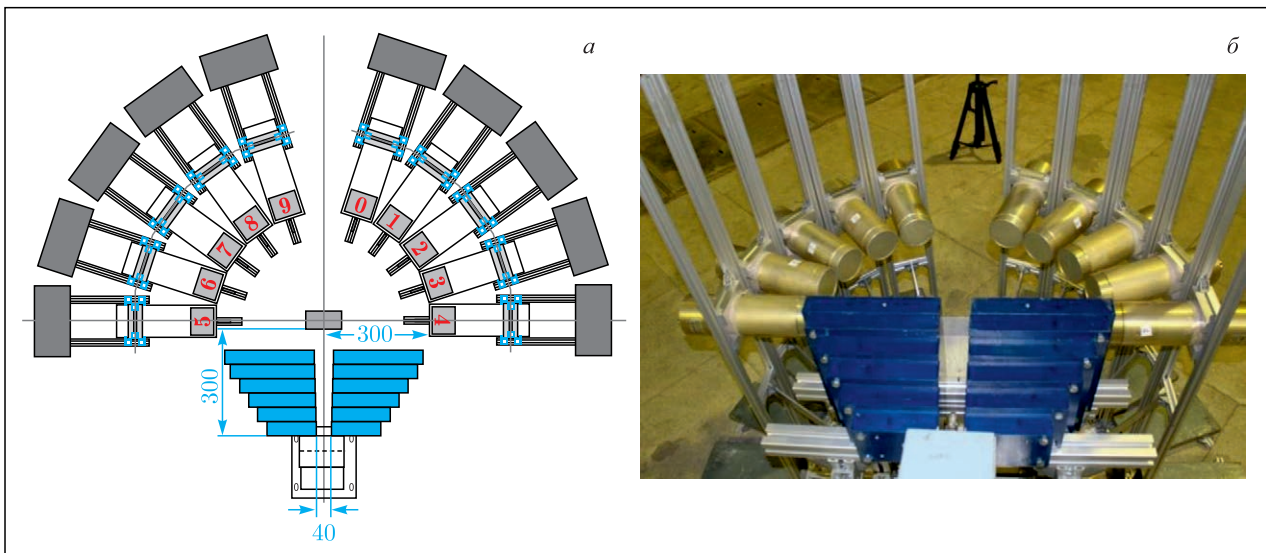


Рис. 5. а) Схема экспериментальной установки TANGRA с 10 детекторами; б) компактная геометрия с коллиматором

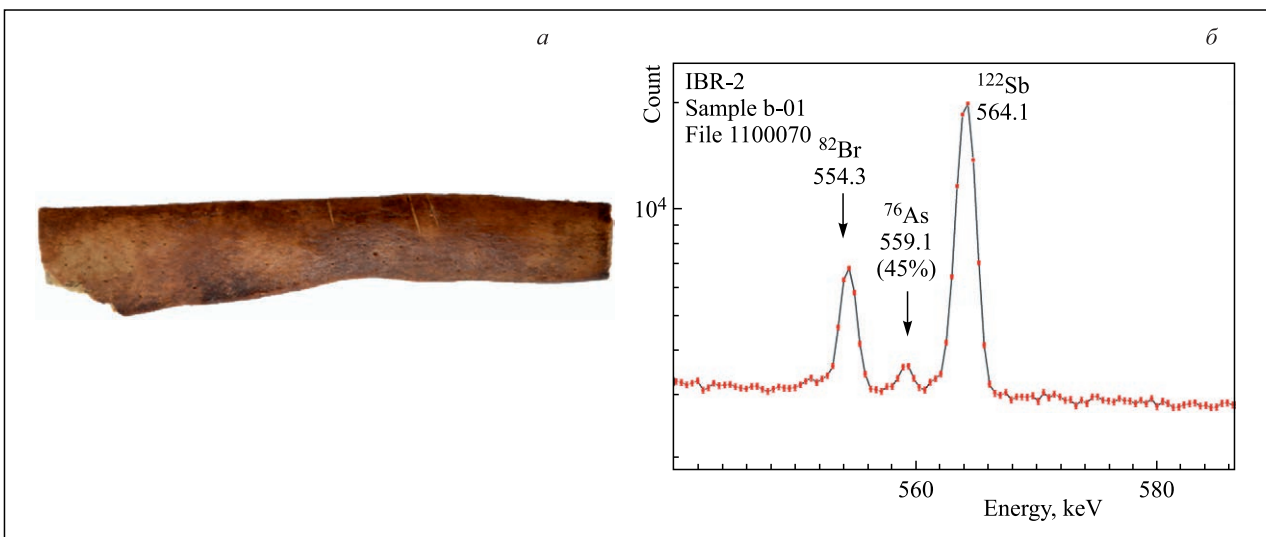


Рис. 6. а) Очищенный образец костных останков сына царя Ивана Васильевича Грозного — царевича Ивана Ивановича; б) фрагмент спектра гамма-излучения образца после облучения нейтронами на реакторе ИБР-2

ИБР-2. Массовые доли мышьяка, ртути и некоторых других элементов были определены двумя методами НАА — относительным и абсолютным. Полученные значения подтвердили факт острого отравления ртутью первой жены царя Ивана Васильевича Грозного — первой русской царицы Анастасии Романовны. Повышенное содержание ртути было выявлено в костных останках сына царя Ивана Васильевича Грозного (царевича Ивана Ивановича) и князя Михаила Васильевича Скопина-Шуйского.

Аналитические исследования на реакторе ИБР-2. В 2017 г. на установке РЕГАТА был про-

веден многоэлементный инструментальный нейтронный активационный анализ ~1900 экологических образцов (растительности, почвы, воздушных фильтров), ряда технологических, биологических и археологических образцов, а также образцов внеземного происхождения в рамках программ и грантов стран-участниц ОИЯИ и протоколов о научно-техническом сотрудничестве со странами-неучастницами ОИЯИ. Проведены исследования тестовых образцов для межлабораторного сравнения результатов по программе МАГАТЭ. Выполнен элементный анализ ~500 образцов на атомно-абсорбционном спектрометре iCE3500 фирмы Thermo Scientific.

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2 И КОМПЛЕКС ХОЛОДНЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ НЕЙТРОНОВ

В 2017 г. эксплуатация ИЯУ ИБР-2 в штатном режиме работы на мощности осуществлялась на основании лицензии Ростехнадзора, действующей до 30 сентября 2022 г. Статистические данные о работе ИУЯ ИБР-2 приведены в таблице.

В 8-м цикле холодный замедлитель К3202 работал с новой криогенной системой, благодаря которой температуру в камере замедлителя при работе ИБР-2 на мощности 2 МВт удалось снизить на 8 К (до 23 К) по сравнению с предыдущей криогенной системой, что позволило существенно увеличить интен-

сивность выхода холодных нейтронов с поверхности холодного замедлителя. Кроме того, новая криогенная система была испытана при проведении одновременного охлаждения камеры холодного замедлителя К3202 и испытательного стенда К3201 при нулевой мощности реактора. Результаты показали, что использование новой криогенной системы позволило снизить температуру в обеих камерах замедлителя в 3 раза (до 20 К) по сравнению с предыдущей криогенной системой.

№ цикла	Период	Режим работы замедлителя	Время работы реактора на физический эксперимент, ч
1	16.01–28.01	Водяной	264
2	08.02–18.02	Криогенный	230
3	13.03–28.03	Водяной	336
4	04.04–14.04	Водяной	238
5	15.05–26.05	Криогенный	264
6	26.09	Водяной	4
7	09.10–27.10	Водяной	432
8	14.11–25.11	Криогенный	247
9	04.12–23.12	Водяной	456
Всего:			2471

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

В 2017 г. продолжалась разработка и поддержка модулей программы моделирования нейтронных спектрометров и экспериментов для комплекса VITESS [7] (Virtual Instrument Tool for European Spallation Source). В ЛНФ была разработана почти половина всех модулей VITESS, в частности, практически полностью реализованы задачи по моделированию нейтронных инструментов с поляризованными нейтронами. Успешно проведено моделирование спин-эхо-спектрометров с зависящими от времени магнитными полями и модельными образцами.

Криогеника и вакуумные системы. Основные работы по данному направлению темы проводились в соответствии с проектом «Разработка ДТМ — системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2», целью которого является создание криостата для температурных и магнитных исследований конденсированных сред при давлении до 10 ГПа на дифрактометре ДН-12. Для существенного расширения круга научных задач, решаемых на этом дифрактометре, потребовалось создание криостата с изменяемой температурой в диапазоне 300–4 К и магнитным полем 0–4 Тл, что позволит при исследовании сложных магнитных структур разделять эффекты от различных типов взаимодействий, строить подробные магнитные фазовые диаграммы исследуемых магнетиков и детально изучать механизмы магнитных фазовых переходов.

Детекторы и электроника. В 2017 г. был собран и испытан с источником нейтронов новый кольцевой газовый детектор для регистрации малоуглового рассеяния тепловых нейтронов на дифрактометре RTD (канал № 6а ИБР-2). Детектор предназначен для использования в исследованиях биологических (органических) и нанодисперсных полимерных объектов, содержащих функционально значимые неоднородности различной структурной сложности. Отличие детектора от прежних кольцевых детекторов состоит в одновременном определении угловой и радиальной координат зарегистрированных нейтронов.

КОНФЕРЕНЦИИ И ШКОЛЫ

1. 25-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-25), 23–26 мая 2017 г., Дубна (<http://isinn.jinr.ru>).

2. Международная конференция Сербского общества керамических материалов. При финансовой поддержке ЛНФ ОИЯИ, 14–17 июня 2017 г., Белград, Сербия (<http://ceramic-society.rs/>).

3. Третья Международная школа-семинар «Комплексные и магнитные системы мягкой материи: структура и физико-механические свойства» (CMSMS'17), 28–30 июня 2017 г., Дубна.

4. V Совещание по малоугловому рассеянию нейтронов «МУРомец 2017», 20–22 сентября 2017 г., Гатчина. При финансовой и организационной поддержке ЛНФ ОИЯИ (<https://oiks.pnpi.spb.ru/events/muromets2017>).

5. Международная конференция по рассеянию нейтронов 2017 (ICNS2017), 9–13 июля 2017 г.,

Тэджон, Республика Корея. При финансовой поддержке ЛНФ ОИЯИ (<http://www.icns2017.org/>).

6. Международный семинар «Развитие нейтронных ядерных методов», посвященный 80-летию со дня рождения А. В. Стрелкова, 22 сентября 2017 г., Дубна.

7. Международная конференция «Исследование конденсированных сред на ИБР-2», 9–12 октября 2017 г., Дубна (<http://indico.jinr.ru/conferenceDisplay.py?confId=192>).

8. VIII Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок», 7–11 ноября 2017 г., Дубна (<http://d-instruments.ru/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kozlenko D. P., Družbicki K., Kichanov S. E., Lukin E. V., Liermann H.-P., Glazyrin K. V., Savenko B. N. Anomalous Lattice Compression and Magnetic Ordering in CuO at High Pressures: A Structural Study and First Principles Calculations // *Phys. Rev. B*. 2017. V. 95. P. 054115.
2. Bobrikov I. A., Samoylova N. Yu., Ivanshina O. Yu., Sumnikov S. V., Vasin R. N., Korneeva E. A., Balagurov A. M. Abnormal Phase-Separated State of $\text{Li}_x\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ in the First Charge: Effect of Electrode Compaction // *Electrochim. Acta*. 2017 (submitted).
3. Snegir S. V., Artykulnyi O. P., Petrenko V. I., Krumova M., Kutsenko V. Ye., Avdeev M. V., Bulavin L. A. On the Structure of Assemblies of Coated Au Nanoparticles on Silicon Substrate // *Appl. Nanosci.* 2017 (submitted).
4. Lynchak O. V., Prylutsky Yu. I., Rybalchenko V. K., Kuzyma O. A., Soloviov D., Kostjukov V. V., Evstigneev M. P., Ritter U., Scharff P. Comparative Analysis of the Antineoplastic Activity of C60 Fullerene with 5-Fluorouracil and Pyrrole Derivative *In Vivo* // *Nanoscale Res. Lett.* 2017. V. 12. P. 8.
5. Prylutsky Yu. I., Vereshchaka I. V., Maznychenko A. V., Bulgakova N. V., Gonchar O. O., Kuzyma O. A., Ritter U., Scharff P., Nozdrenko D. M., Mischenko I. V. C60 Fullerene as Promising Therapeutic Agent for Correcting and Preventing Skeletal Muscle Fatigue // *J. Nanobiotechnol.* 2017. V. 15. P. 8.
6. Zeinalov Sh. S., Sedyshev P. V., Shvetsov V. N., Sidorova O. V. Prompt Fission Neutron Investigation in $^{235}\text{U}(n_{\text{th}}, f)$ Reaction // *EPJ Web Conf.* 2017. V. 146. P. 04022. ND2016.
7. Маношин С. А., Белушкин А. В., Иоффе А. И. Развитие методов моделирования нейтронных спектрометров и виртуальных экспериментов по нейтронному рассеянию // *ЭЧАЯ*. 2016. Т. 47, вып. 4. С. 1228–1248.



ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В 2017 г. Лабораторией информационных технологий (ЛИТ) в рамках направления «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 взаимодействия с другими лабораториями ОИЯИ сотрудники ЛИТ принимали участие в исследованиях по 26 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ. Деятельность ЛИТ призвана обеспечивать развитие сетевой, информационно-вычислительной инфраструктуры, математическое и программное обеспечение научно-производственной деятельности Института и стран-участниц ОИЯИ на базе современных информационных и вычислительных технологий.

Начата реализация проекта развития Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) ОИЯИ, который в настоящее время включает в себя следующие основные компоненты:

- Центральный информационно-вычислительный комплекс (ЦИВК) ОИЯИ с построенными в лаборатории вычислительными элементами и системами массовой памяти;
- грид-систему уровня Tier-1 для эксперимента CMS;
- грид-систему уровня Tier-2 для поддержки экспериментов на LHC и других масштабных экспе-

риментов и проектов в рамках всемирной грид-инфраструктуры;

- гетерогенный кластер HybriLIT для параллельных вычислений;
- облачную инфраструктуру.

МИВК ОИЯИ предоставляет ресурсы, необходимые для решения различных задач в рамках многочисленных проектов, в реализации которых ученые из ОИЯИ принимают активное участие: MPD, BM@N, CMS, ALICE, ATLAS, NOvA, BES-III, OPERA, PANDA, STAR, COMPASS и др. Грид-сайты ОИЯИ уровня Tier-1 и Tier-2 являются элементами российского сегмента всемирной грид-инфраструктуры, используемой в рамках проекта WLCG для обработки данных экспериментов ALICE, ATLAS, LHCb и CMS на LHC и других грид-приложений.

В 2017 г. начато построение в ЛИТ специализированной для высокопроизводительных вычислений (HPC) инженерной инфраструктуры, которая базируется на технологии контактного жидкостного охлаждения и предназначена для развития гетерогенного кластера HybriLIT с целью многократного увеличения вычислительной мощности, необходимой для кардинального ускорения комплексных теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ.

В 2017 г. сотрудниками Лаборатории информационных технологий опубликовано 213 научных работ в реферируемых научных изданиях, представлен 61 доклад на международных и российских конференциях.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

В 2017 г. продолжены работы, связанные с развитием и обеспечением надежного функционирования сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ. Основными элементами этой инфраструктуры являются телекоммуникацион-

ные каналы связи, локальная вычислительная сеть (ЛВС) ОИЯИ, многофункциональный информационно-вычислительный комплекс и базовое программное обеспечение, в том числе на основе облачных, грид- и гибридных технологий, объединяющие

информационно-вычислительные ресурсы Института в единую, доступную для всех пользователей среду.

Телекоммуникационные каналы связи ОИЯИ.

В 2017 г. обеспечивалась надежная работа высокоскоростного канала связи Дубна–Москва. Внешний канал ОИЯИ построен на технологии DWDM (Dense Wave Division Multiplexing — спектрального мультиплексирования по длине волны) и использует одну лямбду (одну частоту) 100 Гбит/с и две лямбды (две частоты) по 10 Гбит/с каждая. К внешней распределенной сети ОИЯИ относятся: внешняя наложенная сеть LHCORP (ОИЯИ–ЦЕРН), проходящая через МГТС-9 в Москве, Будапешт и Амстердам, для связи центров Tier-0 ЦЕРН и Tier-1 (ОИЯИ), и внешняя наложенная сеть LHCONE, проходящая таким же маршрутом, предназначенная для центра Tier-2 ОИЯИ; прямые каналы для связи по технологии RU-VRF с коллаборацией научных центров

RUNEP (Гатчина, НИЦ «Курчатовский институт», Протвино и с сетями Runnet, RASnet). Поднята IPv6 маршрутизация для сайтов Tier-1 и Tier-2. Пропускная способность резервного канала связи составила 20 Гбит/с.

Распределение входящего (превышающего 4 Тбайт) и исходящего трафика по подразделениям ОИЯИ в 2017 г. приведено в табл. 1.

Общий входящий трафик ОИЯИ, включая серверы общего назначения, Tier-1, Tier-2 и вычислительный комплекс, составил в 2017 г. 23,5 Пбайт (14,2 Пбайт в 2016 г.). Распределение входящего трафика по категориям (в процентах) приведено в табл. 2.

Локальная вычислительная сеть ОИЯИ.

В 2017 г. были продолжены работы по развитию и совершенствованию сетевых компонентов ИТ-структуры ОИЯИ, призванные повысить ее эффективность. Локальная вычислительная сеть переведена на DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Разработан проект новой связи в 4 × 100 Гбит/с между площадками ЛЯП и ЛФВЭ с двойным резервированием для повышения надежности оптической транспортной магистрали.

В настоящее время основная оптическая транспортная магистраль локальной вычислительной сети ОИЯИ работает на скорости 10 Гбит/с. Запланирован переход на 100 Гбит/с в 2018 г.

Установлены системные сетевые сервисы DNS, DHCP, SMTP, SNMP, сервисы регистрации пользователей, авторизации устройств, аутентификации пользователей, коммутации, маршрутизации, безопасности, видеоконференцсвязи, VoIP, IPDB (Internet Protocol Data Base), WebMail и др.

ЛВС ОИЯИ содержит 8008 сетевых элементов и 14 129 IP-адресов, 4559 пользователей сети, 2584 пользователя сервиса mail.jinr.ru, 1597 пользователей электронных библиотек и 396 пользователей сервиса удаленного доступа.

Грид-среда ОИЯИ. Грид-инфраструктура ОИЯИ представлена центром уровня Tier-1 для эксперимента CMS на LHC и центром уровня Tier-2, который поддерживает целый ряд виртуальных организаций (VO), в частности: ALICE, ATLAS, BES, BIOMED, COMPASS, CMS, LHCb, MPD, NOVA, STAR и др.

Центр Tier-1 CMS в ОИЯИ состоит из следующих главных систем.

Таблица 1

Подразделение	Входящий трафик, Тбайт	Исходящий трафик, Тбайт
Лаборатория ядерных проблем	158,23	82,88
Лаборатория физики высоких энергий	115,36	89,71
Лаборатория информационных технологий	58,15	18,89
Лаборатория нейтронной физики	54,38	37,56
Лаборатория ядерных реакций	41,18	21,1
Управление ОИЯИ	39,65	74,95
Узел удаленного доступа	35,96	4,95
Гостинично-ресторанный комплекс	30,54	4,05
Лаборатория теоретической физики	22,75	8,68
Санаторий-профилакторий «Ратмино»	15,46	2,41
Лаборатория радиационной биологии	7,73	4,39
СМТС	7,18	2,05
Отдел главного энергетика	5,02	0,48
Управление социальной инфраструктурой	4,79	0,58
Участок телефонной связи	4,12	1,04

Таблица 2

Научно-образовательные сети	Файлообмен (p2p)	Веб-ресурсы	Социальные сети	Программное обеспечение
97,54	1,34	0,9	0,17	0,05

1. Система обработки данных поддерживает 248 64-разрядных 12- и 20-ядерных рабочих узлов (WNs), что в общей сложности составляет 4160 ядер. Задания обслуживаются в пакетном режиме. Для поддержки системы пакетной обработки установлен специальный сервер с системой распределения ресурсов кластера и планировщиком. Программное обеспечение Torque/Maui используется в качестве менеджера ресурсов планировщика задач.

2. Система хранения данных обслуживается программным обеспечением dCache и Enstore в качестве буфера для работы с ленточным роботом. Одна из установок dCache работает только с дисковыми серверами и используется для оперативного хранения данных с быстрым доступом к ним. Вторая установка dCache обслуживает специальные дисковые серверы и ленточного робота. Дисковые серверы являются буферной зоной для обмена с лентами, тогда как ленточный робот предназначен для длительного, практически вечного, хранения данных CMS. В общей сложности 2 установки имеют сейчас 6,4 Пбайт эффективного дискового пространства, а ленточный робот IBM TS3500 имеет 9 Пбайт для хранения данных. Для поддержки хранения и доступа к данным было установлено 8 физических и 14 виртуальных машин.

3. Система поддержки сервисов обеспечивает функционирование вычислительного сервиса, сервиса хранения данных, грид-сервисов, сервиса пересылки данных (File Transfer System (FTS)), системы управления распределенными вычислениями (Portable Batch System (PBS)), информационного сервиса (мониторинг сервисов, серверов хранения, передачи данных, информационные сайты). Грид-сервис VOBOX предназначен для переноса данных между грид-сайтами CMS посредством FTS, также сконфигурирован и используется прокси-сервер SQUID, который необходим при работе со специализированными базами данных CMS (conditions DB). Сервис FTS используется для надежной пересылки файлов между крупными хранилищами данных, в первую очередь, между центрами уровня Tier-0 и Tier-1. Кроме того, сервис FTS обеспечивает контроль и мониторинг передач, распределение ресурсов сайта между различными организациями, управление запросами пользователей. Для вычислений используется стандартный программный стек проекта WLCG: 2 x CREAM, 4 x ARGUS, BDI top, BDI site, APEL parsers, APEL publisher, EMI-UI, 220 x EMI-WN + gLExec-wn, 4 x FTS3, LFC, WMS, L&B, glite-proxurenewal.

Центр уровня Tier-1 для CMS в ОИЯИ продемонстрировал стабильную работу в течение всего периода после его запуска в работу в полном объеме [1]. В течение всего 2017 г. этот центр выполнил 6 778 864 задачи, нормированное время ЦПУ составило 227 802 717 ч в единицах HEPSpec06. На рис. 1 демонстрируется вклад мировых центров 1-го уровня

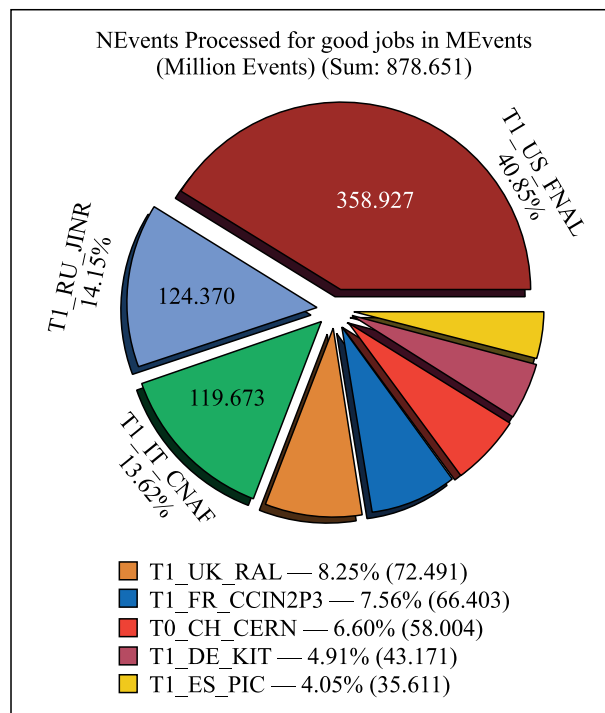


Рис. 1. Количество событий, обработанных для CMS Tier-1 (в миллионах событий) за 2017 г.

в обработку экспериментальных данных CMS (в миллионах обработанных событий) за 2017 г. Сайт ОИЯИ занимает второе место в мире по своей производительности.

На рис. 2 показано количество событий, обработанных в ОИЯИ в центре уровня Tier-1 CMS в 2017 г. по разным типам потоковой обработки данных (реконструкция, моделирование, повторная обработка, анализ и т. д.).

Одной из основных функций центров уровня Tier-1 является организации архивного хранения «сырых» экспериментальных и моделированных данных. На рис. 3 показана нагрузка нашего ленточного робота в течение 2017 г.

Рис. 4 иллюстрирует скорость передачи данных и объем переданных данных для записи и обработки (рис. 4, а, б) от центров Tier-1 и Tier-2 в Tier-1 CMS ОИЯИ и скорость передачи данных и объем переданных данных с Tier-1 CMS ОИЯИ для записи и обработки в центры Tier-1 и Tier-2 (рис. 4, в, г) в 2017 г. Средняя скорость передачи «сырых» данных в Tier-1 CMS ОИЯИ составляет 280–380 Мбайт/с.

Центр уровня Tier-2 в ОИЯИ [1] обеспечивает обработку данных всех четырех экспериментов на LHC (ALICE, ATLAS, CMS, LHCb) и кроме этого поддерживает целый ряд виртуальных организаций (VO), не входящих в LHC (BES, BIOMED, COMPASS, FUSION, MPD, NOVA, STAR и др.). Вычислительные ресурсы центра Tier-2 состоят из 3640 ядер/слотов. Система хранения данных установлена в двух вариантах программного исполнения: 2 установки dCache; 2 установки XROOTD. Одна из уста-

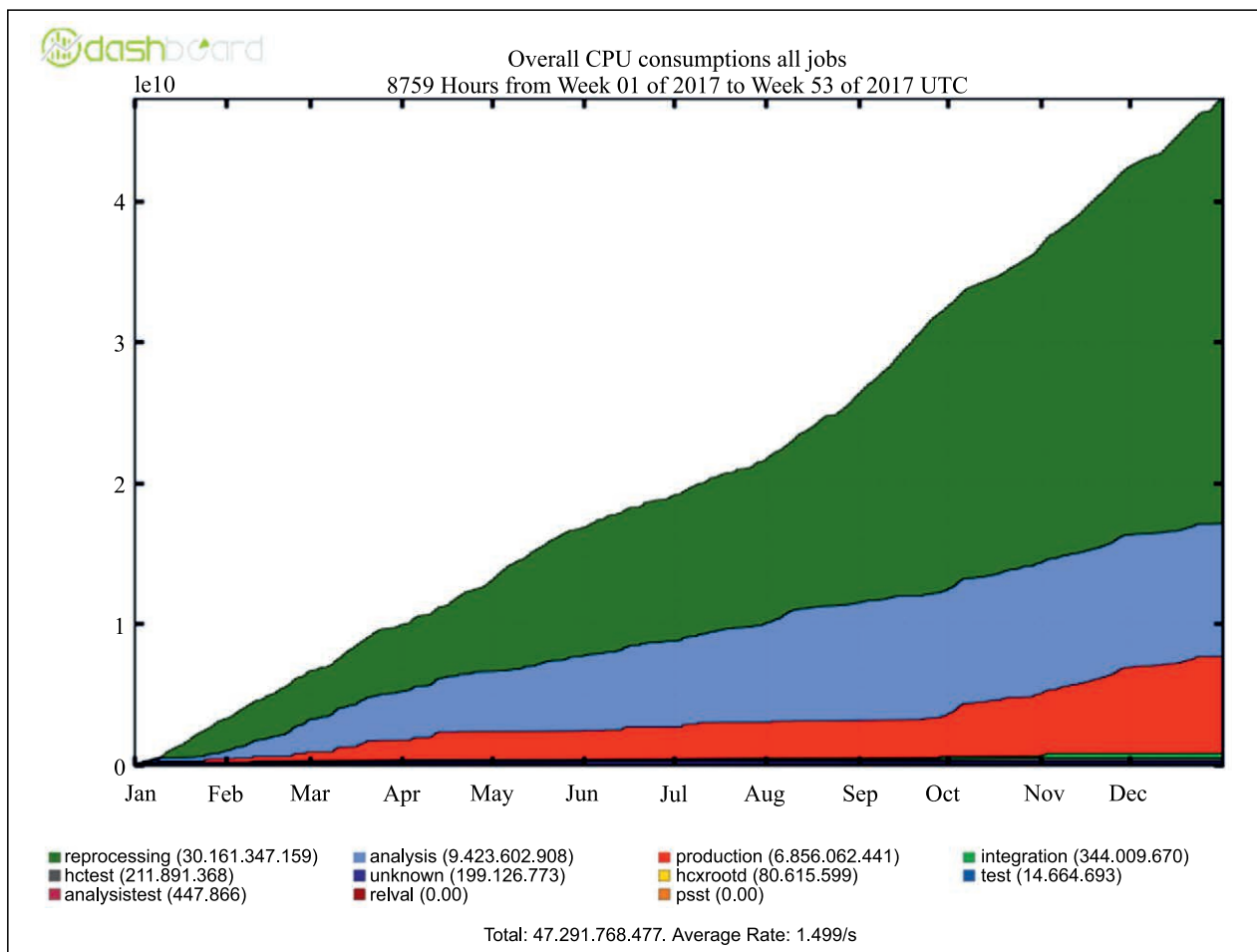


Рис. 2. Количество событий, обработанных в ОИЯИ в центре уровня Tier-1 CMS в 2017 г. по эксперименту CMS (реконструкция, моделирование, повторная обработка, анализ и т. д.)

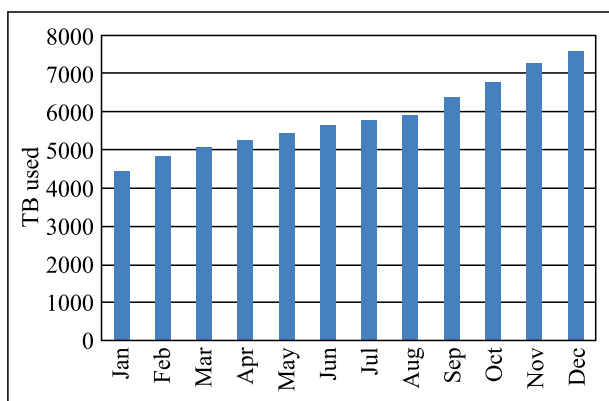


Рис. 3. Загрузка ленточного робота центра уровня Tier-1 для CMS в ОИЯИ в 2017 г.

новок dCache используется CMS и ATLAS, вторая — пользователями и группами пользователей ОИЯИ, в том числе и для эксперимента NICA (MPD), также на этой установке хранят данные несколько сторонних экспериментов (BIOMED, BES, FUSION). Одна установка XROOTD используется ALICE, вторая — в проекте FAIR коллаборацией PANDA. Объем систем хранения составляет 1909,8 Тбайт. Системы

хранения обслуживают 19 серверов, организующих распределение данных, авторизацию доступа к данным и протоколы работы с ними.

Для работы ВО установлены специальные серверы поддержки грид-окружения WLCG. Часть сервисов WLCG установлена на физических машинах, часть — на виртуальных. Сервисы WLCG используют программное обеспечение UMD для совместимости с программной средой грид в WLCG. В настоящее время установлено 23 сервиса WLCG. Они обеспечивают всю инфраструктуру удаленной работы с грид: авторизацию пользователей и ВО, запуск задач из удаленных сервисов ВО, информационную систему WLCG, различные алгоритмы удаленного тестирования и проверки среды обслуживания на локальных ресурсах. Имеются 5 установок пользовательского интерфейса (UI) для запуска задач в распределенную грид-среду.

Проведена интеграция вычислительного элемента OSG HT-CONDOR в инфраструктуру центра уровня Tier-2, что позволило ВО STAR проводить обработку данных на нашем Tier-2.

Основными пользователями грид-ресурсов ОИЯИ являются виртуальные организации всех эксперимен-

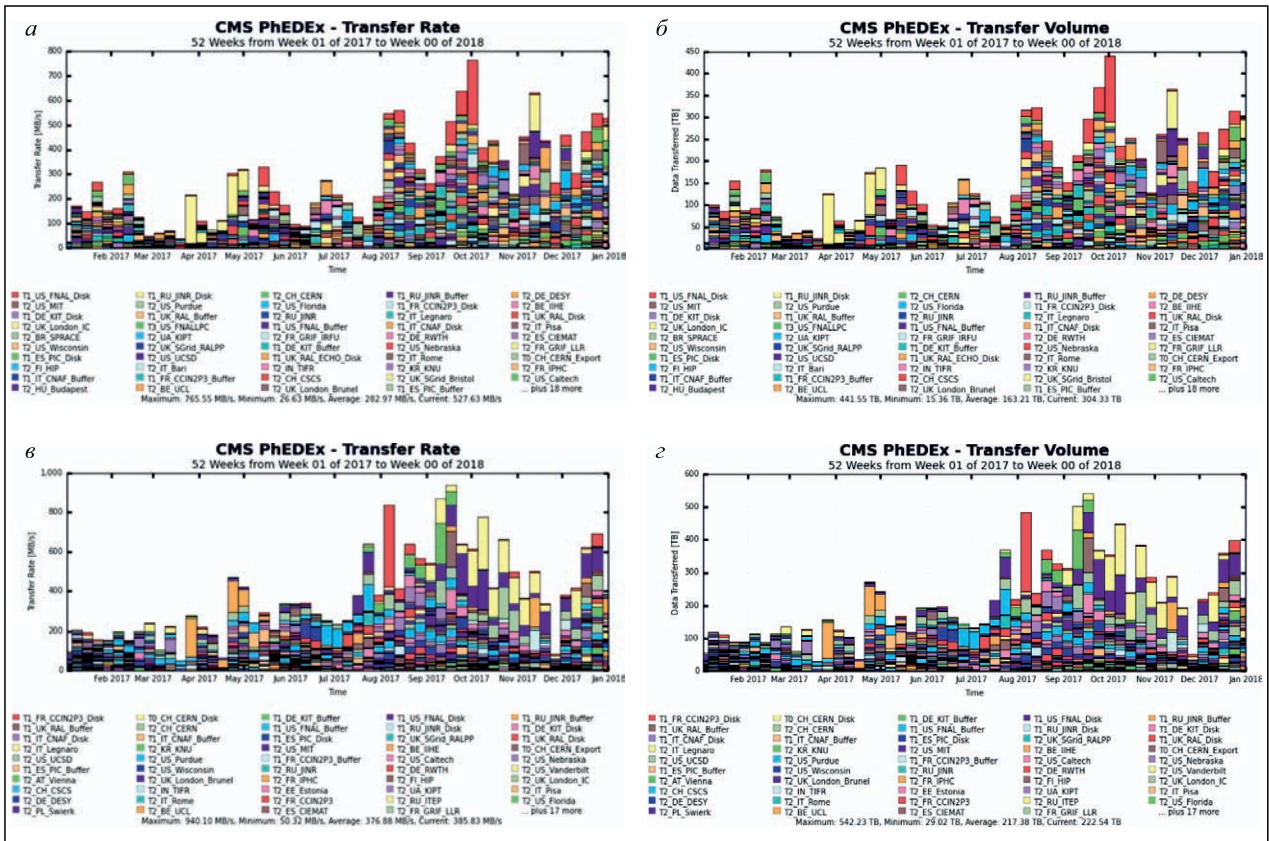


Рис. 4. Скорость передачи и объем переданных данных для записи и обработки (рис. а и б) от центров Tier-1 и Tier-2 в Tier-1 CMS ОИЯИ и скорость передачи и объем переданных данных с Tier-1 CMS ОИЯИ для записи и обработки в центры Tier-1 и Tier-2 (рис. в и г) в 2017 г.

тов на LHC. В 2017 г. на сайте Tier-2 выполнено 6 112 682 задачи, время ЦПУ составило 236 405 186 ч в единицах HEPSpec06. На рис. 5 приведены данные по использованию сайта Tier-2 (JINR-LCG2) ОИЯИ виртуальными организациями в рамках проектов RDIG/WLCG/EGI в 2017 г.

Начата разработка новой системы мониторинга сервисов Tier-1 для CMS в ОИЯИ. Эта система имеет модульную структуру. Разработаны следующие модули: Job Status — для определения числа выполненных и аварийно закончившихся задач; SSB Status — для отображения результатов мониторинга, проводимого системой Dashboard в ЦЕРН; Phedex-Quality — для отображения качества передач между другими грид-сайтами и сайтом Tier-1 для CMS в ОИЯИ; PhedexErrors — для определения ошибок, связанных с Tier-1 для CMS в ОИЯИ. Тестовая версия этой системы мониторинга запущена и доступна на lcgens01o.jinr.ru. Теперь система собирает и отображает на своей веб-странице данные по мониторингу Phedex, dCache, а также мониторинг WLCG. Система развивается как инструмент общего назначения, который может быть адаптирован для других центров уровня Tier-1 и экспериментов.

Разработана и запущена в эксплуатацию новая система обработки данных эксперимента COMPASS в

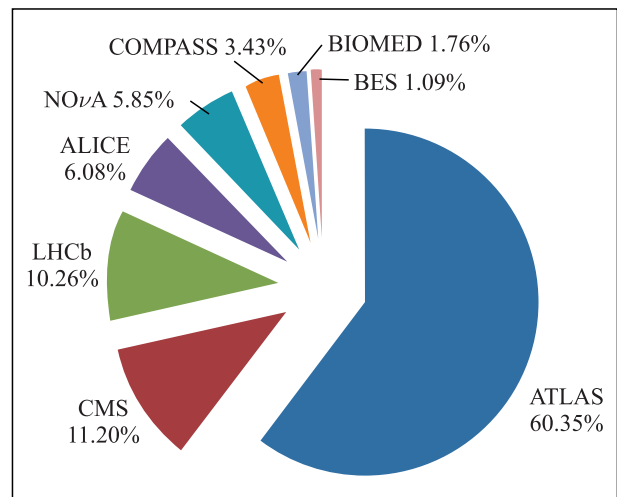


Рис. 5. Использование грид-сайта JINR-LCG2 в ОИЯИ виртуальными организациями, входящими в RDIG/WLCG/EGI

грид-среде (COMPASS Grid Production System) [2]. Управляющая инфраструктура находится в облаке ОИЯИ. Для обработки данных используется PanDA, которая позволяет послать задание на любой из доступных вычислительных ресурсов Condor, LSF, PBS и т. д. Большая часть обработки ведется на грид-ресурсах ЦЕРН и ОИЯИ.

Высокопроизводительная система вычислений. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс в ЛИТ обеспечивает проведение пользователями вычислений, в том числе параллельных, вне рамок грид-среды. Это необходимо как экспериментам NO ν A, PANDA, BES, NICA/MPD и др., так и локальным пользователям из лабораторий ОИЯИ. Все вычислительные мощности доступны пользователям ОИЯИ и пользователям грид-среды через единую систему пакетной обработки заданий. На рис. 6 приведено распределение по времени задач, выполненных на вычислительном кластере подразделениями Института и группами пользователей.

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 и программного — RAIDZ2, который не уступает по надежности аппаратному RAID6.

Облачная среда. В 2017 г. в облачную инфраструктуру ОИЯИ было введено 14 серверов Dell PowerEdge R630 с общим количеством ядер ЦПУ 336 и общим объемом ОЗУ в размере 1792 Гбайт, 6 серверов Dell PowerEdge R730xd с 16 8-Тбайт дисками в каждом для облачного хранилища на базе serph, 2 сервера Dell PowerEdge R630 для головных машин облака. В рамках поддержки информационно-вычислительной инфра-

структуры эксперимента NO ν A было введено в эксплуатацию 5 серверов Dell PowerEdge R430 с общим количеством 120 ядер ЦПУ и общим объемом ОЗУ в размере 640 Гбайт, а также 1 сервер Dell PowerEdge R730xd с 16 8-Тбайт дисками для расширения облачного хранилища для нужд эксперимента NO ν A.

В 2017 г. была проработана новая отказоустойчивая архитектура облака ОИЯИ на базе Raft-алгоритма, реализованного на новой версии облачной платформы OpenNebula. Выполнены работы по оптимизации архитектуры облачного хранилища на базе serph [3].

Совместно с НИИ ЯФ БГУ (Минск, Белоруссия) выполнены работы по интеграции облачной инфраструктуры с облаком ОИЯИ. Аналогичные работы [4] ведутся со следующими организациями:

- 1) Университет Назарбаева и Институт ядерной физики (Астана, Казахстан);
- 2) Грузинский технический университет (Тбилиси, Грузия);
- 3) Ереванский физический институт (Ереван, Армения);
- 4) Институт ядерных исследований и ядерной энергетики и Софийский университет (София, Болгария);
- 5) Университет им. Св. Климента Охридского в Битоле (Битола, Македония).

География организаций из стран-участниц ОИЯИ, предоставляющих часть своих ресурсов для интеграции с облаком ОИЯИ, представлена на рис. 7.

В 2017 г. выполнена работа, связанная с рефакторингом драйвера облака ЛИТ ОИЯИ на платформе OpenNebula для развертывания контейнера OpenVZ. Для выполнения поставленной задачи развернут и настроен тестовый полигон, представляющий собой решение, состоящее из двух виртуальных машин, на одной из которых установлена хост-система OpenNebula, а на второй — ее рабочий узел. Для кор-

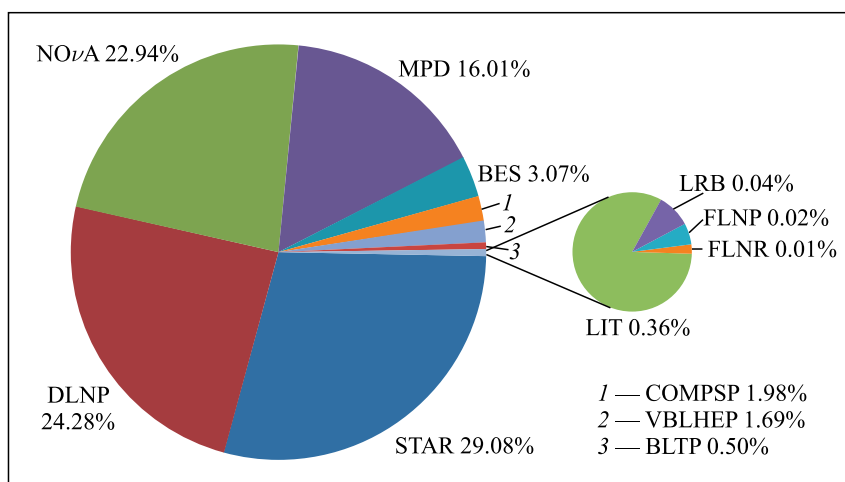


Рис. 6. Статистика использования вычислительного кластера подразделениями и экспериментами ОИЯИ в 2017 г. без учета пользователей грид-среды

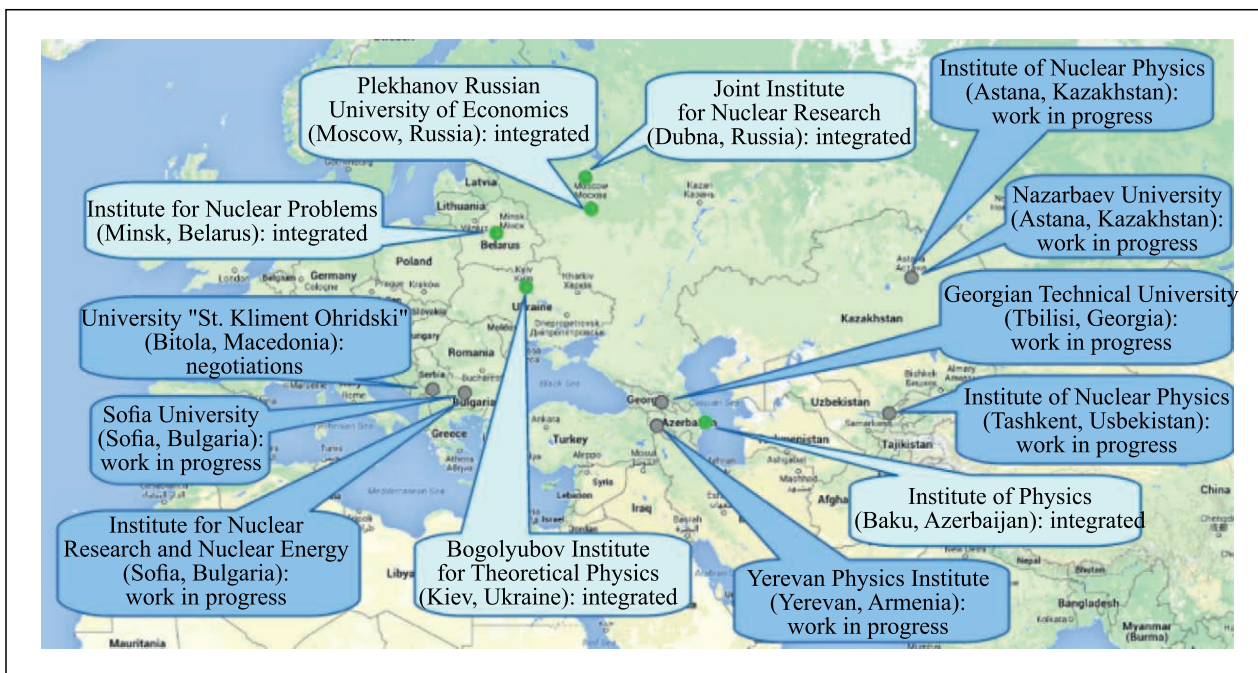


Рис. 7. Географическое положение облачных инфраструктур организаций из стран-участниц ОИЯИ, предоставляющих часть своих ресурсов для интеграции с облаком ОИЯИ

ректной работы тестового полигона необходима синхронизация данных драйвера между хост-системой и рабочим узлом. В ходе выполнения работы был создан единый класс OneDriver, включающий в себя все необходимые для корректной работы драйвера методы управления контейнером, а также вспомогательные методы и функции, участвующие в работе контейнера. В OpenNebula правила для сторонних разработчиков драйверов предусматривают вызов функций управления контейнером из одноименных скриптов, например: команда создания и развертывания контейнера deploy должна вызываться из одноименного файла. Поэтому были созданы соответствующие скрипты, в которых происходит создание объекта класса OneDriver, а затем вызов метода управления контейнером. Драйвер был разработан на языке программирования Ruby.

В 2017 г. для облака был разработан интеллектуальный планировщик, в котором предложено использовать механизм оверкоммитмента (превышения виртуальных ресурсов над физически доступными) с автоматизацией миграции виртуальных машин на освобождаемые ресурсы. Одной из подзадач являлся сбор текущей и исторической информации о нагрузке на все виртуальные машины облака, при этом встроенная в платформу OpenNebula система мониторинга имеет ограниченные возможности по сбору и обработке данных. Таким образом, встала проблема выбора наиболее подходящей внешней системы мониторинга. Важными факторами отбора такой системы являются производительность и масштабируемость, так как применимость планировщика в целом к большим облакам может оказаться ограничена именно

ими. По результатам тестов и полученному опыту работы с системами Ganglia, Icinga2, NetXMS, NMIS и Zabbix для использования в интеллектуальном планировщике была выбрана система Icinga2 [5].

Гетерогенный вычислительный кластер HybriLIT. В 2017 г. продолжено развитие программно-информационной среды гетерогенного вычислительного кластера HybriLIT, являющегося одним из компонентов Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ЛИТ ОИЯИ. Кластер HybriLIT предназначен для проведения массивно-параллельных вычислений на новейших вычислительных архитектурах, таких как графические процессоры (Nvidia Tesla K40, K80) и сопроцессоры/процессоры Intel Xeon Phi. В настоящее время кластер содержит 10 вычислительных узлов с графическими ускорителями Nvidia Tesla K20X, K40, K80, сопроцессорами Intel Xeon Phi 5110P, 7120 и процессорами Intel Xeon E5-2695 V2 и V3. Общее количество CUDA ядер 77 184, процессорных ядер 252, ядер сопроцессора 182, общий объем памяти 2,5 Тбайт, общая производительность при вычислениях с одинарной точностью 140 Тфлопс, с двойной 50 Тфлопс. В качестве планировщика заданий и менеджера ресурсов на кластере используется SLURM, настройки которого позволяют распределить вычислительные узлы по группам (очередям), сформированным по используемым в расчетах вычислительным архитектурам. Для получения информации о доступных ресурсах в различных SLURM-очередях, характеристиках узлов, а также о статусе

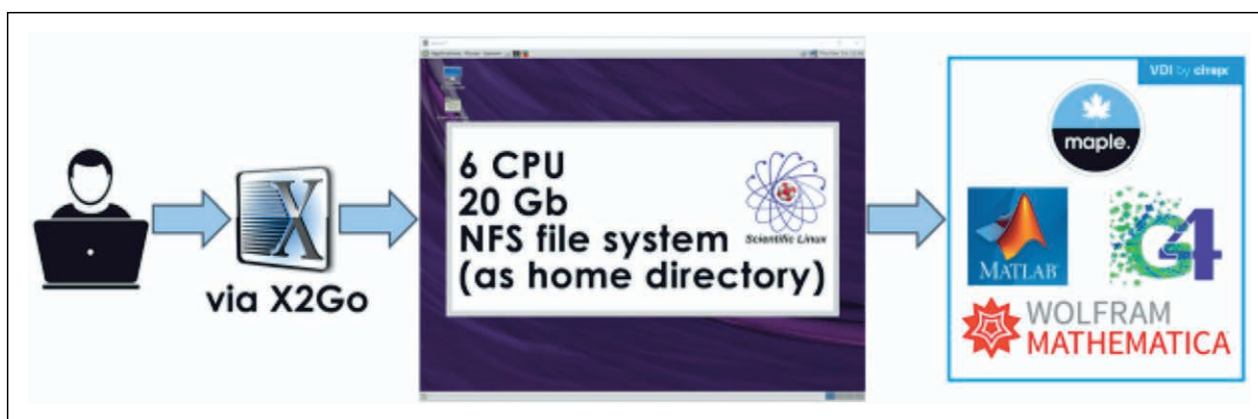


Рис. 8. Схема работы с сервисом HLIT-VDI

запущенных на счет задач, т. е. для более эффективной организации проведения расчетов на кластере, было разработано мобильное приложение MobiLIT, позволяющее:

- осуществлять мониторинг задач пользователей;
- быстро просматривать свои файлы (*.out, *.dat, *.in or *.sh);
- иметь возможность прекращения выполнения задачи;
- осуществлять мониторинг ожидаемого времени окончания расчетов;
- осуществлять мониторинг доступных ресурсов на различных узлах кластера и в различных очередях, организованных для использования различных вычислительных архитектур;
- по всем задачам, запущенным на кластере, иметь полную информацию о занимаемых ресурсах и т. д.

Приложение MobiLIT разработано на фреймворке NativeScript для пользователей мобильных телефонов и планшетов, работающих под управлением операционных систем Android и iOS. В настоящее время приложение доступно для скачивания через Google Play Store для пользователей Android, для iOS — через App Store (в тестовом режиме). Для входа в систему используется авторизация кластера HybriLIT. Разработанное мобильное приложение MobiLIT для пользователей кластера обогащает программно-информационную среду кластера удобным и современным IT-сервисом, упрощая проведение параллельных расчетов, и обеспечивает дополнительную оптимизацию использования вычислительных ресурсов.

В 2017 г. в программно-информационную среду кластера HybriLIT введен новый сервис HLIT-VDI, который предназначен для работы с прикладным программным обеспечением, использующим развитые графические интерфейсы. Данный сервис позволяет работать с такими пакетами прикладных программ, как Wolfram Mathematica, Maple, Matlab, GEANT4 и др., через удаленный доступ на виртуальные машины (VM) на базе кластера HybriLIT.

Созданный сервис обеспечивает как проведение небольших расчетов внутри VM, так и выполнение ресурсоемких расчетов на вычислительных узлах кластера (рис. 8).

Ресурсы кластера активно используются не только для массивно-параллельных расчетов задач, решаемых в ОИЯИ, но и для подготовки кадров для работы на высокопроизводительных вычислительных системах (HPC). На базе кластера HybriLIT, являющегося динамической, активно развиваемой структурой, включающего в себя самые современные вычислительные HPC-архитектуры, а также обладающего развитой программно-информационной средой, разрабатываются учебные программы на самом современном уровне. Эти программы дают студентам, аспирантам и молодым ученым возможность как научиться работать на современных вычислительных платформах, так и овладеть современными IT-технологиями [6].

Информационная и программная поддержка.

В Лаборатории информационных технологий создана специализированная платформа, представляющая собой набор взаимосвязанных облачных сервисов и средств, предоставляющая удобные инструменты для управления и обработки данных биомониторинга, позволяющая упростить и автоматизировать этапы мониторинга, начиная с выбора мест для сбора образцов и заканчивая генерацией карт распределения загрязнений и прогнозированием изменений в окружающей среде. Разработка такой платформы необходима для автоматизации контроля загрязнения окружающей среды, что имеет большое значение для стран Европы и Азии и курируется специальной комиссией ООН. Созданная платформа при помощи современных аналитических, статистических, программных и организационных методов позволяет повысить качество и скорость обработки данных, расширить возможности взаимодействия между участниками, обеспечить базу для анализа ретроспективы и организовать доступ ко всей имеющейся информации, что дает возможность активизировать работы

по прогнозированию распространения трансграничных загрязнений. В настоящее время в системе содержится информация о более чем 6000 точках пробоотбора в 40 регионах различных стран Европы и Азии. Участники программы могут в режиме реального времени анализировать данные, проводить сравнения с другими регионами, строить карты загрязнений и многое другое. Платформа может быть использована и для других областей со схожим процессом исследований [7].

В 2017 г. программа SyMsim (Synthesis of Monitoring and SIMulation), разработанная для моделирования грид- и облачных систем хранения и обработки данных, впервые применена для моделирования межпроцессорного взаимодействия при выполнении HPC-приложений в облаке на базе MPI-реализации программы расчета вольт-амперных характеристик длинных джозефсоновских переходов. Сравнение результатов, полученных эмпирическим путем, с результатами имитационного моделирования показало, что имитационная модель корректно моделирует параллельные расчеты, выполненные с использованием технологии MPI, и доказало, что для быстрого счета задач такого класса надо одновременно с увеличением числа процессоров увеличивать пропускную способность сети. Результаты продемонстрировали, что программу имитационного моделирования SyMsim можно успешно использовать для оценки времени выполнения MPI-алгоритмов в облачной среде с учетом межпроцессорных соединений [8]. В рамках решения этой задачи был разработан сервис с веб-интерфейсом пользователя для моделирования длинных джозефсоновских переходов, при этом расчеты выполняются на динамически

создаваемых в облаке виртуальных машинах, подключаемых в качестве рабочих узлов батч-системы HTCondor. Также в 2017 г. программа SyMsim использовалась для моделирования распределенной обработки данных эксперимента VM@N и в совместном проекте с ИНЕР (Китай) по оптимизации инфраструктуры вычислительного центра.

В 2017 г. в ЛИТ продолжалась традиционная работа по сопровождению и развитию библиотеки программ JINRLIB — библиотека была дополнена учебными материалами по технологиям параллельного программирования, а также двумя программами: PSD2SAS авторов А. Г. Соловьева, С. А. Кутузова, О. И. Иванькова, А. И. Куклина (программа для преобразования данных позиционно-чувствительного детектора спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов в случае изотропно рассеивающего образца) и IntroOMP — подборка учебных программ-примеров по технологии параллельного программирования OpenMP авторов М. В. Башашина, Т. Ф. Сапожниковой и Е. В. Земляной.

В 2017 г. продолжалось развитие единой системы IC 8.2 УПП, а также осуществлялась регулярная поддержка конечных пользователей этой системы. Также в этом году была продолжена регулярная работа по созданию и хранению электронных документов, связанных с научной и административной деятельностью Института, в том числе продолжено совершенствование программного обеспечения системы JINR Document Server (JDS), разработанного как репозиторий открытого доступа к статьям, препринтам, сборникам видеолекций для молодых ученых и другим материалам, которые отражают исследовательскую деятельность ОИЯИ.

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 экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ. Ниже приведена краткая информация о некоторых из полученных результатов.

Предложены новые вычислительные схемы и алгоритмы для решения параметрической самосопряженной эллиптической краевой задачи в двумерной области с граничными условиями Дирихле или Неймана с использованием метода конечных элементов высокого порядка точности с прямоугольными и треугольными элементами. Комплексы программ, реализующие алгоритмы, вычисляют собственные значения, собственные функции, их производные по па-

раметру и матричные элементы (интегралы от произведения собственных функций и/или их производных по параметру), которые появляются при редукции многомерной краевой задачи к одномерной, методом Канторовича. Эффективность предложенных схем расчета и алгоритмов продемонстрирована на решении двумерных эллиптических краевых задач, описывающих квадрупольные колебания в коллективной модели атомного ядра [9].

Проведены исследования влияния итерационного параметра в непрерывном аналоге метода Ньютона на область и скорость сходимости. Предложен подход к оптимизации процесса сходимости непрерывного аналога метода Ньютона (НАМН), основанный на использовании квадратичного интерполяционного

полинома. На основании данного подхода разработан механизм управления скоростью сходимости непрерывного аналога метода Ньютона с использованием в качестве управляющего параметра коэффициента изменения шага разностной схемы для численного решения дифференциального уравнения НАМН. На основе разработанного механизма управления процессом сходимости была предложена модификация непрерывного аналога метода Ньютона [10].

Для получения более экономичного алгоритма вычисления характеристик стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) предлагается использовать представление функции плотности вероятности перехода (ФПВП) для решения СДУ через функциональный интеграл и методы приближенного вычисления возникающих функциональных интегралов. Для записи ФПВП через функциональный интеграл используется техника Onsager-Machlup функционалов. Для вычисления возникающих функциональных интегралов применен метод, основанный на выделении из всех траекторий классической траектории, для которой действие принимает экстремальное значение, и разложении действия относительно классической траектории [11].

На основе комбинации методов вычислительной теории групп с моделированием Монте-Карло построена модель квантовой эволюции, инспирированная квантовым эффектом Зенона. В рассматриваемой модели траектория квантовой системы представлена в виде последовательности наблюдений с унитарными переходами между ними. Время предполагается фундаментально дискретным. С математической точки зрения *наблюдение (измерение)* представляет собой ортогональную проекцию в определяемое «измерительной установкой» подпространство гильбертова пространства. Статистика результатов наблюдений описывается теоремой Глисона (частным случаем которой является правило Борна). Стандартная квантовая механика предполагает единственную детерминистическую унитарную эволюцию квантовой системы в интервале времени между наблюдениями. Однако в соответствии с принципом наименьшего действия эта единственная эволюция появляется как доминирующий элемент в некотором множестве «виртуальных» эволюций. В предложенной модели унитарный переход между наблюдениями интерпретируется как разновидность калибровочной связности, т.е. способ отождествления неразличимых объектов в различные моменты времени (в дискретном времени принципиально невозможно отследить индивидуальность неразличимых объектов в процессе их эволюции), и предполагается, что все возможные унитарные преобразования участвуют в переходах между наблюдениями с весами, соответствующими вероятностям перехода. Это предположение подтверждается моделированием Монте-Карло, показывающим резкое доминирование некоторых эволюций над остальными. Это доминирова-

ние быстро растет с увеличением размера группы симметрий состояний и размерности гильбертова пространства. Вероятность траектории квантовой системы вычисляется как произведение вероятностей переходов между смежными наблюдениями. Континуальный предел (отрицательного) логарифма этого произведения представляет собой *действие*. Таким образом, принцип выбора наиболее вероятной траектории в континуальном пределе переходит в принцип наименьшего действия [12].

Для улучшения качества реконструкции мюонных треков в CSC (Cathode strip chamber) мюонной системы эксперимента CMS был разработан новый алгоритм [13]. Детальный сравнительный анализ проведен с целью подтверждения необходимости использования нового алгоритма в качестве базового алгоритма реконструкции в CSC на Монте-Карло [14] и экспериментальных данных. В сравнении со стандартным алгоритмом существенно уменьшается множественность трек-сегментов (рис. 9, а). Это повышает точность и уменьшает время выполнения реконструкции на последующих этапах, где требуется перебор по всем построенным трек-сегментам. Эффективность стандартного алгоритма падает с увеличением псевдобыстроты, в то время как для нового алгоритма эффективность остается на высоком (~95 %) уровне для всего диапазона псевдобыстрот, перекрываемых CSC (рис. 9, б). Точность реконструкции азимутальной координаты, обеспечивающей точность восстановления поперечного импульса мюонов, значительно улучшена (рис. 9, в, г), что хорошо видно на примере мюонов с высокой энергией (рис. 9, в), где среднеквадратичное отклонение отображаемого распределения более чем в три раза меньше для нового алгоритма по сравнению со старым. Новый алгоритм реконструкции трек-сегментов был имплементирован в официальный пакет программ CMS в июле 2016 г. и, начиная с 2017 г., используется по умолчанию при реконструкции моделированных и экспериментальных данных.

Разработан быстрый и эффективный алгоритм для реконструкции мюонных треков распада $J/\psi \rightarrow \mu^+ + \mu^-$, регистрируемых детектором MUCN эксперимента CBM. Одна из ключевых задач этого эксперимента — исследование процессов рождения чармония в ядро-ядерных соударениях при высоких энергиях. При этом регистрации таких распадов, как $J/\psi \rightarrow \mu^+ + \mu^-$, планируется проводить в режиме реального времени. В основу алгоритма распознавания мюонных треков положена модель клеточного автомата (КА), которая успешно применяется в ряде экспериментов в области физики высоких энергий. Модель КА хороша тем, что позволяет уменьшить количество рекурсивных операций на массиве входных данных и провести большую часть вычислений локально. В рассматриваемом случае элементами КА («клетками») являются отрезки ломаной, из которых

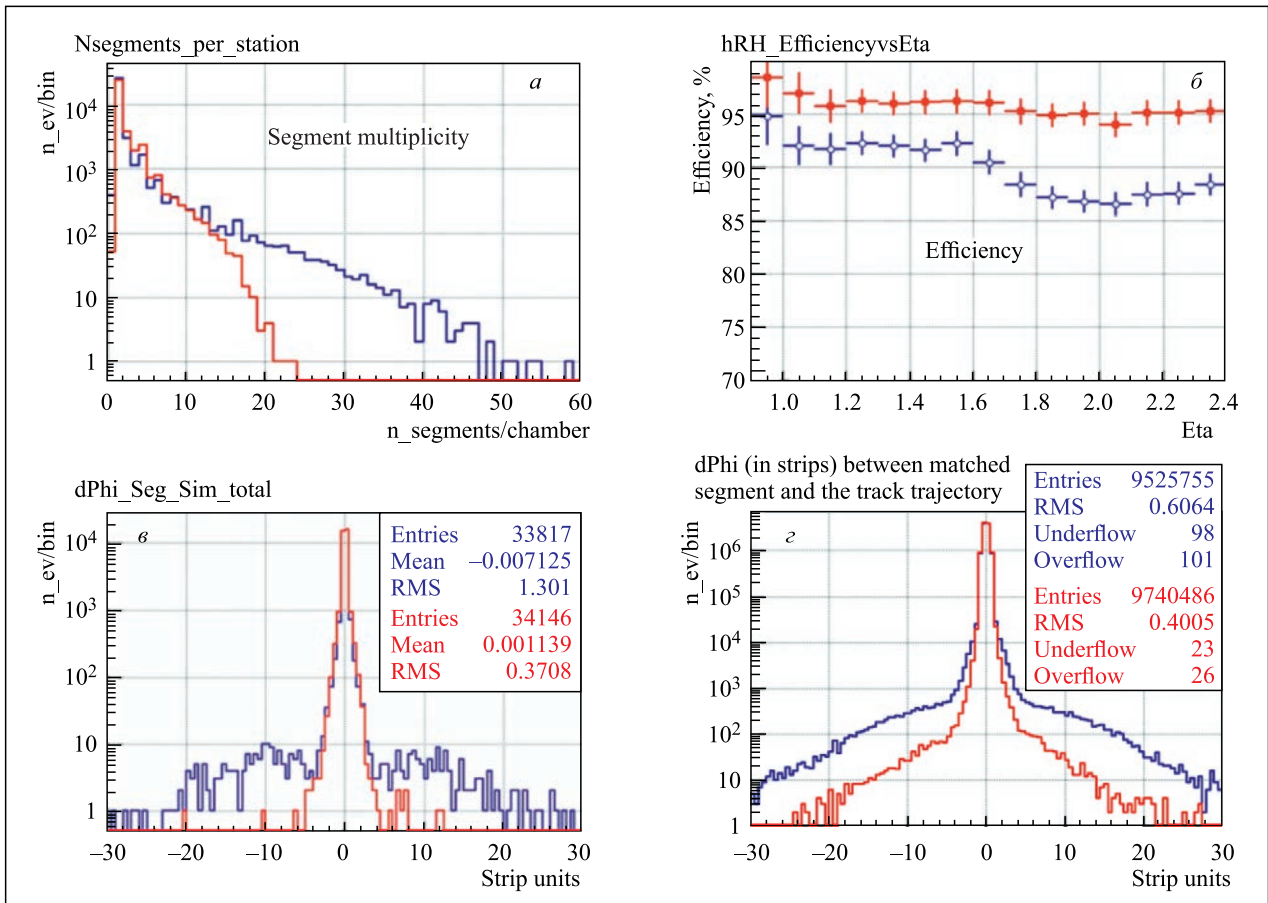


Рис. 9. Сравнение стандартного ST (синий) и нового RU (красный) алгоритмов реконструкции трек-сегментов. а) Число реконструированных трек-сегментов в камере для моделированных мюонов с $P_t = 1$ ТэВ; б) зависимость эффективности реконструкции от псевдобыстроты для моделированных мюонов с $P_t = 1$ ТэВ; в) разница азимутальных координат (в единицах ширины стрипа) трек-сегмента, ассоциированного с реконструированным мюоном, и моделированного мюона с $P_t = 1$ ТэВ; г) разница азимутальных координат трек-сегмента, ассоциированного с мюоном, и реконструированного мюона на основе экспериментальных данных 2016 г.

строится аппроксимация прямолинейного трека. Алгоритм распознавания треков включает три последовательных этапа: вычисление средних точек; формирование сегментов — элементов реконструируемых треков; связывание сегментов и реконструкция треков. Разработанный алгоритм включен в пакет CBM-ROOT в качестве динамически подключаемой библиотеки под именем Lx. В эту же библиотеку включены алгоритмы, реализующие триггер для отбора распадов $J/\psi \rightarrow \mu^+ + \mu^-$, и набор методик для настройки параметров алгоритма на модельных данных. В дальнейшем планируется исследовать возможность применения аналогичного подхода для отбора легких векторных мезонов, распадающихся по мюонному каналу [15].

Исследована зависимость многократного дифференциального сечения ($e, 2e$) однократной ионизации молекулы H_3^+ от энергии налетающего и вылетающего электронов, а также от направления вылетающего и рассеянного электронов. Расчеты были выполнены в первом борновском приближении, которое требует разработки трехцентровых волновых

функций связанного состояния и непрерывного спектра. Три рассеивающих центра находятся в вершинах равностороннего треугольника. Получены оптимальные условия и особенности треугольных мишеней, такие как появление интерференционных эффектов четырехкратного дифференциального сечения при изменении угла рассеяния с условием фиксированной ориентации молекулы. Дано сравнение сечений, полученных с помощью двух различных волновых функций молекулы H_3^+ , как с учетом корреляции электронов, так и без него. Показано, что разница полученных тройных дифференциальных сечений незначительна, однако корреляции приводят к некоторой модификации структуры четырехкратного дифференциального сечения [16].

В качестве примеров алгоритмического построения разностных схем для уравнений в частных производных, наследующих на дискретном уровне их основные алгебраические свойства, построены новые разностные схемы для уравнений Навье–Стокса и уравнения Кортевега–де Фриза. Построенные схемы имеют хорошее численное поведение [17].

Усовершенствованы методы получения функциональных уравнений для фейнмановских интегралов на основе алгебраических соотношений для пропагаторов. Проведены вычисления КХД-вкладов (с учетом калибровки) в константу перенормировки смешанного пропагатора фермионов [18].

Проведено построение геометрического описания уравнений Максвелла в терминах расслоенных пространств. Предложены разные варианты тен-

зора проникаемостей и, соответственно, разные варианты геометризации уравнений Максвелла. В частности, выделяется вариант геометризации на основе квадратичной метрики, приводящий к уравнениям янг-миллсовского типа. Разработанный формализм применен к задачам трансформационной оптики и задачам проектирования оптических приборов и устройств субволнового диапазона [19].

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

Построена модель прогнозирования суточного энергопотребления для Московского региона с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС). Важную роль в решении этой задачи сыграли следующие факторы: оптимально подобранная архитектура ИНС, адекватная структура выборки, подаваемой на вход сети, и оригинально построенные процедуры обучения и прогнозирования сети. В качестве основных переменных, подаваемых на вход ИНС, были выбраны переменные, отвечающие за сезонные и периодические колебания энергопотребления, переменная, которая берется либо из отфильтрованных данных (на этапе обучения сети), либо из прогнозных значений, вычисленных с помощью пакета «Гусеница»-SSA, и величина, взятая из исходного ряда (на этапе обучения сети), либо то значение, которое предсказывалось на текущий день обученной ИНС (на этапе обучения сети). Показано, что сформированная таким образом входная выборка позволила достичь быстрого и эффективного обучения нейронной сети и обеспечить приемлемое среднесрочное прогнозирование суточного энергопотребления для Московского региона [20].

В рамках сотрудничества с Российским экономическим университетом им. Г. В. Плеханова разработана автоматизированная система мониторинга и прогноза соответствия профессионального образования потребностям рынка труда. При создании системы использовался значительный арсенал методов и средств аналитики Больших данных, а также опыт, накопленный в проектах по компьютерному эксперименту ATLAS и CMS в ЦЕРН. Задача, лежащая в русле так называемой цифровой экономики, является весьма непростой и для своего решения требует новых подходов и методов науки о данных, в том числе методов семантического анализа и машин-

ного обучения. Постоянно обновляющаяся информационная база формируется из открытых источников. Разработанная система обеспечивает дополнительные возможности для выявления качественных и количественных связей между сферой образования и рынком труда. Она ориентирована на широкий круг пользователей: органы власти и управления регионов и муниципалитетов, руководство университетов, компаний, кадровых агентств, выпускников и абитуриентов вузов [21].

Проведено моделирование структурных изменений на поверхности образца никеля при облучении ионами урана с энергией диапазона 100–700 МэВ. Получены размеры характерных повреждений в зависимости от энергии облучения в различные моменты времени. Важно отметить, что при облучении металлического образца ионами высоких энергий основная часть энергии теряется в электронном газе и затем передается кристаллической решетке, но определенное количество энергии аккумулируется в электронном газе. Поэтому при выборе начальных условий для молекулярно-динамического моделирования этот факт необходимо учитывать, при этом начальные условия (температурные профили) можно варьировать. Кроме того, экспериментальные данные можно использовать для уточнения начальных условий. Проведенные исследования показали: предложенная методика хорошо подходит для описания структурных изменений в поверхностных слоях облучаемого материала, для получения более точных предсказаний о структурных изменениях рекомендуется использовать экспериментальные данные, а также более полно использовать нелинейную зависимость от температуры параметров модели термического пика [22].

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Сотрудниками ЛИТ совместно с сотрудниками международной коллаборации CBM разрабатываются системы считывания и сбора данных детектора

черенковских колец RICH эксперимента CBM. На основе данных, собранных в течение пучковых тестов в ЦЕРН, и результатов лабораторных измере-

ний с помощью специально построенного для этого стенда проведен подробный анализ прототипов модулей считывания и приема данных. Разработано программное обеспечение приема и анализа данных СВМ RICH. Разработаны методики калибровки, и выполнена оптимизация отдельных компонентов с целью достижения наилучшего временного разрешения для регистрации одиночных фотонов в условиях высокой загруженности каналов, ожидаемых в СВМ. С помощью разработанной системы считывания и сбора данных проведено прямое измерение временного профиля сместителя спектра п-терфенила и его влияние на временные характеристики всей системы считывания СВМ RICH. Полученные результаты достаточны для использования исследованной схемы считывания и сбора данных в эксперименте СВМ [23].

Совместно с болгарскими коллегами была разработана непрерывно-атомистическая модель (НАМ) для моделирования взаимодействия тяжелых ионов высоких энергий с конденсированными средами. НАМ описывается двумя разными классами уравнений, а именно: непрерывными уравнениями теплопроводности модели термического пика и уравнениями движения материальных точек метода молекулярной динамики. Использование высокопроизводительных систем для непрерывно-атомистического моделирования требует разработки новых вычислительных схем и параллельных алгоритмов. В работе для исследования НАМ разработаны вычислительная

схема и алгоритмы с возможностью их использования в многопроцессорных системах. Исследована эффективность вычислительной схемы и параллельных алгоритмов [24].

Совместно с коллегами из ЮАР и США предложен метод PT -симметричного расширения уравнения Дирака. Возмущения, нарушающие P - и T -симметрии, соответствуют диссипации и компенсирующей накачке энергии извне. С помощью предложенного метода сформулированы три PT -симметричные спинорные модели с кубической нелинейностью. Показано, что PT -симметричные расширения модели Тирринга и модели Гросса–Невью обладают, соответственно, бесконечным и конечным набором законов сохранения, тогда как PT -симметричное расширение третьей (нововведенной) спинорной модели не имеет сохраняющихся величин. Несмотря на эти необычайные различия в количестве интегралов движения и интегрируемости, все три модели обладают точными солитонными решениями. Численный анализ показывает, что все солитоны устойчивы, вне зависимости от значения частоты солитона и параметра накачки и диссипации. Структурная устойчивость спинорных солитонов по отношению к возмущениям, нарушающим P - и T -симметрии, а также устойчивость к возмущениям начальных данных указывают на фундаментальный характер частицеподобных объектов в теориях, описываемых нелинейным уравнением Дирака [25].

СОВЕЩАНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

С 3 по 7 июля в ЛИТ проходила очередная, девятая международная конференция «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСР'2017). Конференция была посвящена 60-летию образования Объединенного института ядерных исследований. Ее организаторами выступили ЛИТ ОИЯИ, IFIN-HH (Бухарест, Румыния), Технический университет (Кошице, Словакия), Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук (Кошице, Словакия), Университет им. П. Й. Шафарика (Кошице, Словакия). Спонсором конференции выступила компания Intel. Председателем конференции был В. В. Кореньков (ЛИТ ОИЯИ), сопредседателями организационного комитета — Г. Адам (ЛИТ ОИЯИ, IFIN-HH), М. Гнатич (ЛТФ ОИЯИ, Институт экспериментальной физики САН и Университет им. П. Й. Шафарика).

Научная тематика конференции охватила широкий круг вопросов, включающих в себя распределенные и параллельные вычисления в науке и технологиях; математические методы и программное обеспечение для моделирования сложных физических и

технологических систем; биоинформатика и вычислительная биофизика; методы, программные и компьютерные комплексы для обработки экспериментальных данных; методы, алгоритмы и программное обеспечение для компьютерной алгебры и квантового компьютеринга.

В работе конференции приняли участие свыше 250 ученых и специалистов из различных научных центров Румынии, Болгарии, Германии, Литвы, Финляндии, Франции, Словакии, США, Монголии, Канады и большого числа российских научных центров и университетов, среди которых НИЦ «Курчатовский институт», ИМПБ РАН, ИТПМ СБ РАН, Санкт-Петербургский ГУ, Новосибирский ГУ, РУДН и др. Всего на конференции было представлено 212 докладов, из них 31 пленарный, 158 секционных и 23 постерных.

В рамках конференции ММСР'2017 при поддержке дирекции ОИЯИ была организована конференция-школа «Математическое моделирование для проекта NICA». Программа школы включала в себя как лекционную часть, так и прак-

тические занятия и мастер-классы. Учебные курсы проводились на гетерогенном кластере HUBRIIT при поддержке группы по гетерогенным вычислениям ЛИТ ОИЯИ. Всего в работе конференции-школы приняли участие 54 молодых ученых и специалиста из ОИЯИ, студенты университетов «Дубна», МИФИ, МГУ, СПбГУ, ТвГУ, РУДН, ЮУрГУ, ПГУТИИ, КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан).

С 25 по 29 сентября в Республике Черногория (г. Будва) проходил XXVI Международный симпозиум ОИЯИ по ядерной электронике и компьютерингу («Nuclear Electronics and Computing» — NEC'2017). Этот симпозиум традиционно проводится ОИЯИ с 1963 г., и в девятый раз его организаторами были ОИЯИ и ЦЕРН. Сопредседателями симпозиума были: со стороны ОИЯИ — директор ЛИТ В. В. Кореньков, со стороны ЦЕРН — доктор Ян Бёрд.

В работе симпозиума приняли участие более 120 ведущих специалистов в области современных компьютерных и сетевых технологий, распределенного компьютеринга и ядерной электроники из 14 стран: Белоруссии, Молдовы, Болгарии, Великобритании, Германии, России, США, Франции, Чехии, Словакии, Италии, Китая, Нидерландов, Швейцарии.

Научная программа симпозиума охватила широкий круг вопросов и включала следующие секции: по детекторной и ядерной электронике, триггерным системам и системам сбора данных, машинному обучению и аналитике больших данных, грид-технологиям и облачным вычислениям, компьютерингу для экспериментов на крупномасштабных ускорительных установках (LHC, FAIR, NICA, SKA, PIC, XFEL, ELI и др.), нереляционным базам данных и гетероген-

ным репозиториям, исследовательским инфраструктурам данных, вычислениям на гибридных системах, а также ставшей традиционной тематике симпозиума — информационным технологиям в образовании. В рамках симпозиума также состоялось рабочее совещание «BigPanDA Technical Interchange Meeting». Симпозиум прошел при спонсорской поддержке Niagara Computers, JET Infosystems, Dell-EMC и IBS Platformix.

Всего в рамках научной программы мероприятия было представлено 89 докладов, включая 36 пленарных и 53 секционных. На образовательной секции было представлено 10 докладов.

В четвертый раз в рамках симпозиума проведена международная школа для студентов и аспирантов по современным информационным технологиям. На этот раз школа была посвящена распределенным гетерогенным вычислительным инфраструктурам.

В работе школы-конференции приняли участие ведущие ученые России, Великобритании, США и Италии, сотрудники ОИЯИ, НИЦ КИ, ЦЕРН и DESY.

В школе-конференции приняли участие 32 студента старших курсов (а также магистры и аспиранты), которые специализируются в области информационных технологий, из ведущих вузов страны: Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Санкт-Петербургского государственного университета, университета «Дубна», Рязанского государственного радиотехнического университета, Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, Российского университета дружбы народов, Томского политехнического университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Astakhov N., Baginyan A., Balandin A. et al. // CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2023. P. 68–74.
2. Petrosyan A. COMPASS GRID Production System // Proc. of The 26th Intern. Symp. on Nuclear Electronics & Computing (NEC2017), CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2023. P. 234–238.
3. Balashov N., Baranov A., Belov S., Kadochnikov I., Korenkov V., Kutovskiy N., Nechaevskiy A., Pelevanyuk I. Optimization of the JINR Cloud's Efficiency // The 26th Intern. Symp. on Nuclear Electronics & Computing (NEC'2017), CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2023. P. 88–91.
4. Balashov N., Baranov R., Mazhitova Ye., Kutovskiy N., Semenov R. JINR Member States Cloud Infrastructure // The 26th Symp. on Nuclear Electronics & Computing (NEC'2017), CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2023. P. 202–206.
5. Kadochnikov I. S. et al. // CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 1787. P. 279–283.
6. Korenkov V. V., Podgainy D. V., Streltsova O. I. Modern Information Technology and IT-Education. 2017. V. 13, No. 4. P. 141–146.
7. Kutovskiy N. A., Nechaevskiy A. V., Ososkov G. A., Uzhinskiy A. V., Frontasyeva M. V. // Geoinformatica. 2017. No. 2. P. 11–16.
8. Котовский Н. А., Нечаевский А. В., Ососков Г. А., Пряхина Д. И., Трофимов В. В. // Компьютерные исследования и моделирование. 2017. Т. 9, № 6. С. 955–963.
9. Гусев А. А. и др. // Вестн. РУДН. Сер. Математика. Информатика. Физика. 2017. Т. 25, № 1. С. 36–55.
10. Никонов Э. Г., Казаков Д. С. Механизм управления процессом сходимости итерационного метода Нью-

- тона // Системный анализ в науке и образовании / Под. ред. Е. Н. Черемисиной. Дубна, 2017. Вып. 1. С. 1–9.
11. Айрян Э. А. и др. // Математическое моделирование. 2017. Т. 9, № 3. С. 339–348.
 12. Korniyak V. V. // EPJ Web Conf. 2017 (submitted).
 13. Palichik V., Voytishin N. // Phys. Part. Nucl. 2017. V. 48. P. 786.
 14. Kapishin M., Palichik V., Voytishin N. // RO-LCG-2017 Conf. Proc. 2017. P. 56.
 15. Ablyazimov T. O. Ivanov V. V. // Phys. Part. Nucl. Lett. 2017. V. 14, No. 3(208). P. 287–298.
 16. Obeid S., Chuluunbaatar O., Joulakian B. B. // J. Phys. B. 2017. V. 50. P. 145201-1-9.
 17. Amodio P., Blinkov Yu. A., Gerdt V. P., La Scala R. // Appl. Math. Comp. 2017. V. 314. P. 408–421.
 18. Tarasov O. V. // J. High Energy Phys. 2017. V. 11. P. 38–60;
Tarasov O. V. // J. Phys. Conf. Ser. 2017. V. 920(1). P. 012004–012013.
 19. Кулябов Д. С. // Вестн. РУДН. Сер. Математика. Информатика. Физика. 2017. Т. 25, № 1. С. 81–90;
 20. Gevorkyan M. N., Kulyabov D. S., Lovetskiy K. P., Nikolaev N. E., Sevastianov A. L., Sevastianov L. A. // Math. Mod. Geom. 2017. V. 5, No. 1. P. 1–20.
 21. Иванов В. В., Крянев А. В., Осетров Е. С. // Письма в ЭЧАЯ. 2017. Т. 14, № 4(209). С. 418–430.
 22. Belov S. D., Filozova I. A., Kadochnikov I. S., Korenkov V. V., Semenov R. N., Zrelov P. V. // CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2023. P. 98–104.
 23. Дидык А. Ю. и др. // Поверхность. Сер. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2017. № 6. С. 1–6.
 24. Adamczewski-Musch J., Akishin P., et al. // Part. Nucl. 2017. V. 14, No. 6. P. 637.
 25. Dimova S. N., Puzynin I. V., Puzynina T. P., Tuhliyev Z. K., Hristov I. G., Christova R. D., Chernogorova T. P., Sharipov Z. A. // CEUR-WS.org. 2017. V. 1787. P. 184–188.
 26. Barashenkov I. V., Alexeeva N. V., Saxena A. // Ann. Phys. 2017 (in press).



ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

В 2017 г. в лаборатории продолжены исследования по теме 04-9-1077-2009/2020 «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий» по следующим направлениям: фундаментальные радиобиологические и радиационно-генетические исследования, исследования влияния ускоренных заряженных частиц на центральную нервную систему, математическое моде-

лирование радиационно-индуцированных эффектов, радиационные исследования на базовых установках ОИЯИ и в окружающей среде. Продолжены работы по теме 04-9-1112-2013/2019 «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли».

РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И РАДИОБИОЛОГИЯ

Продолжено исследование закономерностей формирования и репарации двуниевых разрывов ДНК (ДР ДНК) в клетках нормальных фибробластов человека при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками [1–5]. Облучение биологических образцов проводили на циклотроне МЦ-400 ЛЯР ОИЯИ, на протонном пучке фазотрона и гамма-установке «Рокус-М» Медикотехнического комплекса ЛЯП ОИЯИ.

Для выявления влияния параметров треков ускоренных ионов ^{11}B , ^{20}Ne и ^{15}N ($E = 13\text{--}47$ МэВ/нуклон, ЛПЭ = 44–183 кэВ/мкм) на эффективность репарации комплексных ДР ДНК исследована кинетика формирования и элиминации фокусов $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ в ядрах облученных фибробластов. Показано, что с увеличением линейной передачи энергии заряженных частиц наблюдается снижение эффективности репарации ДР ДНК (рис. 1).

Облучение под малым углом к плоскости распространения пучка ускоренными ионами ^{20}Ne и ^{11}B позволило исследовать влияние параметров треков заряженных частиц (рис. 2) на комплексность формируемых ДР ДНК. Выявлено, что ионы ^{20}Ne с высокой плотностью δ -электронов в треке ($Z^2/\beta^2 = 1454$) индуцируют более крупные и сложноорганизованные кластерные $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусы (рис. 3).

Проведен сравнительный анализ индукции и элиминации колокализированных $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов

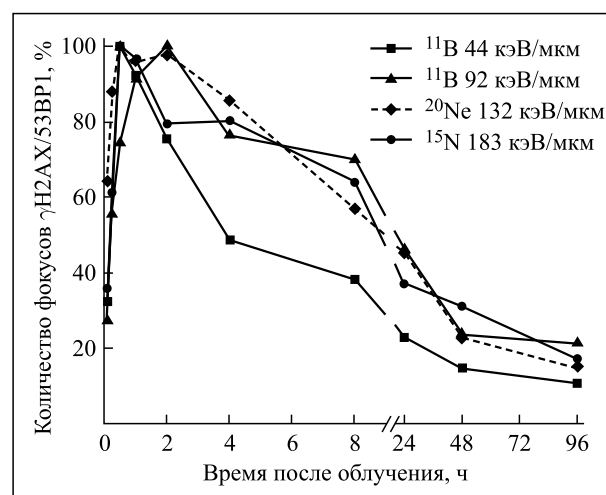


Рис. 1. Кинетика формирования фокусов $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ при облучении ускоренными ионами с разными физическими характеристиками

в нейронах коры мозжечка крыс при воздействии γ -квантов ^{60}Co в дозе 3 Гр и протонов в дозе 1 Гр ($E = 170$ МэВ) и 3 Гр ($E = 150$ МэВ). Показано, что $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусы эффективно элиминируются в течение 24 ч (рис. 4, б). Оценка размера радиационно-индуцированных фокусов выявила увеличение их площади в клетках Пуркинью со временем после облучения протонами (рис. 4, а) [6, 7].

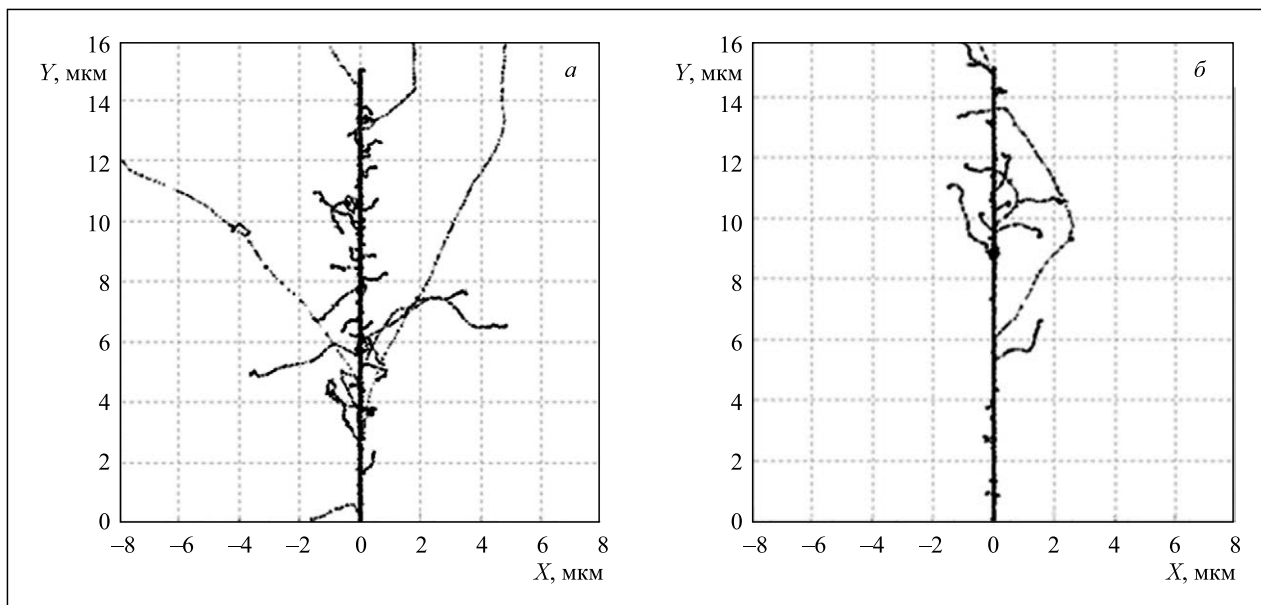


Рис. 2. Визуализация структуры треков ионов: а) ^{20}Ne (ЛПЭ = 171 кэВ/мкм, $E = 34$ МэВ/нуклон) и б) ^{11}B (ЛПЭ = 55 кэВ/мкм, $E = 25$ МэВ/нуклон), RITRACKS v.3.1

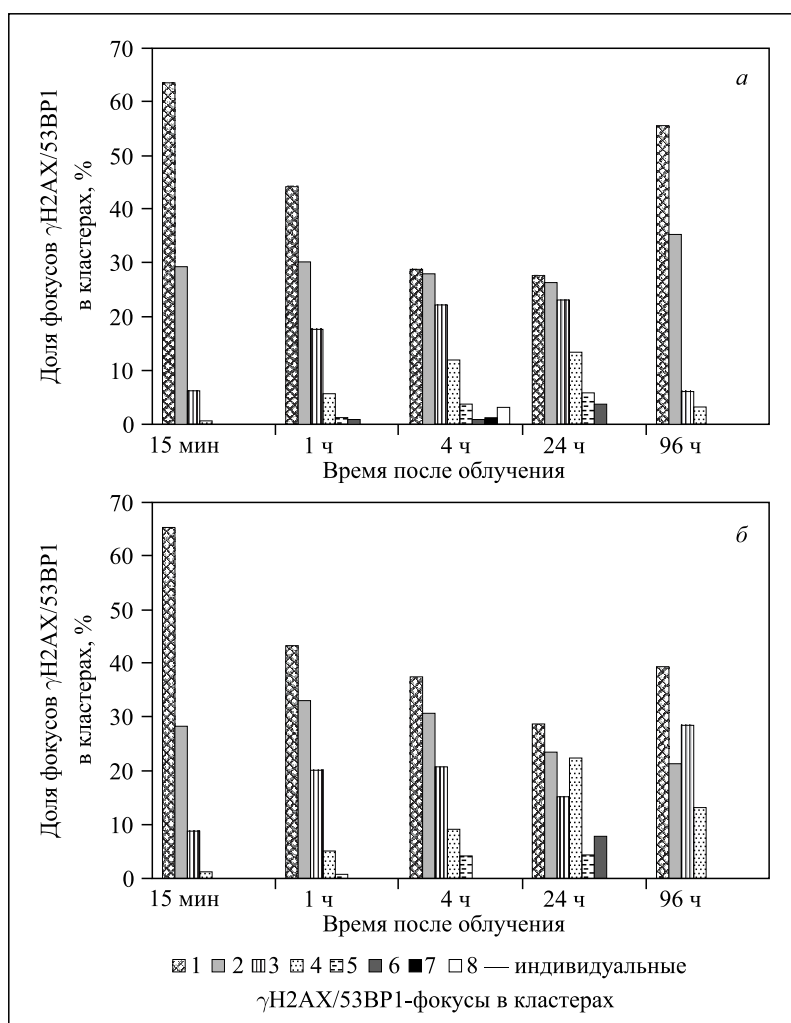


Рис. 3. Распределение индивидуальных фокусов $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ в сложноорганизованных кластерах при воздействии ускоренных ионов а) ^{20}Ne (ЛПЭ = 171 кэВ/мкм, $E = 34$ МэВ/нуклон) и б) ^{11}B (ЛПЭ = 55 кэВ/мкм, $E = 25$ МэВ/нуклон)

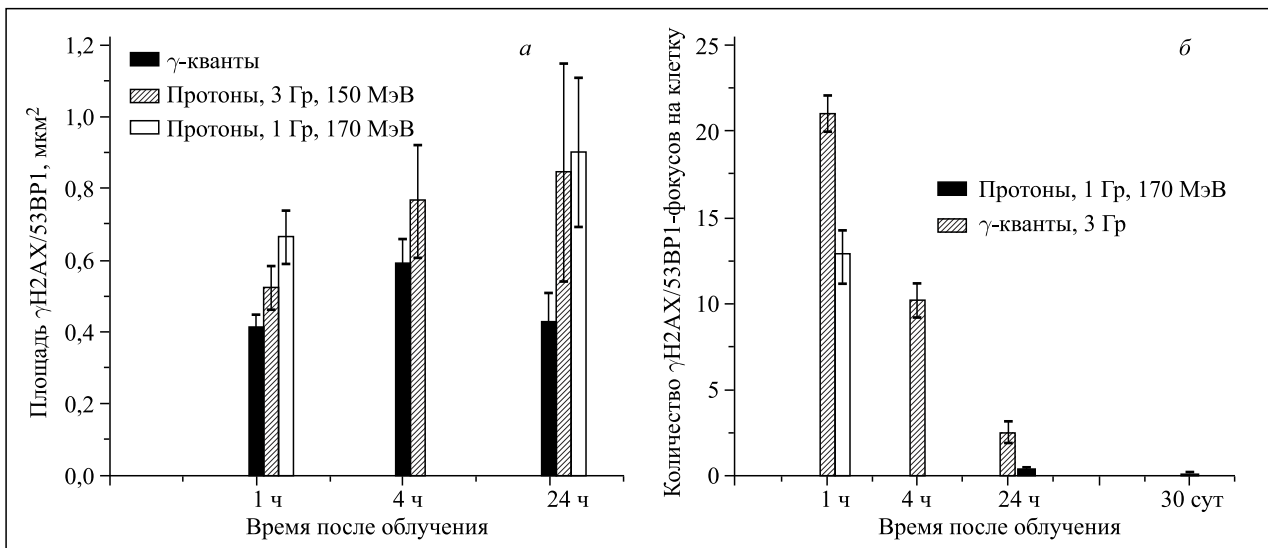


Рис. 4. а) Площадь радиационно-индуцированных фокусов γ H2AX/53BP1 после воздействия γ -квантов ^{60}Co в дозе 3 Гр, протонов в дозе 3 Гр ($E = 150$ МэВ), протонов в дозе 1 Гр ($E = 170$ МэВ). б) Количество γ H2AX/53BP1-фокусов после воздействия протонов в дозе 1 Гр ($E = 170$ МэВ) и γ -квантов ^{60}Co в дозе 3 Гр

Исследованы закономерности формирования ДР ДНК в лимфоцитах периферической крови человека в условиях влияния ингибиторов репарации ДНК арабинозидцитозина (АраЦ) и гидроксимоче-

вины (ГМ) при действии γ -квантов и ускоренных ионов ^{11}B с разной ЛПЭ (44, 89 и 127 кэВ/мкм) методом ДНК-комет (рис. 5). Установлено, что с ростом ЛПЭ ускоренных ионов ^{11}B наблюдается сни-

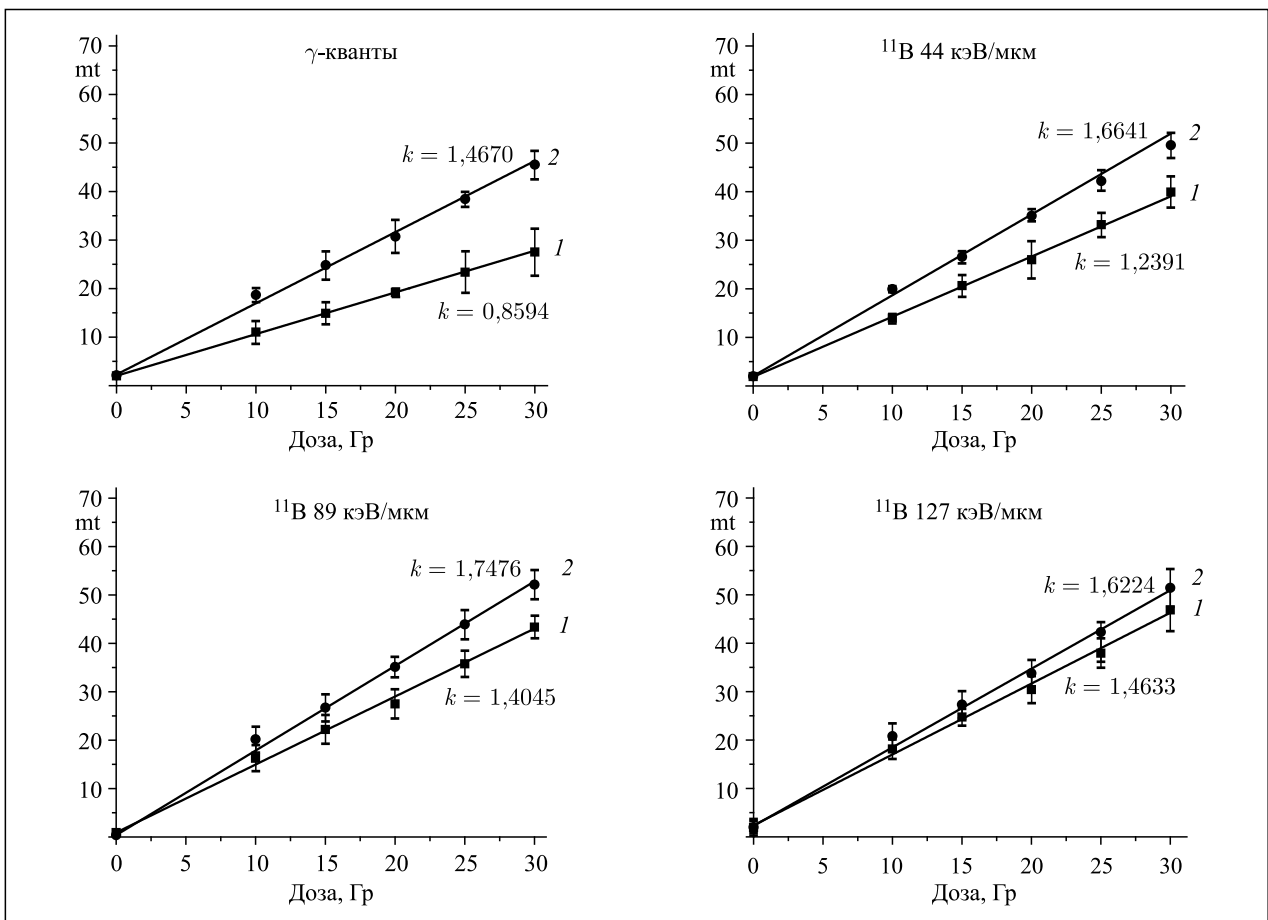


Рис. 5. Дозовая зависимость изменения параметра mt при облучении γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами ^{11}B с разной ЛПЭ в нормальных условиях (1) и в условиях влияния ингибиторов АраЦ и ГМ (2)

жение модифицирующего влияния ингибиторов репарации на выход ДР ДНК, что свидетельствует об изменении спектра формируемых повреждений при действии ионизирующих излучений с разными характеристиками.

Продолжены исследования закономерностей формирования молекулярных повреждений и их репарации в клетках гиппокампа мышей. Известно, что нейрогенез в гиппокампе происходит в течение всей жизни организма, однако с возрастом происходит изменение в соотношении количества стволовых и высоко дифференцированных нейронов, что должно отражаться на радиочувствительности гиппокампа. Изучены закономерности индукции и репарации ДР ДНК в нейронах гиппокампа мышей разного возраста при действии γ -квантов ^{60}Co *in vivo* и *in vitro*. Выявлены возрастные различия в количестве формируемых γ -квантами ДР ДНК. Показано, что кинетика репарации при облучении *in vivo*

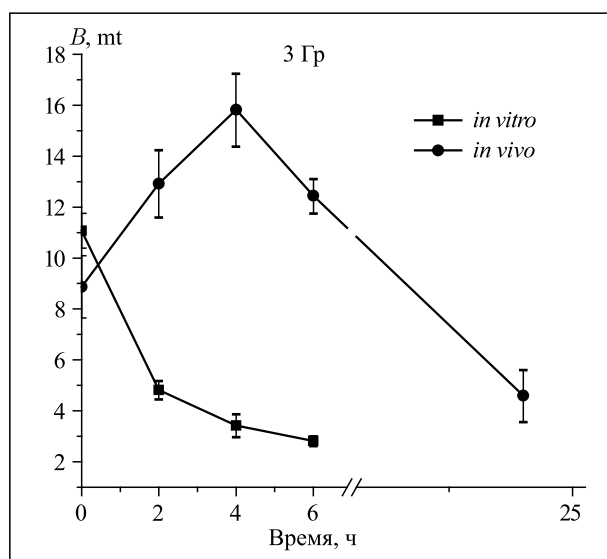


Рис. 6. Кинетика репарации ДР ДНК в клетках гиппокампа при действии γ -квантов ^{60}Co *in vitro* и *in vivo*

имеет сложный характер и кардинально отличается от экспоненциальной кинетики при облучении *in vitro* (рис. 6) [8].

Проведены первые эксперименты по облучению лимфоцитов крови человека нейтронами с использованием источника ^{252}Cf в 4 π -геометрии в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ. Мощность дозы нейтронов составляла 131,5 мкГр/с. Доза, полученная в ходе 30-минутной экспозиции, составила 0,23 Гр, 60-минутной — 0,47 Гр. В ходе анализа полученных результатов исследовали метафазы первого пострadiационного клеточного цикла. Процент aberrантных клеток, частота и спектр хромосомных aberrаций приведены в табл. 1, дозовая зависимость частоты aberrаций представлена на рис. 7. Коэффициенты относительной биологической эффективности (ОБЭ), рассчитанные как соотношения изоэффективных доз ^{60}Co γ -лучей и нейтронов, составили для 30- и 60-минутной экспозиции 10,0

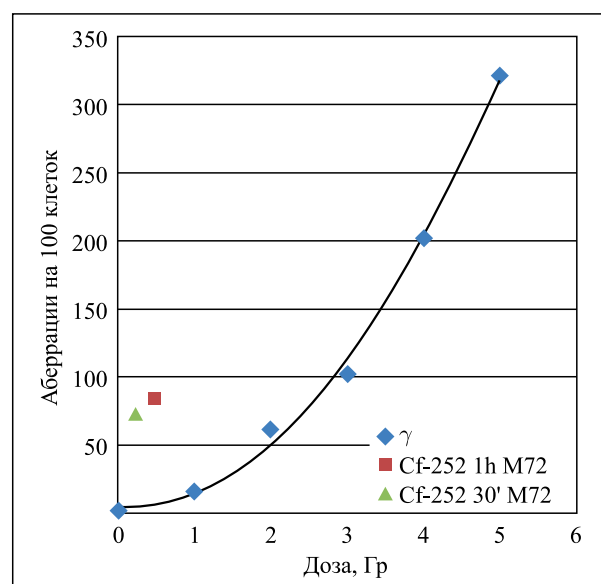


Рис. 7. Зависимость частоты хромосомных aberrаций от дозы излучения

Таблица 1. Частота хромосомных aberrаций, индуцированных нейтронами, в лимфоцитах периферической крови человека

Время	Доза, Гр	Количество клеток	Аберрации, %	Аберраций на 100 клеток							Аберраций на 100 клеток	Аберраций на aberrантную клетку
				Ctb	Csb	Race	Dic	Rings	Trans	Cte		
M48	0	100	1	1							1	1,0
	0,23	100	31	1	13	4	20	2	1	0	41	1,3
	0,47	100	36	1	11	9	27	3	0	2	53	1,5
M72	0	100	2	1	1						2	1,0
	0,23	100	41	2	16	5	40	6	3	0	72	1,8
	0,47	100	47	1	26	10	41	2	3	1	84	1,8

Примечание. Ctb — хроматидные фрагменты, Csb — хромосомные фрагменты, Dic — дицентрики, Race — ацентрические кольца, Rings — центрические кольца, Trans — транслокации, видимые без карiotипирования, Cte — хроматидные обмены.

и 5,6 соответственно. Как и ожидалось, значения ОБЭ зависят от дозы и времени фиксации: они были выше для меньшей дозы и более позднего срока исследования, когда тяжело поврежденные клетки достигли митоза.

С помощью метода химически-индуцированной преждевременной конденсации хроматина исследована индукция и репарация хромосомных повреждений в лимфоцитах периферической крови человека после облучения ионизирующими излучениями разного качества. Данный метод позволяет измерять число разрывов хроматина сразу после облучения, наблюдать кинетику репарации и измерять остаточный уровень разрывов хроматина в G₂-фазных клетках. Начальный и конечный уровень повреждений, индуцированных ионами ¹¹B с энергией 22 МэВ/нуклон и γ-квантов ⁶⁰Со в лимфоцитах человека, находящихся в G₂-фазе клеточного цикла, представлены на рис. 8. ОБЭ ионов бора составляет 2 для начального и более 10 для конечного уровня повреждений, который в итоге и определяет биологическую эффективность излучений.

Исследовано повреждающее и мутагенное воздействие ускоренных протонов с энергией 150 МэВ и γ-квантов ⁶⁰Со на одноклеточные эукариотические организмы — гаплоидные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и водоросли *Euglena*. Показано, что выживаемость этих организмов не различалась при облучении протонами и γ-квантами (рис. 9, а). Не наблюдалось также различий и в мутагенном эффекте. Так, для клеток дрожжей частота мутаций сдвига рамки считывания (рис. 9, б), прямых генных мутаций и комбинации совпадали после облучения γ-квантами и протонами в дозах до 35 Гр [9, 10].

Проанализирован радиационно-индуцированный мутагенез в клетках гаплоидных дрожжей после воздействия ускоренных ионов ¹¹B с различными ЛПЭ 44 и 60 кэВ/мкм. Показано, что чувствительность

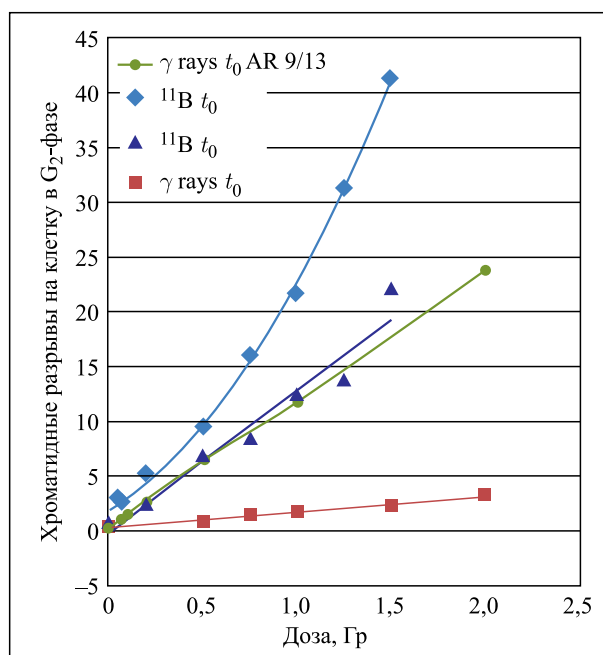


Рис. 8. Начальный (t_0) и конечный (t_{12}) выход хроматидных разрывов, индуцированных облучением ионами бора с энергией 22 МэВ/нуклон и γ-лучами ⁶⁰Со в лимфоцитах периферической крови человека в G₂-фазе клеточного цикла. По оси ординат — число хроматидных разрывов на клетку в G₂-фазе, по оси абсцисс — доза, Гр

клеток к летальному действию облучения растет с увеличением ЛПЭ (рис. 10, а). Для ЛПЭ 44 и 60 кэВ/мкм ОБЭ составляла 1,8 и 2,8 соответственно. Однако ОБЭ для замен пар оснований не зависела от ЛПЭ, ОБЭ индукции сдвига рамки считывания и прямых мутаций в гене *CAN1* падала. В то же время ОБЭ индукции хромосомных перестроек возрастала (рис. 10, б) и составляла 5,4 и 6,6 для ЛПЭ 44 и 60 кэВ/мкм соответственно [11].

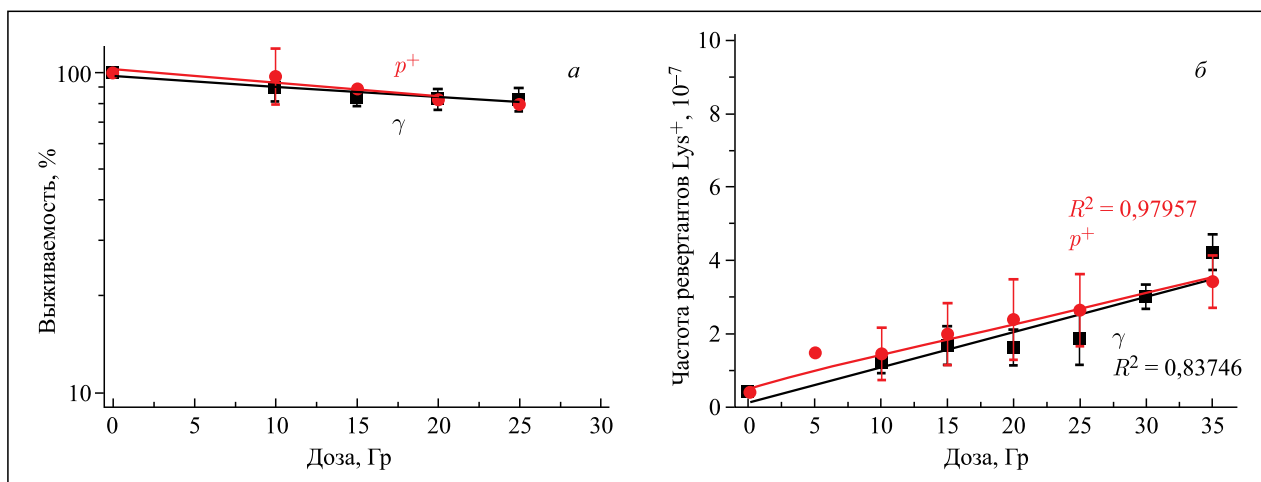


Рис. 9. Дозовая зависимость выживаемости (а) и частоты мутаций сдвига рамки считывания в гене *Lys2* (б) при облучении протонами и γ-квантами ⁶⁰Со клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

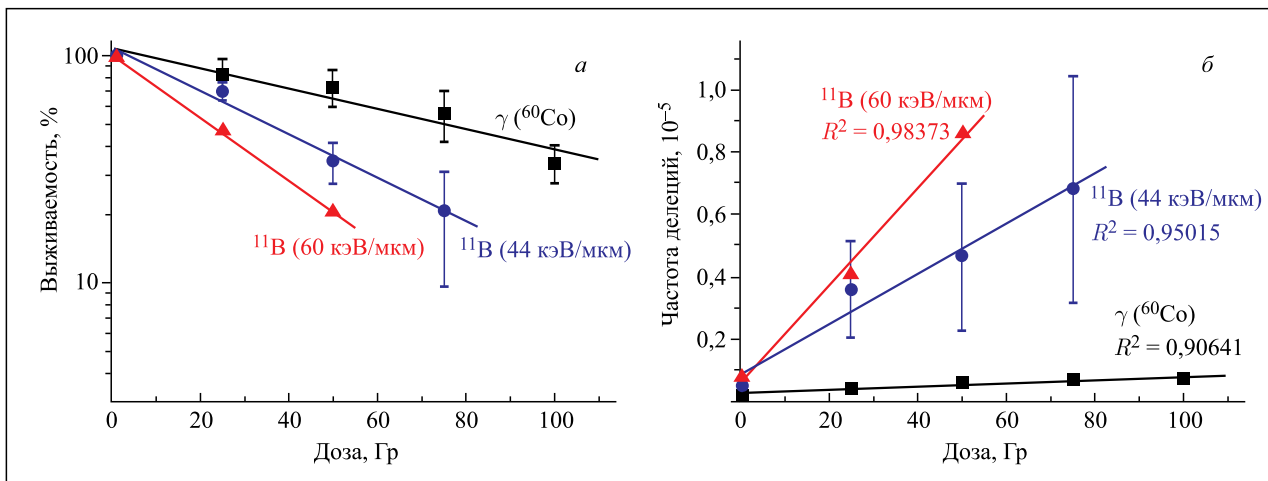


Рис. 10. Дозовые зависимости выживаемости (а) и образования делеций (б) при облучении клеток дрожжей γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами ^{11}B с ЛПЭ 44 и 60 кэВ/мкм

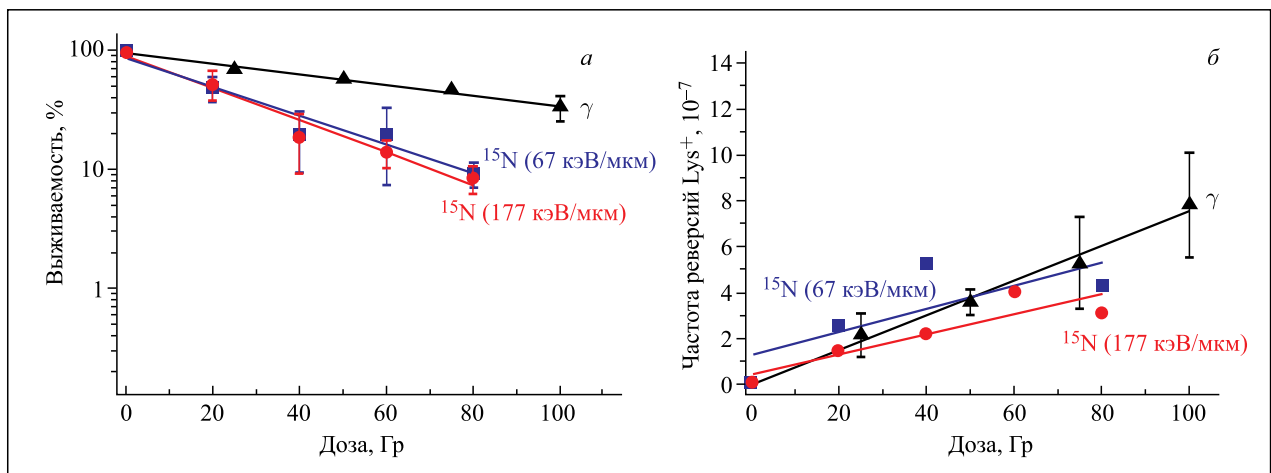


Рис. 11. Дозовые зависимости выживаемости (а) и частоты мутаций сдвига рамки считывания (б) при облучении клеток дрожжей γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами ^{15}N с ЛПЭ 67 и 177 кэВ/мкм

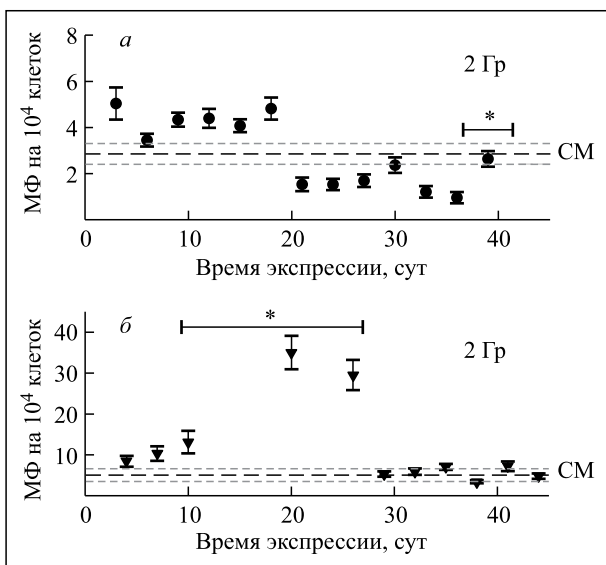


Рис. 12. Частота выхода мутантов (МФ) в зависимости от времени экспрессии после облучения клеток китайского хомячка линии V-79 γ -квантами ^{60}Co (а) и ионами ^{20}Ne (б) в дозе 2 Гр. СМ — среднее значение доли мутантов при спонтанном мутагенезе. Звездочка указывает на достоверную разницу ($p < 0,05$) по выходу мутантных фракций, возникающих спонтанно и индуцированных излучением

При воздействии на клетки дрожжей γ -квантов ^{60}Co и ускоренных ионов ^{15}N с энергией 46 МэВ/нуклон и различной ЛПЭ (67 и 177 кэВ/мкм) биологическая эффективность летального действия ионов азота с ЛПЭ 67 и 177 кэВ/мкм совпадала и была выше, чем для γ -квантов (рис. 11, а). Облучение ионами азота индуцировало в 2 раза (ОБЭ 2,4–2,9) больше летальных повреждений, чем γ -кванты. Однако для мутагенных событий разного типа, например сдвига рамки считывания (рис. 11, б), замены пар оснований, прямых генных мутаций Can^R и хромосомной рекомбинации эффективность составляла ~ 1 (ОБЭ 1,0–1,5).

Анализ полученных закономерностей мутагенеза в простейших эукариотах, в том числе индуцированного УФ-светом и γ -излучением, обобщен в серии обзоров по молекулярным механизмам мутагенеза и чекпойнт-контроля, осуществляющего остановку клеточного цикла и обеспечивающего время для репарации повреждений ДНК [12–15].

РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

В эксперименте, проведенном на нуклотроне (ЛФВЭ ОИЯИ), изучены цитологические эффекты, возникающие в мозжечке крыс под действием ускоренных ионов углерода с энергией 500 МэВ/нуклон в дозе 1 Гр. Наблюдалось существенное увеличе-

исследован радиационно-индуцированный мутагенез в клетках китайского хомячка (линия V79) после воздействия тяжелых заряженных частиц с различной ЛПЭ (50, 116, 138, 153 кэВ/мкм) и γ -облучения [16]. Выявлена корреляция между индуцированным излучением мутагенезом в гене *HPRT* и временем экспрессии после облучения тяжелыми заряженными ионами. Обнаружено монотонное снижение со временем частоты образования мутантных клеток после облучения γ -квантами ^{60}Co (рис. 12, а); однако для излучений с высокой ЛПЭ зависимость имеет немонотонный характер с выраженным максимумом (рис. 12, б). При увеличении ЛПЭ тяжелых заряженных ионов максимум мутантной фракции достигается при более поздних временах экспрессии. Зависимость положения максимума выхода мутантной фракции от ЛПЭ может быть хорошо описана экспоненциальной функцией. Эти эффекты, возможно, связаны с различиями в пространственном распределении энергии в треках ускоренных ионов.

Таблица 2. Количество клеток Пуркинье в коре мозжечка крыс на 30 и 90 сут после облучения в различных экспериментальных группах

Время после облучения, сут	Группа	Количество животных	Доля нейронов, %		
			Группа 1	Группа 2	Группа 3
30	Контроль	4	67,7 ± 2,6	28,1 ± 2,7 ¹	4,2 ± 1,4
	γ	5	54,3 ± 6,3	35,8 ± 6,1 ¹	9,9 ± 0,4* ¹
	^{12}C	5	49,2 ± 3,1	34,6 ± 2,8*	16,2 ± 2,3** ¹
90	Контроль	4	75,5 ± 1,0	20 ± 2,0	4,5 ± 1,6
	γ	4	71,0 ± 3,2	24,1 ± 3,2	4,9 ± 0,8
	^{12}C	5	61,8 ± 2,3	30,3 ± 1,5**	7,9 ± 1,0**

* Различия достоверны по отношению к контрольной группе.

** Различия достоверны в сравнении с контрольной группой и группой γ -облучения.

¹ Различия достоверны между аналогичными показателями на 90-е сутки; $p < 0,05$.

Примечание. Группа нейронов 1 — нормохромные нейроны, 2 — клетки с морфо-функциональными и компенсаторно-приспособительными изменениями, 3 — клетки с дистрофическими изменениями.

ние относительного числа деструктивно измененных нейронов в коре мозжечка животных (табл. 2). Динамика формирования морфологических изменений указывает на наличие более выраженных радиационных эффектов в ЦНС при облучении тяжелыми ио-

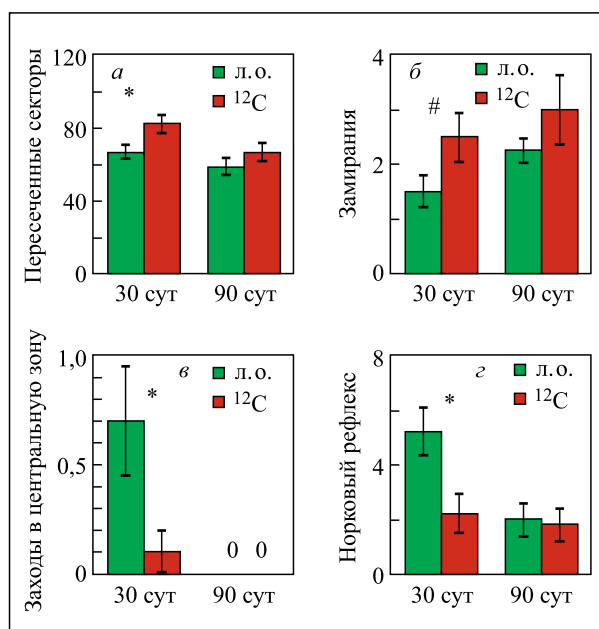


Рис. 13. Изменение показателей поведения в тест-системе «Открытое поле» после облучения ионами углерода в дозе 1 Гр: а) количество пересеченных секторов; б) замирания животного; в) пересечения центральной зоны арены; г) норковый рефлекс; л. о. — ложнооблученные животные, подверженные транспортировке и стрессу пребывания в фиксирующих контейнерах

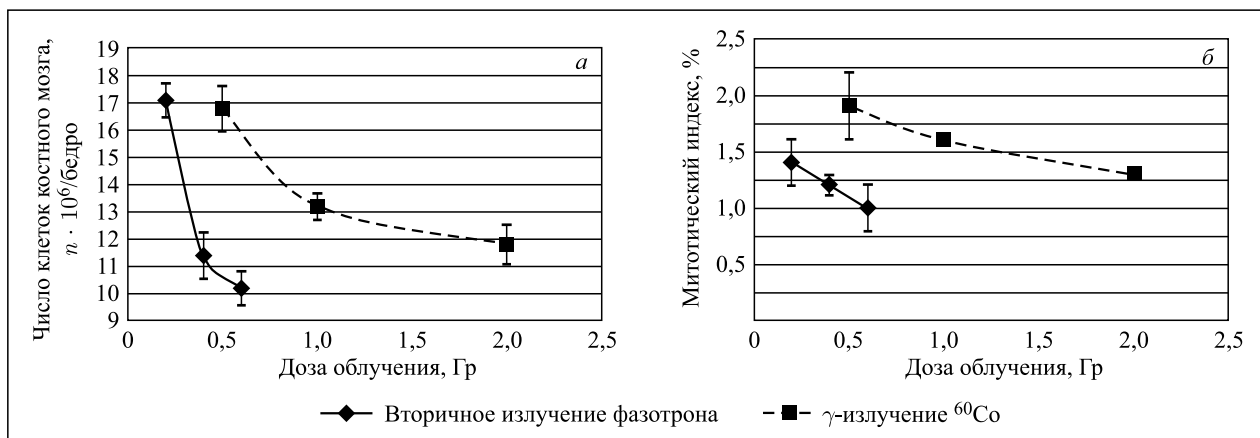


Рис. 14. Влияние облучения мышей нейтронами и γ -квантами Со в поле фазотрона на число (а) и митотический индекс (б) клеток костного мозга

нами [17]. Вместе с цитологическими эффектами были исследованы поведенческие реакции животных. Для тестирования лабораторных крыс использовалась установка «Открытое поле». Регистрация поведенческих реакций проводилась на 30 и 90 сут после облучения. Анализ поведенческих элементов в эти сроки свидетельствует об увеличении уровня тревожности, изменении локомоторной и исследовательской активности в группе облученных животных (рис. 13).

В эксперименте на фазотроне (ЛЯП ОИЯИ) создано смешанное нейтронное, протонное и фото-

нное поле излучения, приближенное к радиационному полю, образуемому внутри космического аппарата при солнечном протонном событии. Установлено, что этот вид вторичного излучения по своей радиобиологической эффективности, оцененной по показателям числа клеток в костном мозге и их митотической активности, массе тимуса и селезенки, в 1,89–7,7 раз превосходит стандартное γ -излучение (рис. 14) [18, 19].

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

Для преодоления вычислительных трудностей при моделировании радиационно-индуцированных эффектов в нейронных сетях гиппокампа разработаны упрощенные модели нейронов, по геометрическим и электрофизиологическими свойствам эквивалентные нейронам с реальной морфологией [20–23]. С использованием моделирования Монте-Карло в пакете Geant4-DNA показано, что распределение событий энерговыделения и продуктов радиолиза после облучения протонами с энергией 170 МэВ, ионами углерода с энергией 290 МэВ/нуклон и ионами железа с энергией 600 МэВ/нуклон одинаково как в упрощенных, так и в реалистичных моделях гранулярных и пирамидальных нейронов гиппокампа (рис. 15).

Рассчитаны события энерговыделения и продуктов радиолиза в структурах основных типов синаптических рецепторов (NMDA, AMPA и GABA(A)) и мембранных ионных каналов (K^+ , Na^+ и Ca^{2+}). Вычисления проводились в пакете GEANT4 для протонов и ионов железа различной энергии в пределах области пика Брэгга. В каждой модели ионных ка-

налов и рецепторов оценивалось распределение частот энерговыделений (количество ионизаций), приводящих к прямым повреждениям, и концентрация свободных радикалов, приводящих к косвенным повреждениям. Показано, что на мембранные белковые комплексы канала для ионов K^+ приходится самый низкий, а на синаптические GABA(A)-рецепторы — самый высокий уровень прямых и косвенных повреждений (рис. 16, 17) [24]. Наши результаты моделирования подтверждают экспериментальные результаты, которые свидетельствуют о том, что синаптические рецепторы NMDA и GABA(A) относятся к наиболее вероятным функциональным объектам в нервных клетках, где могут возникнуть нарушения при облучении тяжелыми ионами.

Предложен подход к математическому моделированию индукции разных типов первичных повреждений ДНК (однонитевые и двунитевые разрывы, кластерные повреждения) после действия ускоренных тяжелых ионов [25–27]. С использованием программной среды Geant4-DNA проведено моделирование пространственной структуры треков тяжелых

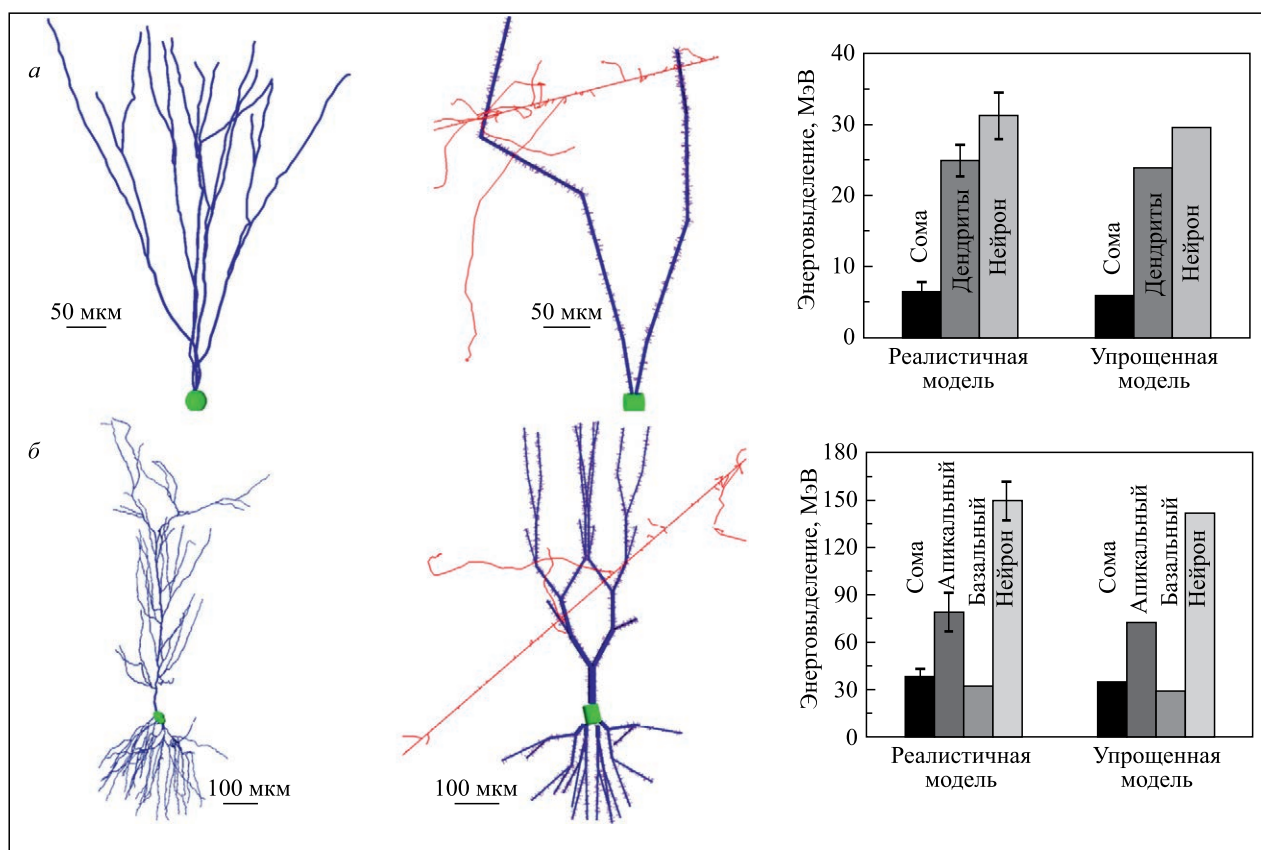


Рис. 15. Полное энерговыделение в реалистичной (слева) и упрощенной (справа) модели гранулярной клетки (а) и пирамидальной клетки (б) гиппокампа при облучении ионами углерода с энергией 290 МэВ/нуклон в дозе 10 сГр. Трек частицы изображен красным цветом

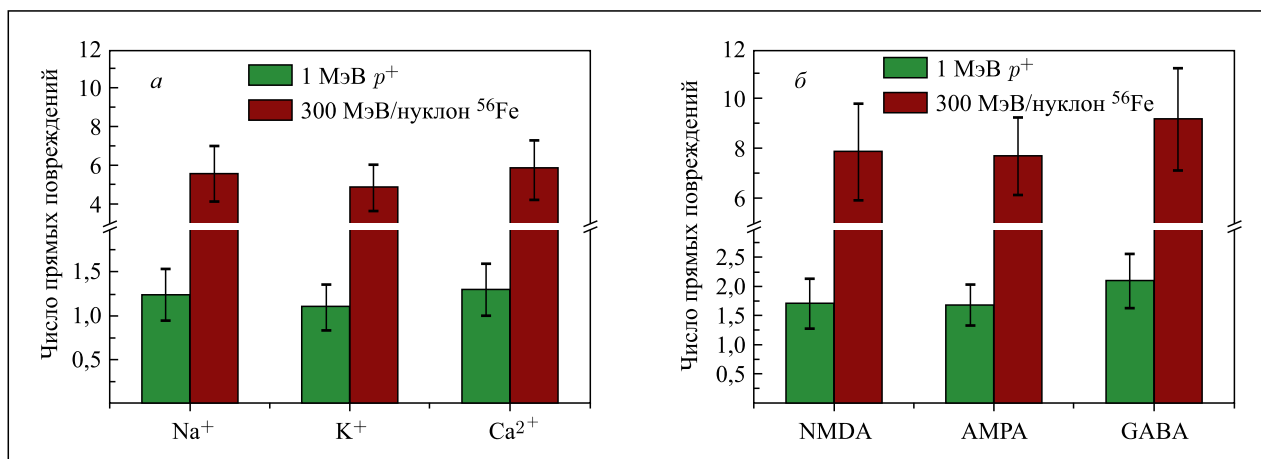


Рис. 16. Среднее число прямых повреждений от ионизаций в моделях мембранных ионных каналов (а) и синаптических рецепторов (б) при облучении протонами с энергией 1 МэВ и ионами железа с энергией 300 МэВ/нуклон

заряженных частиц. Рассчитаны пространственные распределения энерговыделения при действии различных тяжелых ионов в широком диапазоне ЛПЭ на масштабе ядра клетки. С применением алгоритма DBSCAN проведена количественная оценка индукции первичных повреждений ДНК в зависимости от ЛПЭ частицы (рис. 18). Выполнена пространственная визуализация распределения разных типов повреждений ДНК в соответствии со структурой трека

частицы. Проведена оценка степени кластеризации повреждений ДНК в зависимости от ЛПЭ частицы.

Исследована количественная связь между генными мутациями и функциональными свойствами синаптических рецепторов, что важно для анализа нейродегенеративных нарушений, вызванных как различными заболеваниями, так и последствиями действия радиации. Использование компьютерного молекулярно-динамического моделирования впервые

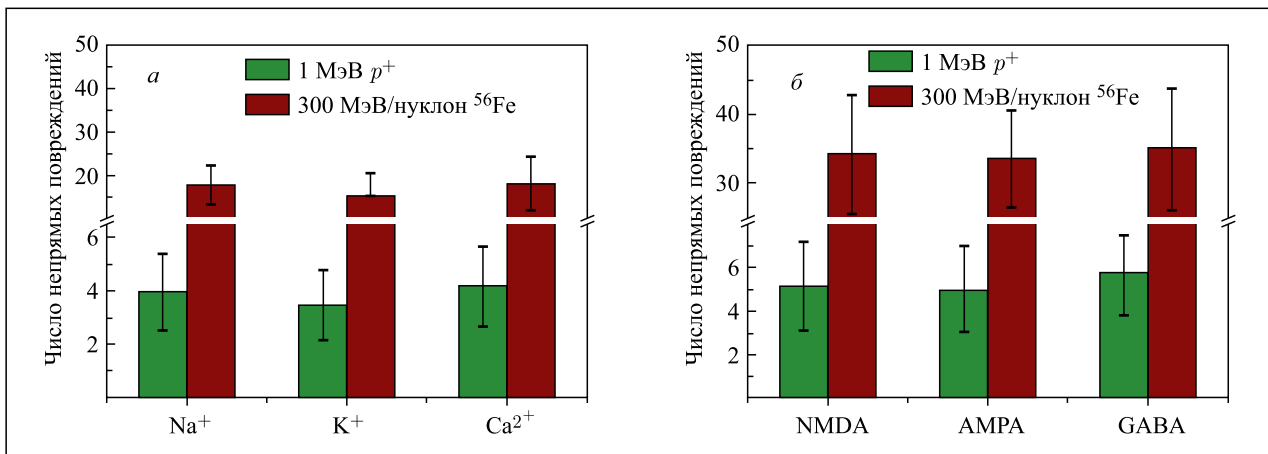


Рис. 17. Среднее число косвенных повреждений гидроксильными свободными радикалами (OH) в моделях мембранных ионных каналов (а) и синаптических рецепторов (б) при облучении протонами с энергией 1 МэВ и ионами железа с энергией 300 МэВ/нуклон

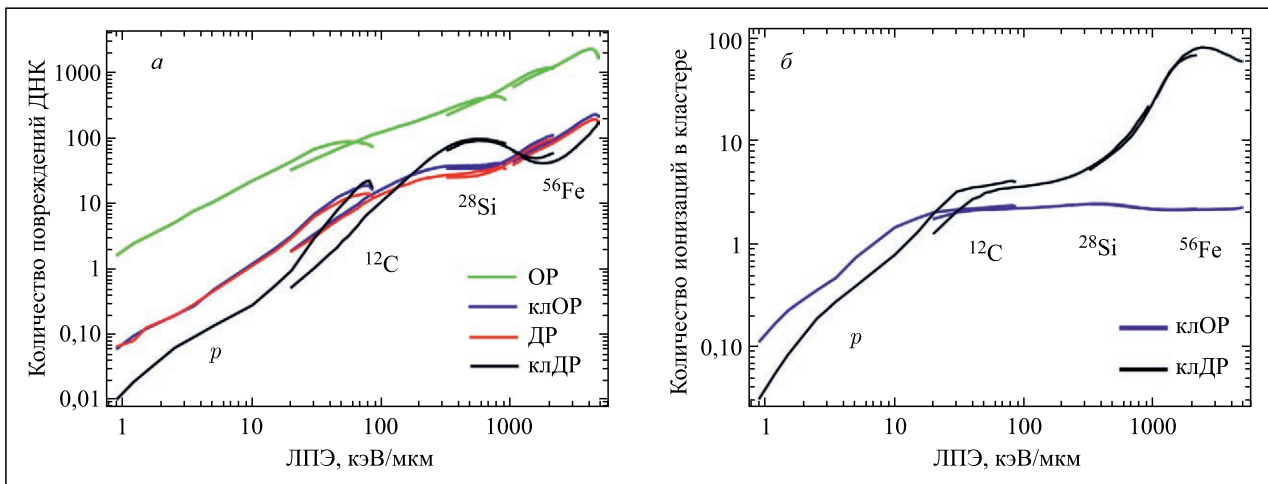


Рис. 18. Индукция первичных повреждений ДНК на микрометр длины трека частиц с различной ЛПЭ (а) и структура кластерных повреждений (б)

позволило проследить, как конкретные типы мутаций генов влияют на динамику открытия ионного канала NMDA-рецептора (рис. 19) при его активации молекулами нейротрансмиттера (глутамата). Количественный анализ геометрии канала (рис. 20) в нативной и рассмотренной нами мутантной формах рецептора (двойная мутация 540Arg → His, 615Asn → Leu) выявил снижение ионной проводимости, определяющей формирование постсинаптического потенциала действия, примерно в два раза. Таким образом, рецептор, синтезированный из мутантных форм субъединиц NR2, будет иметь сниженную способность к передаче потенциала действия, что может привести к эффекту типа синаптической депрессии.

С помощью методов молекулярной динамики также были исследованы особенности взаимодействия липидного бислоя с молекулами, являющимися потенциальными радиопротекторами, в частности, уменьшающими негативные последствия оксидативного стресса. Проведено сравнение влияния молекул двух типов сульфоксидов DMSO и DESO на

липидный бислой и выявлены преимущества последнего [28].

Продолжено исследование транспорта внутриклеточных сигналов в цитоскелете нервных клеток [29, 30]. Усовершенствована модель нелинейной динамики клеточных микротрубочек. Показано, что корректный учет пространственной дисперсии и ангармонизма взаимодействия двух соседних субъединиц полимера допускает существование двух различных видов сигналов типа бегущей волны: биполярных импульсов и кинков. Выявлено, что изменение потенциала взаимодействия в ключевых типах химических связей в данной полимерной системе может привести к селективному нарушению внутриклеточной сигнализации.

Разработаны математические модели пирамидных нейронов областей CA1 и CA3 гиппокампа [31], описывающие мембранные и биохимические процессы, лежащие в основе генерации потенциала действия. При этом модели пространственной структуры данных нейронов были адаптированы для про-

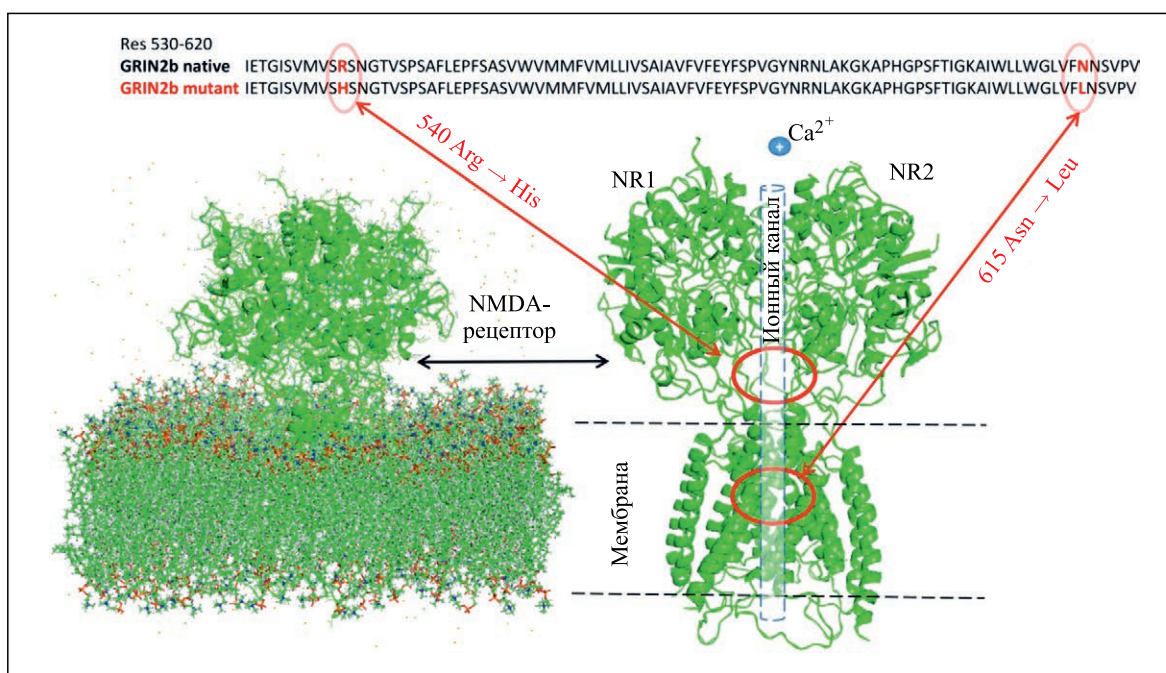


Рис. 19. Молекулярная структура рецептора NMDA, встроенного в клеточную мембрану (слева). Влияние указанных типов мутаций на участки ионного канала (справа, выделено красным) сводится к замене указанных аминокислот в последовательности, кодируемой геном *GRIN2b*

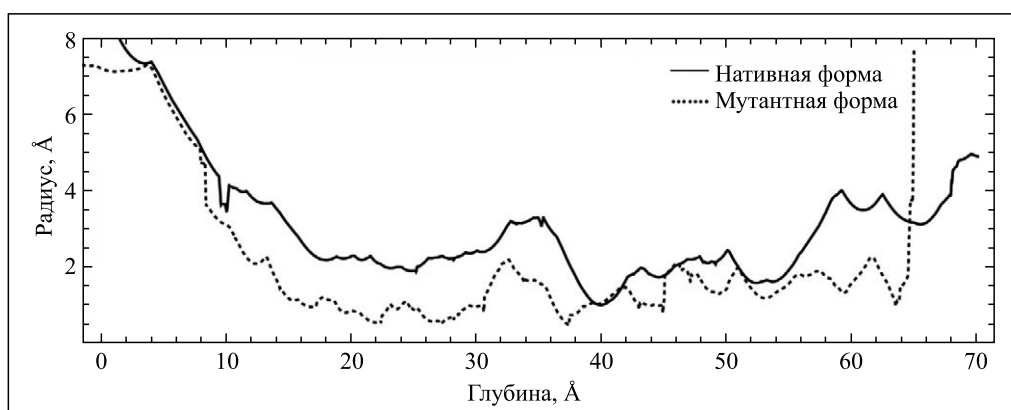


Рис. 20. Зависимость радиуса активированного (открытого) ионного канала рецептора NMDA от его глубины для нативной и мутантной форм субъединиц NR2B, входящих в состав данного белкового комплекса

ведения микродозиметрических расчетов энергосделения в треках заряженных частиц (см. выше). Исследованы случаи генерации берстов потенциала действия при блокировании синаптической передачи.

Исследована динамика нарушения активности нейронов области префронтальной коры в ходе функционирования рабочей памяти [32]. Разработанная биофизическая модель представляет собой нейронную сеть, состоящую из пирамидальных нейронов и интернейронов, соединенных между собой глутамат-эргическими (AMPA, NMDA) и ГАМК-эргическими (GABA(A)) синапсами. Для каждого нейрона также учитывались присутствующие на его мембране ионные каналы основных

типов (Na, K, Ca). При кратковременном удержании информации о некотором объекте в префронтальной коре возникают пространственно-упорядоченные структуры с высокой активностью клеток. Для оценки радиационно-индуцированных нарушений рабочей памяти в модель были включены известные из экспериментов данные по изменению концентрации белков, входящих в состав синаптических рецепторов, уровня нейромедиаторов, проводимости ионных каналов мембраны. В ходе расчетов выявлен порог на поглощенную дозу облучения, выше которого происходит потеря устойчивости специфичных для данной нейронной сети пространственно-временных структур.

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены два радиобиологических сеанса на циклотроне МЦ-400 ЛЯР на пучках ядер ^{15}N с энергией 46 МэВ/нуклон. В одном из экспериментов было организовано облучение нейронов мозга виноградной улитки и измерение их электрофизиологической активности непосредственно в процессе облучения ядрами ^{15}N со средним значением ЛПЭ 87 кэВ/мкм.

Продолжены работы по прогнозированию радиационной обстановки при работе комплекса NICA, в частности выполнена оценка вклада работы установки эксперимента VM@N с фиксированной мишенью в корп. 205 на радиационную обстановку на границе санитарно-защитной зоны. На заседании МАС (NICA Machine Advisory Committee) представлен доклад о радиационной обстановке на проектируемом комплексе.

С использованием программ транспорта излучений в веществе методом Монте-Карло MCNPX и GEANT4 выполнены расчеты полей адронов внутри обитаемого модуля космического аппарата с корпусом из алюминия толщиной 15 г/см², облучаемого легкими частицами галактического космического излучения (ГКИ) (p , d , ^3He , ^4He) вне магнитосферы Земли в периоды минимума и максимума солнечной активности. Получены усредненные по объему модуля спектральные распределения флюенсов внутренних протонов, нейтронов, заряженных π - и K -мезонов, дейтронов, ядер ^3He , ^4He и γ -квантов. Рассчитаны реалистичные значения коэф-

фициентов конверсии флюенс–эффективная доза на основе энергетических зависимостей ОБЭ от ЛПЭ и тканевых весовых коэффициентов для взрослых мужчин (близких к когорте космонавтов). Путем свертки спектров внутренних частиц с энергетическими зависимостями коэффициентов конверсии флюенс–эффективная доза рассчитаны парциальные дозы облучения космонавтов внутри модуля от разных компонентов поля излучения в минимуме и максимуме солнечной активности. На основе выполненных расчетов предложен метод организации на пучке протонов с энергией 10 ГэВ нуклотрона ЛФВЭ совокупного поля протонов, нейтронов и π -мезонов, моделирующего усредненное (в пределах изменения солнечной активности) поле внутри жилого модуля корабля, генерируемое легкими частицами ГКИ [33]. Это опорное поле может быть создано в фиксированном объеме пространства линейной комбинацией полей вторичных частиц, вылетающих из трех различных мишеней из полиэтилена и бериллия под разными углами. Преимуществом предложенного метода является возможность сравнительно простого создания в земных условиях смешанного непрерывного по энергии поля адронов, хорошо моделирующего реальное радиационное поле, в котором будут работать космонавты.

С участием сотрудников ИКИ РАН (Москва) продолжены работы по испытаниям космической аппаратуры на экспериментальном стенде ДАН.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЕ И В БЛИЖАЙШЕМ КОСМОСЕ

Образование нуклеозидов в абиотических условиях необходимо для формирования живых систем. Совместно с коллегами из Университета Тушии

(Италия) проведены эксперименты по формированию нуклеозидов, входящих в структуру РНК и ДНК, в системе формамид (FA) + метеоритное веще-

Таблица 3. Реакция аденина с рибозой

Условия	Аденин ^a , %	Выход продуктов реакции, % ^б		
		α -pA	β -fA	α -fA (10) + β -pA
Сухое состояние ^б	75	7,3	2,9	14,8
FA	63	10,4	5,6	21,2
FA/NWA1465	52	6,1	20,1	16,9

Примечание. Реакция обеспечивает формирование фуранозидов (f) и пиранозидов (p) в качестве α - и β -изомеров. α -fA = α -D-рибофуранозил-аденин; β -fA = β -D-рибофуранозил-аденин; α -pA = α -D-рибопиранозил-аденин; β -pA = β -D-рибопиранозил-аденин.

^a Непрореагировавший аденин.

^б Получено при растворении рибозы в дистиллированной воде с последующей сушкой.

^в Рассчитан как процентное отношение (%) нуклеозида (ммоль) к исходному аденину. Данные представляют собой средние значения трех экспериментов со стандартным отклонением, равным или меньшим 0,1 %.

ство при действии ионизирующих излучений (протоны). Метеорит типа хондрит (NWA 1465) использовался в качестве катализатора синтеза. Определен путь общей реакции, приводящей к синтезу рибо- и 2'-дезоксирибонуклеозидов из сахаров и пуриновых нуклеотидов при облучении протонами 170 МэВ в присутствии NWA 1465. Эти условия имитируют предполагаемые условия в космосе или на ранней Земле. Реакция не требует ни предварительно активированных молекул-предшественников, ни каких-либо промежуточных этапов. Синтез основан на определенном радикальном механизме и характеризуется процессами стереоселективности, региоселективности и (поли) гликозилирования. Выход продуктов реакции значительно выше в присутствии формамида и вещества метеорита относительно контроля (табл. 3). Результаты исследования опубликованы в журнале [34].

Введен в эксплуатацию сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) Tescan Vega 3. Этот новый инструмент используется для поиска окаменелых микроорганизмов в метеоритах (Оргей, Мурчисон и др.). В ходе исследований было установлено, что эти метеориты содержат большое количество хорошо сохранившихся остатков цианобактерий, актиноциет, диатомей, празиофитов и других микроорганизмов. В свежих сколах внутренних поверхностей метеорита Оргей были обнаружены панцири пеннатных диатомей (рис. 21). Диатомовые водоросли в этом метеорите обнаружены впервые. В метеорите Оргей также найдены древние микрофоссилии (цианобактериальные нити, нити актиноциет, празиофиты), фрамбоиды пирита и пластинки магнетита. Рентгеновский энергодисперсионный микроанализ образцов указывает на то, что диатомовые водоросли в метеорите Оргей являются древними микрофоссилиями, а не современной биологической контаминацией. По результатам данного исследования представлена статья в [35].

С целью интерпретации полученных на СЭМ данных были сопоставлены изображения образцов вещества метеорита и современных земных эпифитных диатомовых водорослей. Получены чрезвычайно качественные 2D- и 3D-изображения. Для верификации качества ЭДС-микрoанализа проведено изуче-

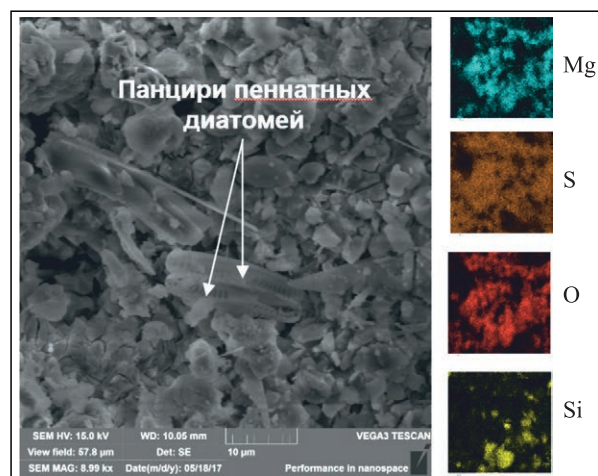


Рис. 21. Пеннатные диатомей в метеорите Оргей и ЭДС-карты распределения элементов

ние образцов современных цианобактерий. Просмотрены образцы нижнекембрийских пород Восточной Сибири (синская свита). Обнаружены гифы грибов (современная контаминация).

В коллективной монографии «Жизнь и Вселенная» приведены результаты микропалеонтологического изучения нижнепротерозойских пиллоу-лав Карелии и Южной Африки. В них найдены разнообразные псевдоморфозы биогенных объектов. Сделан вывод о том, что колонизация Земли организмами могла начаться после остывания земной коры до 113 °С, по другим данным — уже при 120–130 °С; заселение происходило вдоль трещин; воде принадлежала роль барьера для жесткого УФ-излучения [36].

Проведен анализ исследований последних двух десятилетий, связанных с астробиологической тематикой, на основе которого 1) высказано предположение о присутствии остатков эукариотических водорослей в нижнеархейских породах формации Исуа, 2) поставлен под сомнение бескислородный характер архейско-раннепротерозойской атмосферы, 3) сделан вывод о том, что вода на Земле в существенных количествах появилась только около 4 млрд лет назад, 4) время возможного возникновения РНК-мира расширено до 7 млрд лет назад [37].

КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

В течение 2017 г. сотрудники лаборатории приняли участие в девяти научных конференциях в России и в пяти конференциях, проходивших в различных странах мира.

Совместно с Научным советом по радиобиологии РАН проведена двухдневная конференция «Современные проблемы общей и космической радиобиологии». В работе конференции приняли участие

около 70 ученых из институтов и научных организаций России, Монголии, США и Чехии. В программу конференции входило обсуждение актуальных проблем космической радиобиологии, молекулярной и клеточной радиобиологии. Были сформулированы основные направления и задачи дальнейших исследований в области космической радиобиологии.

Продолжался учебный процесс на кафедре «Биофизика» Университета «Дубна». В настоящее время на кафедре обучается 34 студента и 8 аспирантов. Обучение идет по трем направлениям и уровням подготовки: подготовка бакалавров направления «Ядерная физика и технологии» (профиль «Радиационная безопасность человека и окружающей среды»); подготовка магистров направления «Физика» (магистерская программа «Радиационная биофизика и астробиология»), подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре «Радиобиология». В 2017 г. на кафедру было принято 8 студентов по направлению подготовки бакалавров и 8 студентов продолжили свое обучение в магистратуре. 6 студентов успешно закончили обучение и получили диплом магистра

по направлению «Физика» (магистерская программа «Радиационная биофизика и астробиология»).

В 2017 г. получен патент на изобретение «Способ профилактики нарушений психоневрологического статуса при острой лучевой болезни в эксперименте». Авторами работы являются А. А. Иванов, Е. А. Красавин, К. Н. Ляхова, Ю. С. Северюхин, А. Г. Молоканов. Изобретение относится к экспериментальной медицине и может найти применение в космонавтике для поддержания на высоком уровне операторской деятельности космонавтов в условиях непрогнозируемого воздействия радиации, а также реабилитации пациентов после протонной терапии опухолей головного мозга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заднепрянец М. Г., Борейко А. В., Буланова Т. С., Йежкова Л., Красавин Е. А., Куликова Е. А., Смирнова Е. В., Фальк М., Фалькова И.* Закономерности формирования и элиминации γ H2AX/53BP1-фокусов при действии γ -квантов и ускоренных тяжелых ионов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018 (в печати).
2. *Заднепрянец М. Г., Борейко А. В., Буланова Т. С., Йежкова Л., Красавин Е. А., Куликова Е. А., Смирнова Е. В., Фальк М., Фалькова И.* Анализ структуры комплексных повреждений ДНК при действии ускоренных ионов ^{11}B и γ -квантов ^{60}Co // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018 (в печати).
3. *Jejkova L., Boreyko A. V., Bulanova T. S., Davidkova M., Falkova I., Kozubek S., Depes D., Krasavin E., Kruglyakova E., Smirnova E., Valentova O., Zadnepriyaneec M., Falk M.* Particles with Similar LET Values Generate DNA Breaks of Different Complexity and Reparability: A High-Resolution Microscopy Analysis of γ H2AX/53BP1 Foci // *Nanoscale*. 2017. V. 1–18.
4. *Kulikova E., Boreyko A., Bulanova T., Ježková L., Zadnepriyaneec M., Smirnova E.* Visualization of Complex DNA Damage along Accelerated Ions Tracks // EPJ Web. Conf. (part of “The European Physical Journal”) (in press).
5. *Смирнова Е. В., Борейко А. В., Буланова Т. С., Заднепрянец М. Г., Йежкова Л., Круглякова Е. А., Фальк М.* Молекулярные механизмы проявления и регуляции физиологических процессов в фибробластах человека при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками // Сб. матер. XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова, Воронеж, 18–22 сент. 2017 г. С. 770–771.
6. *Буланова Т. С., Заднепрянец М. Г., Йежкова Л., Круглякова Е. А., Смирнова Е. В., Борейко А. В.* Индукция и репарация двуниевых разрывов ДНК в клетках коры мозжечка крыс при действии γ -квантов ^{60}Co // Письма в ЭЧАЯ. 2018. Т. 15, № 1(213). С. 109–116.
7. *Буланова Т. С., Борейко А. В., Заднепрянец М. Г., Йежкова Л., Круглякова Е. А., Смирнова Е. В.* Закономерности репарации двуниевых разрывов ДНК в нейронах мозжечка крыс при облучении протонами и γ -квантами // Сб. матер. XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова, Воронеж, 18–22 сент. 2017 г. С. 771–772.
8. *Чаусов В. Н., Борейко А. В., Кожина Р. А., Кузьмина Е. А.* Индукция и репарация двуниевых разрывов ДНК в нейронах гиппокампа мышей при действии γ -квантов ^{60}Co *in vivo* и *in vitro* // Сб. матер. XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова, Воронеж, 18–22 сент. 2017 г. С. 768–769.
9. *Koltovaya N., Zhuchkina N., Shvaneva N.* Proton-Induced Gene Mutations // RAD Conf. Proc. 2016. V. 1. P. 5–6.
10. *Koltovaya N. A., Zhuchkina N. I., Koltovoyi N. A., Hlinkova E.* Effect of γ - and Proton Irradiation on Algae *Euglena* // Sci. Discussion. 2017. V. 1, No 11. P. 10–20.
11. *Koltovaya N., Kokoreva A., Shvaneva N., Zhuchkina N.* Mutagenic Effects Induced by Accelerated ^{11}B Ions with Energy of 12–30 MeV/u on Yeast *Saccharomyces cerevisiae* // J. Radiat. Appl. 2017. V. 2, Iss. 2. P. 82–85.
12. *Колтовая Н. А.* Молекулярные механизмы мутагенеза // Современная микология в России. 2017. С. 25–30.
13. *Koltovaya N., Kokoreva A., Shvaneva N., Zhuchkina N.* Kinetics of UV-Induced Gene and Structural Mutations // J. Radiat. Appl. 2017. V. 2, Iss. 1. P. 10–13.
14. *Колтовая Н. А.* Киназа CDK1/CDC28 и контроль целостности ДНК у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Радиационная биология. Радиоэкология. 2017. Т. 57, № 6. С. 573–590.
15. *Колтовая Н. А.* Независимые от повреждений ДНК остановки клеточного цикла у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Радиационная биология. Радиоэкология (в печати).

16. Bláha P., Koshlan N.A., Koshlan I.V., Petrova D.V., Bogdanova Y.V., Govorun R.D., Múčka V., Krasavin E.A. Delayed Effects of Accelerated Heavy Ions on the Induction of HPRT Mutations in V79 Hamster Cells // *Mutat. Res./Fundam. Mol. Mechan. Mutagen.* 2017. V. 803–805. P. 35–41.
17. Северюхин Ю. С., Буденная Н. Н., Тимошенко Г. Н., Иванов А. А., Красавин Е. А. Морфологические изменения клеток Пуркинне коры мозжечка крыс после облучения ионами углерода ^{12}C // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2017. Т. 51, № 1. С. 46–50.
18. Иванов А. А., Мицын Г. В., Тимошенко Г. Н., Булынина Т. М., Крылов А. Р., Красавин Е. А. Моделирование на пучке протонов фазотрона нейтронных полей, формируемых внутри космического аппарата // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2017. Т. 51, № 2. С. 20–25.
19. Иванов А. А., Мицын Г. В., Абросимова А. Н., Булынина Т. М., Гаевский В. Н., Дорожжина О. В., Ляхова К. Н., Северюхин Ю. С., Утина Д. М., Красавин Е. А. Радиобиологические эффекты вторичного излучения фазотрона Объединенного института ядерных исследований // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2017. Т. 51, № 3. С. 46–53.
20. Batmunkh M., Bugay A., Bayarchimeg L., Lkhagva O. Radiation Damage to Nervous System: Designing of Optimal Models for Realistic Neuron Morphology in Hippocampus // *Eur. Phys. J. Web Conf.* 2017 (in press).
21. Munkhbaatar B., Bugay A., Lkhagva B., Oidov L. Radiation Damage to Nervous System: Designing of Optimal Models for Realistic Neuron Morphology // *Mathematical Modeling and Computational Physics (MMCP'2017): Book of Abstr. of the Intern. Conf.* (Dubna, July 3–7, 2017). Dubna: JINR, 2017. P. 124.
22. Munkhbaatar B., Belov O., Lkhagva B., Oidov L. Simulation of Radiation Damage to Neural Cells // *Mathematical Modeling and Computational Physics (MMCP'2017): Book of Abstr. of the Intern. Conf.* (Dubna, July 3–7, 2017). Dubna: JINR, 2017. P. 123.
23. Batmunkh M., Bugay A., Bayarchimeg L., Lkhagva O. Radiation Damage to Nervous System: Simplified Neuron Models with Dendritic Spines // *Современные проблемы общей и космической радиобиологии* (Дубна, 12–13 окт. 2017 г.): Материалы конф. Дубна: ОИЯИ, 2017. С. 13–16.
24. Bayarchimeg L., Bugay A., Batmunkh M., Lkhagva O. Analysis of Track Structure in Ion Channels and Receptors Irradiated with Charged Particles // *Современные проблемы общей и космической радиобиологии* (Дубна, 12–13 окт. 2017 г.): Материалы конф. Дубна: ОИЯИ, 2017. С. 17–18.
25. Панина М. С., Батмунх М., Бугай А. Н., Пахомова Е. А. Моделирование индукции первичных повреждений ДНК после действия тяжелых ионов с разными физическими характеристиками // *Современные проблемы общей и космической радиобиологии* (Дубна, 12–13 окт. 2017 г.): Материалы конф. Дубна: ОИЯИ, 2017. С. 53.
26. Пахомова Е. А., Батмунх М., Бугай А. Н., Панина М. С. Моделирование индукции повреждений ДНК при действии тяжелых ионов с использованием программной среды Geant4-DNA // 24-я Научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов, 20–31 марта 2017 г.: сб. материалов. Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2017. С. 84–85.
27. Dushanov E. B., Kholmurodov Kh. T. Pyrimidine-Purine and CPD-Purine Interactions in the DNA Repairing Process // *Computer Design for New Drugs and Materials: Molecular Dynamics of Nanoscale Phenomena.* Chapter 8. Nova Sci. Publ., 2017.
28. Gorshkova Yu., Dushanov E. Effect of DESO on Structure of DMPC Bilayers: Molecular Dynamics Simulation Study // *Book of Abstr. of the Intern. Symp. MSSMBS'17 Molecular Simulation Studies in Material and Biological Sciences*, St. Petersburg: Petersburg Nuclear Physics Institute (PNPI) of the National Research Center “Kurchatov Institute”, Russian Federation, 2017. P. 38–39.
29. Бугай А. Н. Нелинейные волны в невырожденных бистабильных полимерных системах // *Труды школы-семинара «Физика и применение микроволн» им. А. П. Сухорукова «Волны-2017».* Москва, 2017. С. 18–19.
30. Zdravkovič S., Bugay A. N., Parkhomenko A. Yu. Application of Morse Potential in Nonlinear Dynamics of Microtubules // *Nonlin. Dynamics.* 2017. V. 90. P. 2841–2849.
31. Батова А. С., Бугай А. Н., Пархоменко А. Ю. Моделирование активности пирамидных нейронов области СА3 гиппокампа // 24-я Научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов, 20–31 марта 2017 г.: сб. материалов. Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2017. С. 8–9.
32. Bugay A. N., Aru G. F., Dushanov E. B., Parkhomenko A. Yu. Radiation Induced Dysfunctions in the Working Memory Performance Studied by Neural Network Modeling // *Belgrade BioInformatics Conf. 2016 Proc.* University of Belgrade, 2017. P. 18–28.
33. Timoshenko G. N., Krylov A. R., Paraipan M., Gordееv I. S. Particle Accelerator-Based Simulation of the Radiation Environment on Board Spacecraft for Manned Interplanetary Missions // *Radiat. Meas.* 2017. V. 107. P. 27–32.
34. Saladino R., Bizzarri B., Botta L., Šponer J., Šponer J. E., Georgelin T., Jaber M., Rigaud B., Kapralov M. I., Timoshenko G. N., Rozanov A. Yu., Krasavin E. A., Timperio A. M., Di Mauro E. Proton Irradiation: A Key to the Challenge of N-Glycosidic Bond Formation in a Prebiotic Context // *Sci. Rep.* 2017. V. 7. Article number 14709.
35. Хувер Р. Б., Розанов А. Ю., Красавин Е. А., Рюмин А. К., Капралов М. И. Диатомовые водоросли в метеорите Оргей // *Докл. РАН* (в печати).
36. Астафьева М. М. Ранняя Земля: лавовые потоки и возможность жизни // *Жизнь и Вселенная / Под ред. В. Н. Обридко, М. В. Рагульской.* М.: ВВМ, 2017. С. 223–230.
37. Розанов А. Ю. История Земли — история жизни // *Жизнь и Вселенная / Под ред. В. Н. Обридко, М. В. Рагульской.* М.: ВВМ, 2017. С. 245–252.

Международная студенческая практика. Международные практики по направлениям исследований ОИЯИ, организуемые с 2004 г. в летнее время, продолжают вызывать стабильно высокий интерес у молодежи из государств-членов — практикантами стали уже около 1500 представителей Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Египта, Кубы, Польши, Румынии, Сербии, Словакии, Украины, Чехии и ЮАР.

В практике 2017 г. принимали участие представители Азербайджана, Белоруссии, Египта, Кубы, Польши, Румынии, Сербии, Словакии, Чехии и ЮАР, всего 161 человек.

В прошедшем году первый этап практики 29 мая открыли 15 студентов из 8 вузов ЮАР. Впервые африканские студенты приехали в ОИЯИ в 2007 г., и на сегодняшний день уже 300 представителей африканского континента приняли участие в работе практики.

Второй этап практики 2017 г., начавшийся 2 июля, был отмечен большим количеством участников. В этом году 85 студентов прошли отборочные

конкурсы в своих странах. На трехнедельную практику приехали студенты из Азербайджана, Польши, Румынии, Словакии и Чехии.

В третьем этапе практики принимали участие представители Белоруссии, Египта, Кубы, Сербии и ЮАР, всего 61 человек. Участники проходили серьезный отбор в своих странах. Например, для египетских участников конкурс составил 8 человек на место, что в два раза больше показателя прошлого года.

Традиционно программа практик включает лекции, знакомящие участников с научными исследованиями лабораторий Института, экскурсии на базовые установки и выполнение учебно-исследовательских проектов. В культурную программу входили экскурсии по Дубне, Москве, Твери, поездка на остров Липня, а также представление участниками своих стран на мероприятии «Международное утро».

Образовательный процесс на базе ОИЯИ. Более 400 студентов из Армении, Белоруссии, Казахстана и РФ обучались в Учебно-научном центре

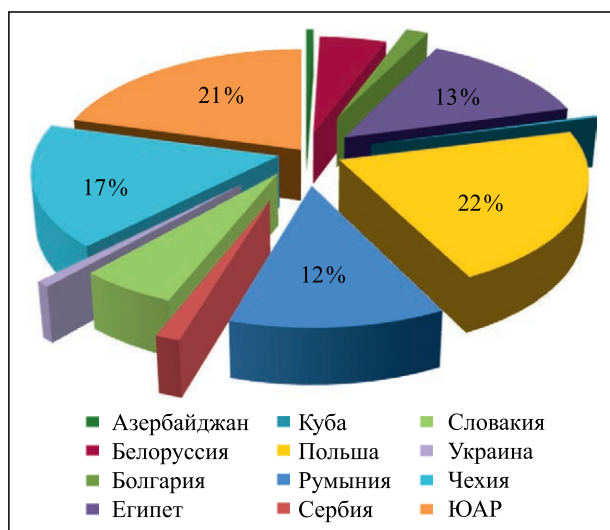


Рис. 1. Количество участников практик по странам за 2004–2017 гг.

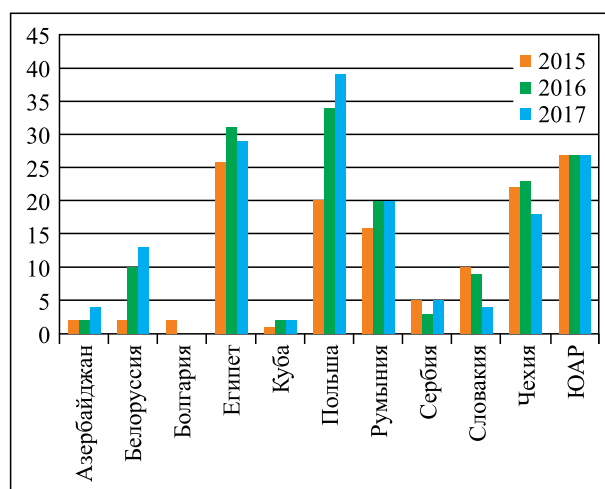


Рис. 2. Количество участников практик в 2015–2017 гг.

в 2017 г. 219 студентов вузов Армении, Белоруссии и РФ проходили летние учебные и производственные практики в лабораториях ОИЯИ.

В 2017 г. к ОИЯИ прикреплен 21 соискатель из Грузии, Монголии, Казахстана и РФ для подготовки диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ в аспирантуре. Более половины соискателей выбрали научный профиль «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

На 2017/2018 учебный год на сайте УНЦ (uc.jinr.ru) студентам базовых кафедр МФТИ, МГУ и Университета «Дубна» доступны 88 лекционных курсов.

Летняя студенческая программа ОИЯИ. В течение 4–8 недель 49 студентов и аспирантов из Белоруссии, Болгарии, Египта, Испании, Казахстана, Кубы, Мексики, Польши, Румынии, РФ, Сербии и Украины, участвующих в летней студенческой программе 2017 г., выполняли студенческие исследовательские проекты в рамках тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ.

VIII Международная летняя студенческая школа «Ядерная физика — наука и приложения» (NUCPHYS-SC&APPL). Летом 2017 г. в румынском городе Брашов проводилась VIII Международная летняя студенческая школа «Ядерная физика — наука и приложения» (NUCPHYS-SC&APPL). Организаторами школы выступили ОИЯИ, Университет Трансильвании Брашова (УТВv), факультет медицины, при поддержке Национального института ICPE-CA. Программа школы традиционно включала лекции научных сотрудников и сессии студенческих докладов, в ее работе участвовали более 70 студентов и аспирантов из Армении, Кубы, Македонии, Польши, России, Румынии, Сербии, Украины и Чехии.

Международные научные школы для учителей физики в ОИЯИ и ЦЕРН. Очередная школа для учителей физики из государств-членов ОИЯИ проходила в Дубне с 25 июня по 1 июля. К участию в школе были приглашены 18 учителей и 10 учеников 9–10-х классов из Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Казахстана, РФ, Украины. В программу школы были включены научно-популярные лекции ведущих специалистов ОИЯИ, посещения базовых установок и лабораторий. Школьники выполняли задания в физическом практикуме и выступали на научном семинаре.

X Научная школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ проходила 5–12 ноября в ЦЕРН. Для 23 преподавателей физики Азербайджана, Белоруссии, Казахстана, Молдавии, России и Украины была организована программа, включающая лекции, встречи с физиками в рабочей и неформальной обстановках, экскурсии, лабораторный практикум, а также знакомство с местной историей и культурой.

VII Всероссийский фестиваль НАУКА 0+. В Москве на VII Всероссийском фестивале НАУКА 0+ ОИЯИ представлял свои экспозиции на двух выставочных площадках. В «Экспоцентре» проходила программа, рассчитанная на посетителей разных возрастов, включающая опыты по физике и химии, мастер-классы по робототехнике, игры, позволяющие проверить знания в естественных науках. В Фундаментальной библиотеке МГУ посетителей знакомили с направлениями научной деятельности Института, демонстрируя макеты многофункционального детектора МРД строящегося ускорительного комплекса NICA и реактора ИБР-2, глубоководного нейтринного телескопа для эксперимента «Байкал», а также калориметра, используемого в эксперименте COMPASS. На обеих площадках научно-популярные лекции читали молодые сотрудники ОИЯИ.

ОИЯИ на XIX Всемирном фестивале молодежи и студентов. В рамках XIX Всемирного фестиваля молодежи и студентов в Сочи Министерством образования и науки РФ были организованы дискуссионные площадки, среди которых была выставка проектов «Мегасайенс: Россия в мире — Россия для мира». Интернациональная группа молодых сотрудников ОИЯИ представляла на этой выставке флагманский проект Института — ускорительный комплекс NICA, а также знакомила гостей и участников фестиваля с образовательной программой и возможностями для студентов и аспирантов в ОИЯИ.

Открытые уроки «NICA — Вселенная в лаборатории» в школах России. В отделе разработки и создания образовательных программ УНЦ подготовлены мультимедийные материалы для открытого урока «NICA — Вселенная в лаборатории», которые находятся в открытом доступе на сайте проекта NICA. Материалы были использованы для открытых уроков в школах РФ.

Работа со школьниками. Занятия по физике, включающие лабораторные работы в учебно-физическом практикуме УНЦ, а также лекции для подготовки к сдаче ЕГЭ проводятся в учебное время два раза в неделю для 38 дубненских старшеклассников.

Центр дополнительного образования ПРИМЕР. В центре ДО ПРИМЕР для школьников были организованы занятия по робототехнике на базе LEGO (1–2-е классы), по программированию на СИ (робототехника на базе Arduino), а также подготовка по математике, начальному и проектному программированию.

Дни физики. В Дубне весной 2017 г. УНЦ и межшкольный физико-математический факультатив в четвертый раз проводили Дни физики. Любителям

физики подготовили лекции о научной деятельности ОИЯИ, мастер-классы, физические и математические бои, демонстрации физических экспериментов. В рамках Дней физики проводился 6-й турнир по робототехнике Открытой Верхневолжской образовательной кибернетической сети. В мероприятиях Дней физики принимали участие школьники Брянска, Дубны, Москвы и Санкт-Петербурга.

Хакатон «Гонки по линии». 1 ноября состоялся 1-й зональный отборочный тур областных соревнований по основам конструирования и робототехники «Технический хакатон — “Гонки по линии”», организованный Межрегиональной компьютерной школой (МКШ) совместно с ОИЯИ. В соревновании участвовали школьники Дубны и Москвы. Основная цель мероприятия — поиск и поддержка детей, склонных к техническому творчеству.

Видеоконференции. Учебно-научный центр ОИЯИ организует и оказывает содействие в проведении видеоконференций, а также осуществляет видеотрансляции через систему управления видеоконференций ОИЯИ. В 2017 г. в режиме видеоконференции был прочитан лекционный курс «Введение в теорию ускорителей» А. О. Сидорина для студентов базовых кафедр и студентов Казанского университета, а также транслировались заседания объединенного семинара «Физика на ЛНС».

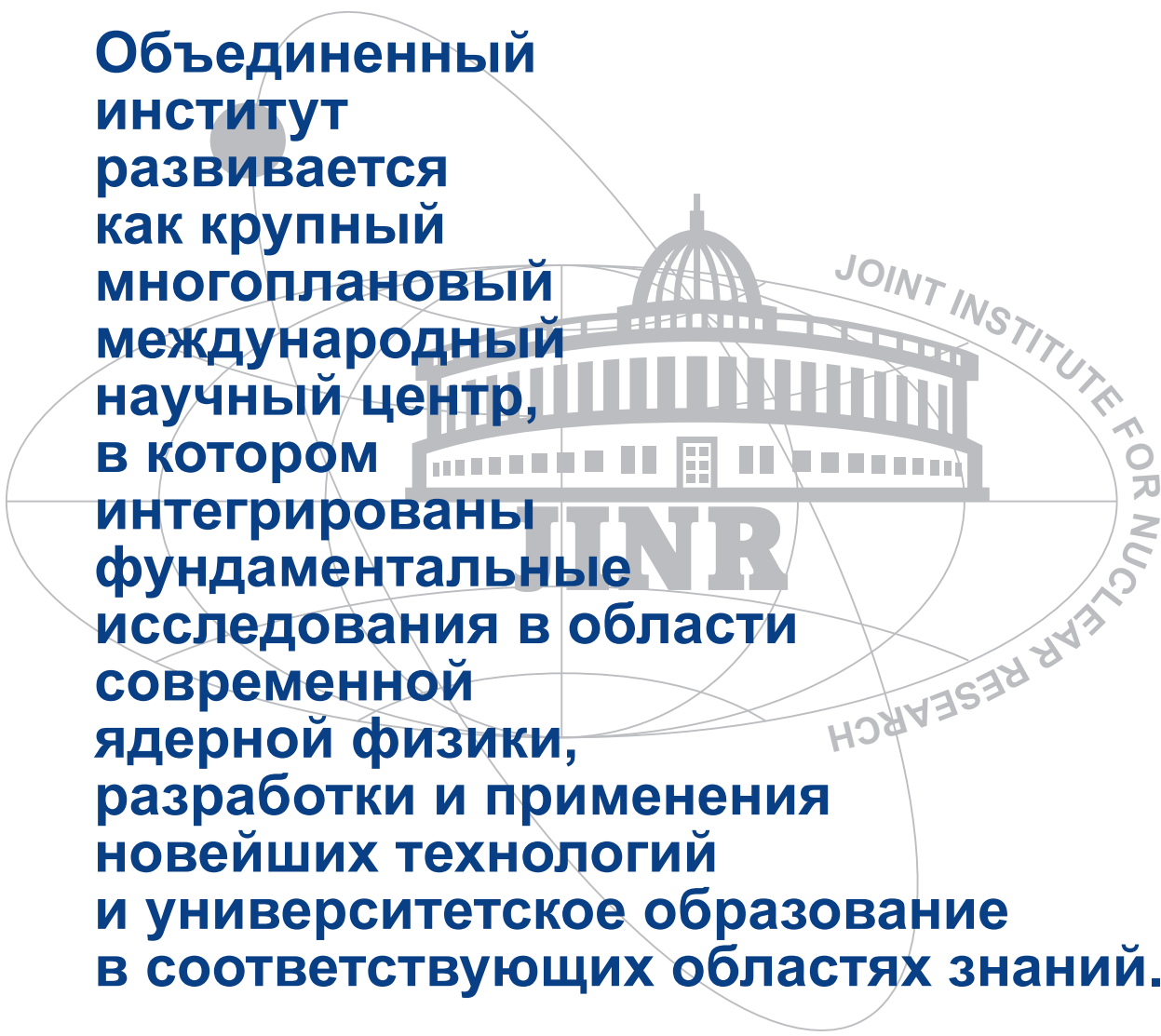
Организация визитов. УНЦ организует ознакомительные программы для школьников, студентов

и учителей. При планировании программ ознакомительных визитов учитываются уровень подготовки и профиль обучения гостей. За 2017 г. около 500 преподавателей естественных наук, студентов и старшеклассников физико-математического, инженерного и IT-профилей посетили ОИЯИ. Гости познакомились с экспозицией Музея истории науки и техники ОИЯИ, с историей и направлениями исследований в лабораториях Института, посетили базовые установки.

О подготовке и повышении квалификации рабочих, ИТР и служащих. 120 сотрудников ОИЯИ и 5 представителей дубненских организаций прошли обучение на курсах по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Ростехнадзору. Руководящие работники, ИТР и служащие ОИЯИ, всего 154 человека, обучались на курсах по повышению квалификации и прошли аттестацию в Центральной аттестационной комиссии Института по нормативным правовым актам и нормативно-техническим документам, устанавливающим требования промышленной безопасности в различных отраслях надзора. Производственная практика в ОИЯИ была организована для 10 учащихся МОПЭК и МОАТТ.

На языковых курсах в УНЦ занимается 138 сотрудников ОИЯИ. В группах английского языка — 98 человек, французского — 12, немецкого — 14, в группах русского языка — 14 иностранных специалистов.

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,
12 мая. Мемориальный
семинар, посвященный
80-летию со дня
рождения академика
В. Г. Кадышевского





Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 30 января – 4 февраля.
Участники Зимней школы по теоретической физике

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 31 июля – 5 августа.
Участники рабочего совещания «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (SQS'2017)





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 21 апреля. Международный семинар, посвященный 60-летию запуска синхрофазотрона и 110-летию со дня рождения В. И. Векслера. Торжественное открытие площади им. В. И. Векслера

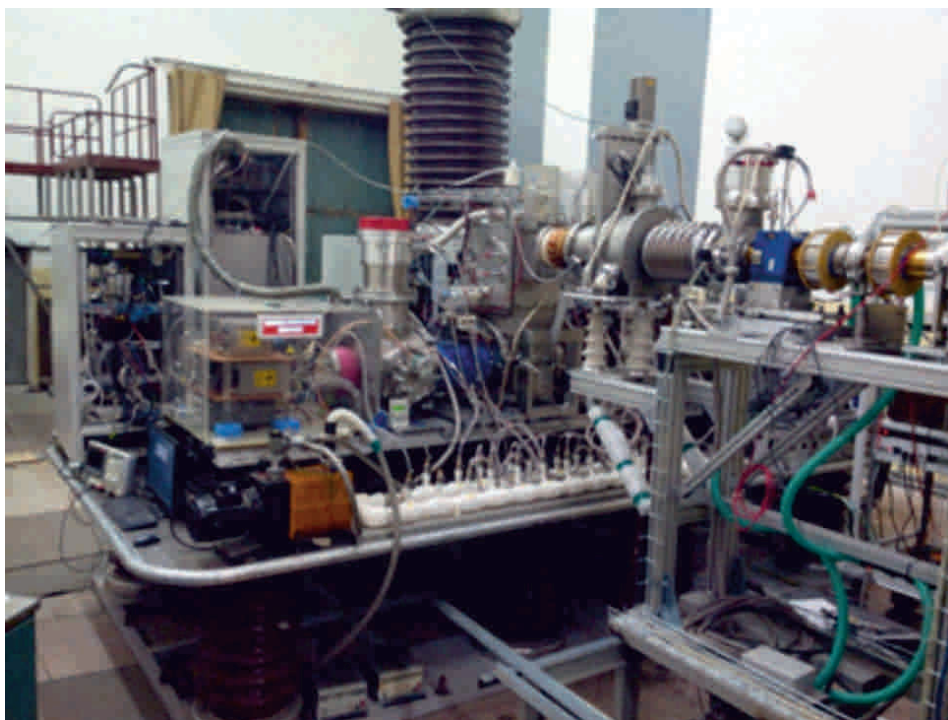
Строительство коллайдера NICA





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина. Участники работ по физическому пуску ускорителя NPLac

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина.
Высокоинтенсивный импульсный источник поляризованных ионов (SPI)





Варшава (Польша), 6–10 ноября. Участники конференции «Дни NICA в Варшаве»

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина. Экспериментальная установка BM@N





Черногория, 24–29 апреля. Участники конференции «25 лет ОИЯИ в эксперименте ATLAS»

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова.
Проверка считывающих печатных плат камер Micromegas для установки ATLAS





Большие Коты (Иркутская обл.), 13–20 июля. Участники Байкальской летней школы по физике элементарных частиц и астрофизике

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова.
Сборка оптических модулей для проекта «Байкал-GVD»





Подземная лаборатория LNGS (Италия). Экспериментальная установка GERDA



Калининская атомная электростанция (Россия). Установка GEMMA (ν GeN)

Калининская атомная электростанция (Россия). Процесс сборки установки DANSS

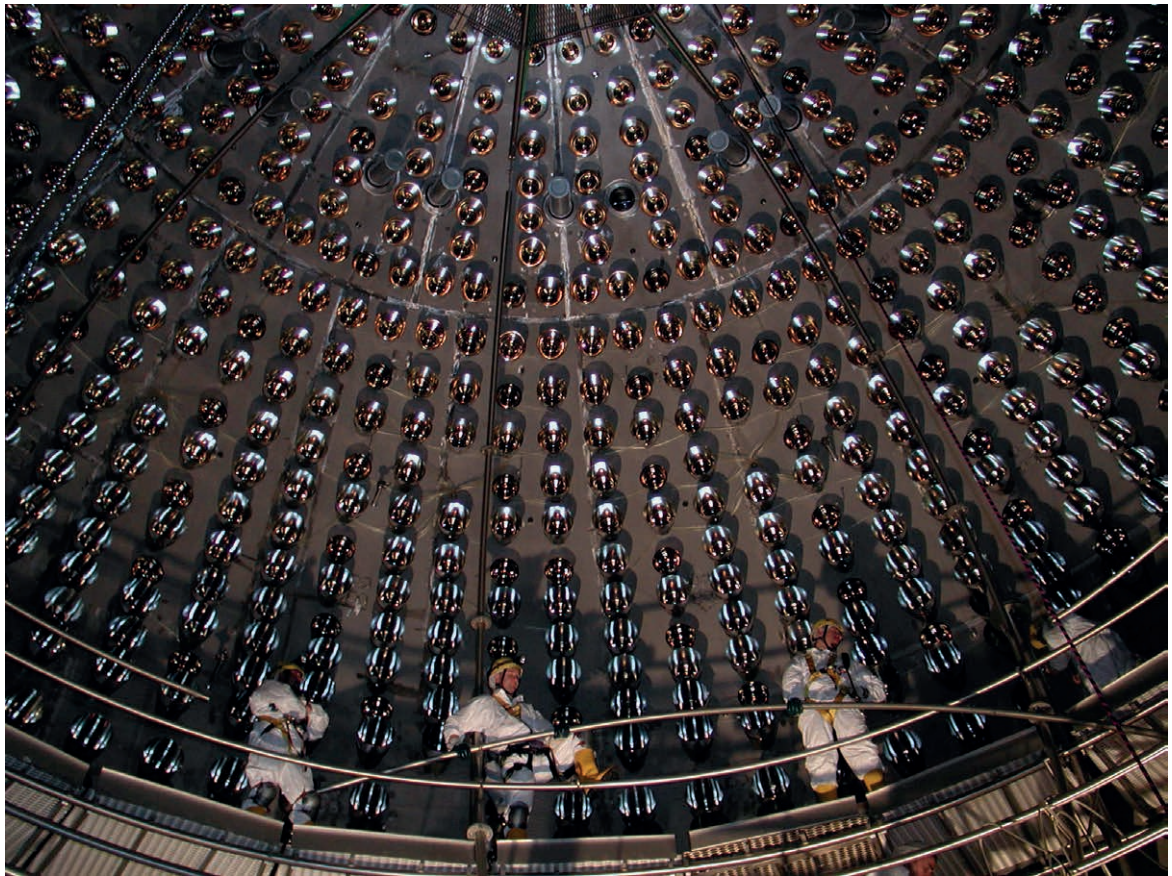




Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова. HPGe-детекторы для эксперимента TGV-2

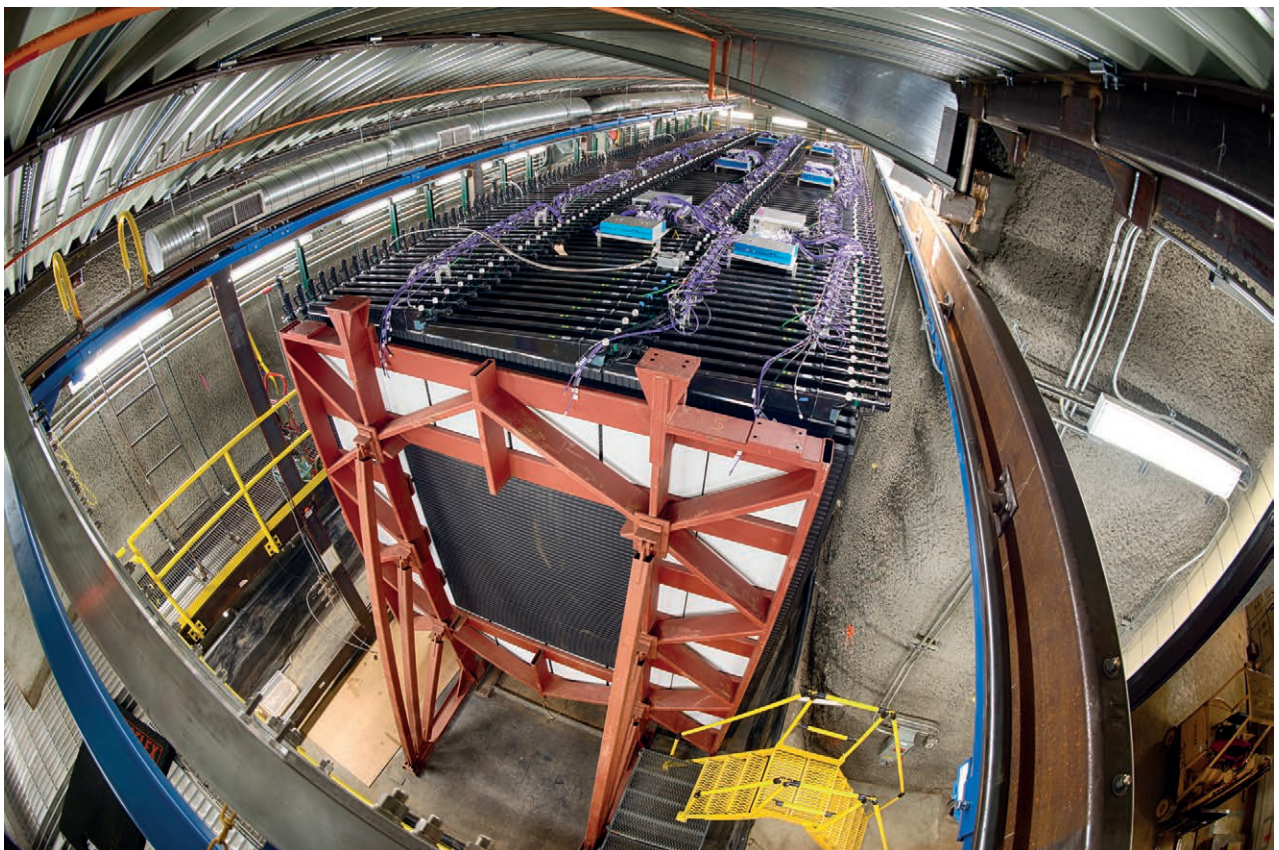
Моданская подземная лаборатория (LSM, Франция). Процесс сборки детектора EDELWEISS-III

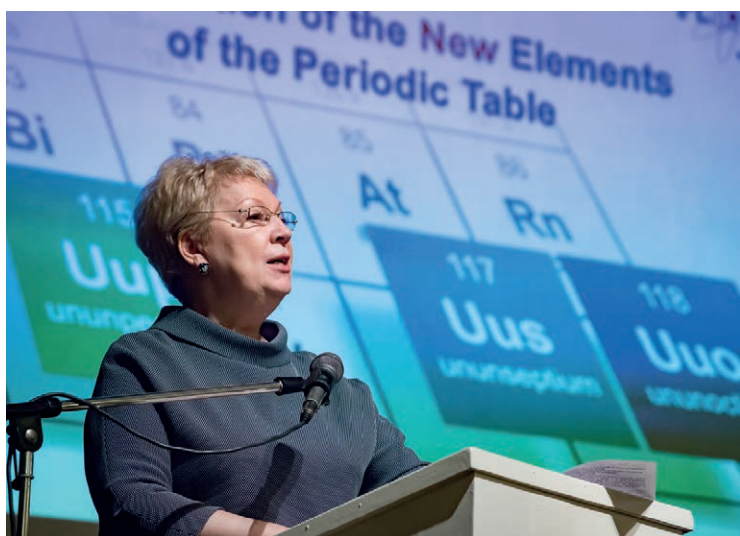
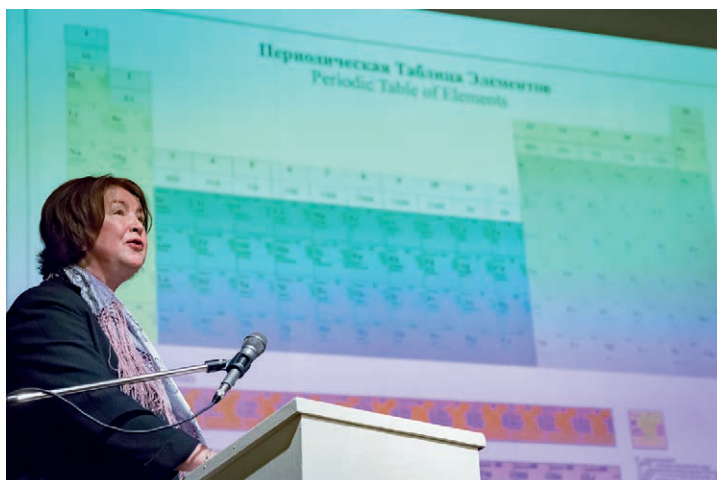




Гран-Сассо (Италия). Детектор эксперимента «Borexino»

Моданская подземная лаборатория (LSM, Франция). Демонстратор SuperNEMO





Москва, 2 марта.
Торжественная церемония, посвященная открытию и присвоению названий новым химическим элементам Периодической системы элементов Д. И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118





Москва, 2 марта. На торжественной церемонии, посвященной открытию и присвоению названий новым химическим элементам Периодической системы элементов Д. И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118

Дубна, 1 декабря. Расширенное заседание Совета РАН по физике тяжелых ионов





Дубна, 17 мая. Торжественный вечер, посвященный 60-летию Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова



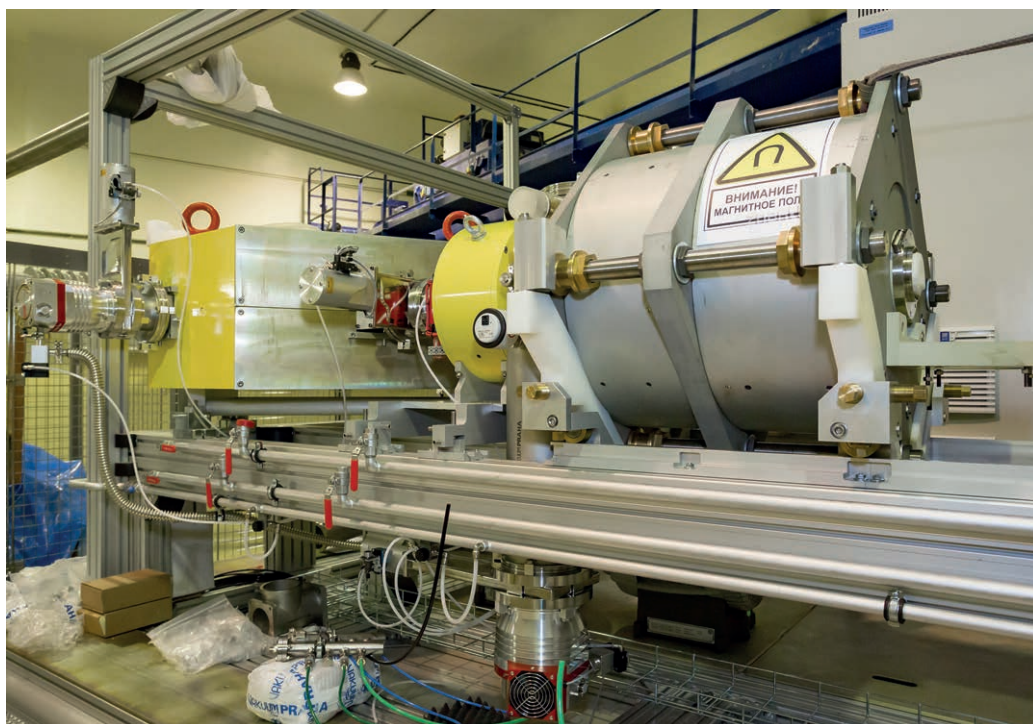
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Установка ACCULINNA-2



Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Здание фабрики сверхтяжелых элементов

Дубна, 3 марта. Участники научного colloквиума в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова

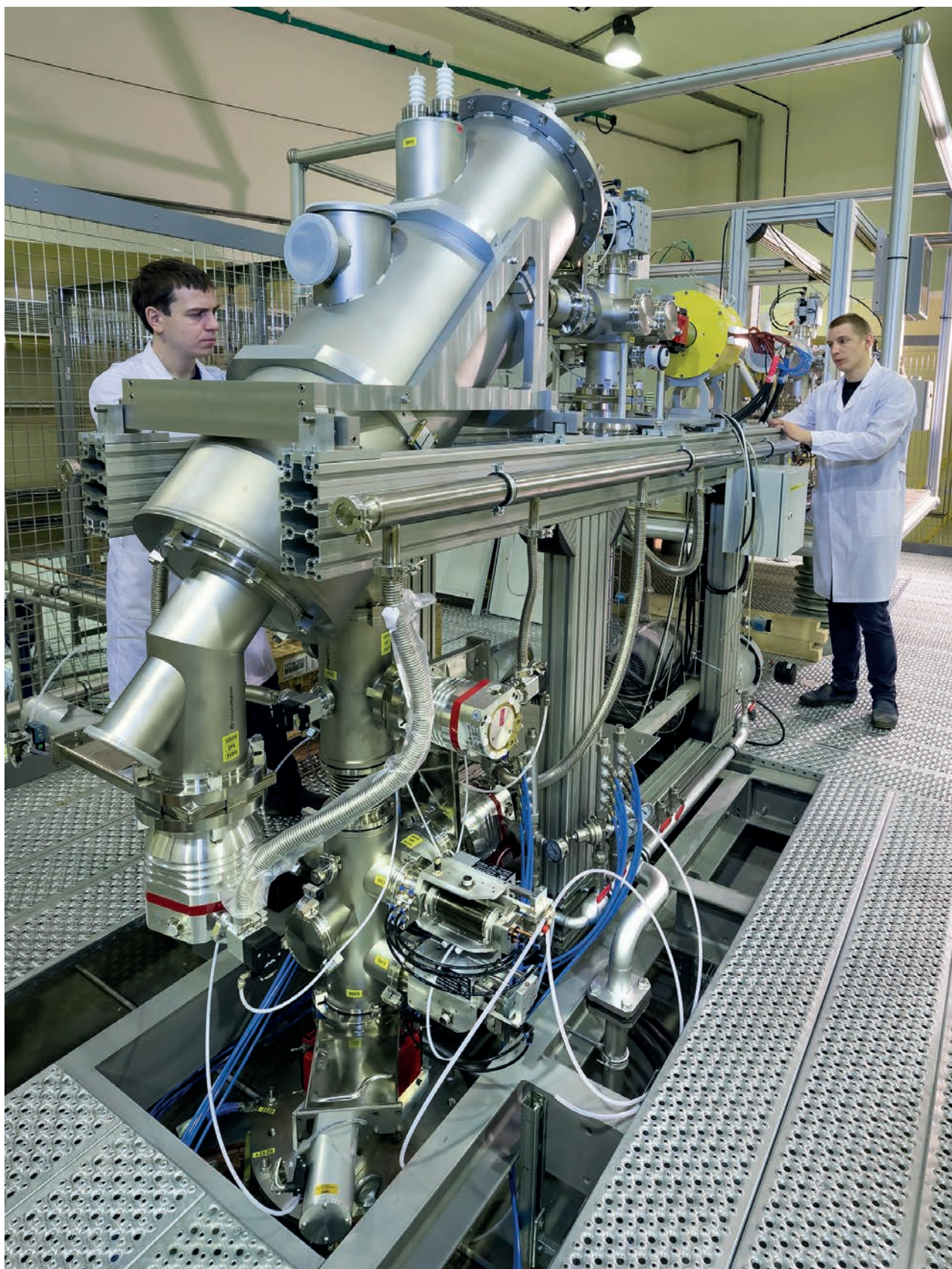




Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. ЭЦР-источник ионов

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.
Магнит нового газонаполненного сепаратора



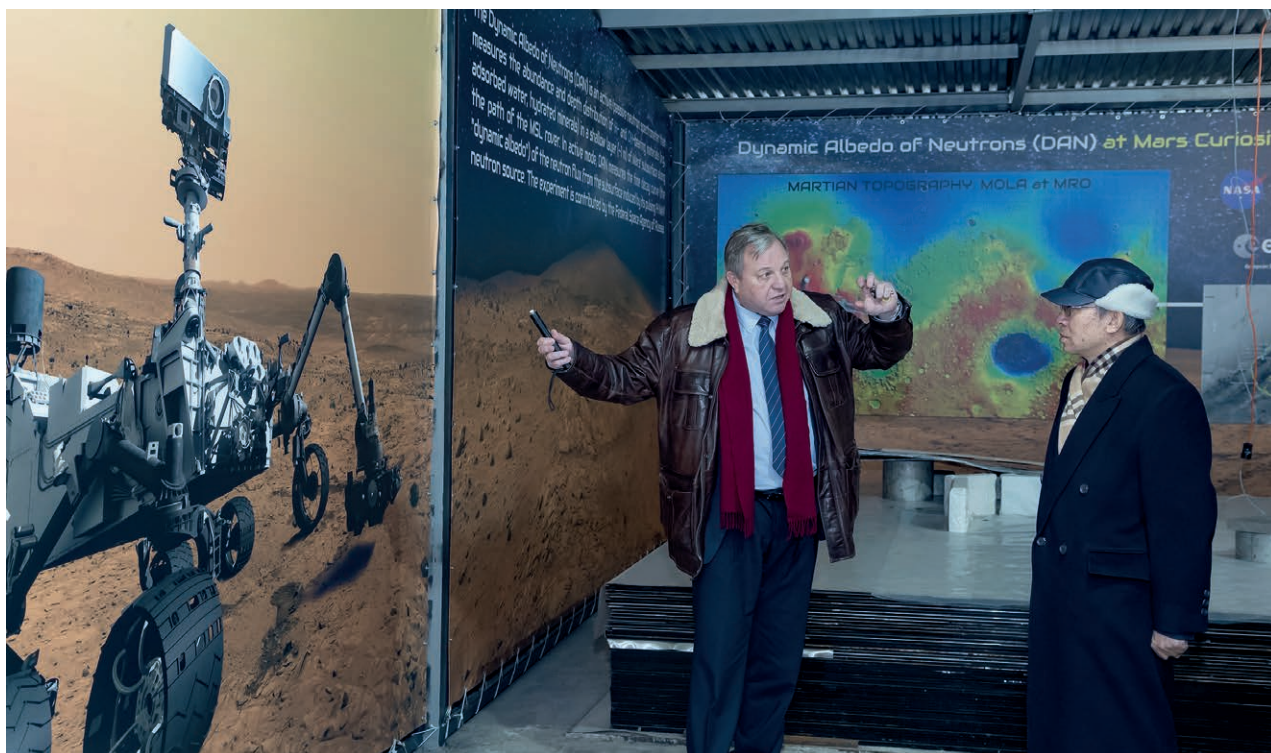


Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Оборудование системы аксиальной инъекции циклотрона ДЦ-280 фабрики сверхтяжелых элементов



Дубна, 29 ноября.
Торжественный вечер,
посвященный 60-летию
Лаборатории нейтронной
физики им. И. М. Франка





Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 25–26 октября. Заместитель генерального директора Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) Д. Ян на экскурсии в лаборатории

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 7–11 ноября. 8-я Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок»

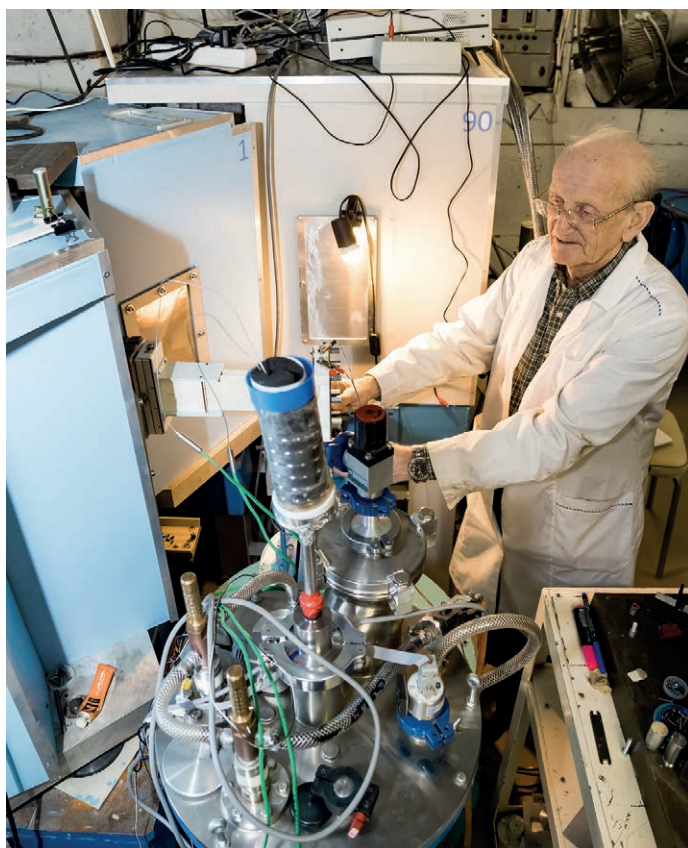




Дубна, 23–26 мая. 25-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-25)

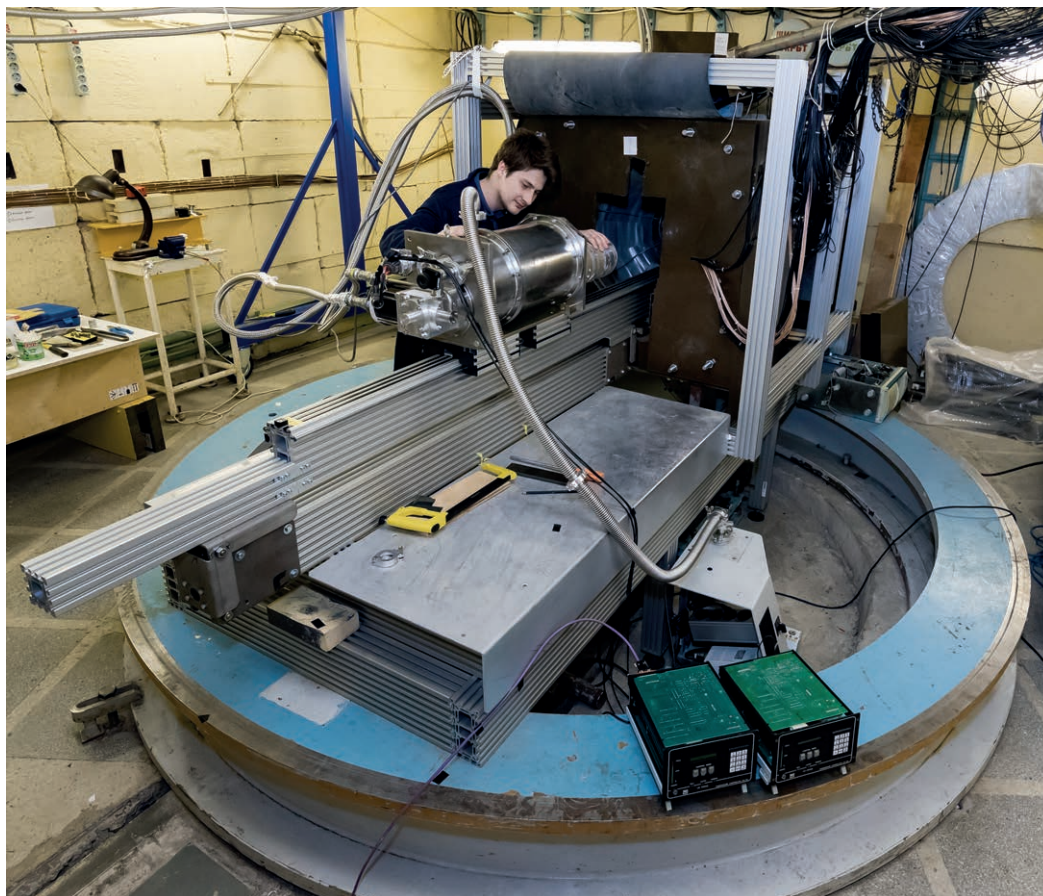
Группа сотрудников ЛНФ и ЛИТ — участников работ по созданию системы управления данными биологического мониторинга





Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка.
Постановка нейтронного дифракционного
эксперимента на дифрактометре ФДВР

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка.
Детекторная система и гелиевый рефрижератор нейтронного дифрактометра ДН-6





Лаборатория информационных технологий, 3–7 июля.
Участники конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСР'2017)

Будва (Республика Черногория), 25–29 сентября. Международный симпозиум ОИЯИ по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'2017). Выступает советник ЦЕРН по Восточной Европе Т. Куртыка





Москва, 5 декабря. Выступление директора ЛРБ ОИЯИ Е. А. Красавина на заседании Совета РАН по космосу

Лаборатория радиационной биологии. Профессор Р. Гувер (США) знакомится с исследованиями по поиску окаменелых микроорганизмов в метеоритах





Дубна, 25 июня – 1 июля. Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ

Дубна, 2 июля. Студенты из стран Европы — участники второго этапа практики по направлениям исследований ОИЯИ





Дубна, 2–6 октября. 21-я Международная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ

2017





ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2017 г. издательский отдел выпустил в свет 97 наименований публикаций, 48 наименований служебных материалов.

Среди изданных в 2017 г. сборников аннотаций и трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ, можно назвать: сборник избранных докладов семинара, посвященного 100-летию со дня рождения Ф.Л. Шапиро (Дубна, 6–7 апреля 2015 г.), труды XXIV Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-24, сборник аннотаций конференции «Компактные звезды на фазовой диаграмме КХД VI» (Дубна, 26–29 сентября 2017 г.), сборник аннотаций международной конференции «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2» (Дубна, 9–12 октября 2017 г.), материалы конференции «Современные проблемы общей и космической радиобиологии» (Дубна, 12–13 октября 2017 г.) и др. Вышли в свет 3-й и 4-й тома обзорной серии по избранным вопросам образования аэрозолей под редакцией Ю. Шмельцера, О. Хельмута.

Вышли из печати годовые отчеты ОИЯИ за 2016 г. (на русском и английском языках), годовой отчет Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ за 2016 г.

Выпущена книга «Лаборатория физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина Объединенного института ядерных исследований. Итоги 1956–2016», в которой представлены наиболее значимые результаты, полученные за 60 лет существования лаборатории.

Издана книга В. А. Беднякова и Н. А. Русаковича «Объединенный институт ядерных исследований в экспериментальной физике элементарных частиц», в которой кратко описываются важнейшие результаты, достигнутые в ОИЯИ, и сформулированы главные задачи, стоящие перед Институтом в решении наиболее важных проблем физики элементарных частиц.

В 2017 г. вышли в свет 6 выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 131 статью. Издано 7 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», содержащих 134 статьи.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В 2017 г. было отпечатано 52 номера еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс».

В рамках обмена научными публикациями в сотрудничестве с Институтом организации из более чем 40 стран мира рассылались издания ОИЯИ: препринты 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 160 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ направлялись в журналы «Ядерная физика», «Теоретическая и математическая физика», «Атомная энергия», «Приборы и техника эксперимента», «Радиационная биология. Радиоэкология», «Радиохимия», «Кристаллография», «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования», «Физика твердого тела» и др.

Оперативному информированию читателей Научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ. Увидел свет «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2016 г.». Продолжался выпуск экспресс-бюллетеней отдела лицензий и интеллектуальной собственности.

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на печать постеров — стендовых докладов сотрудников Института для представления на конференциях и совещаниях.

По заявкам лабораторий и других подразделений ОИЯИ выполнялись переплетные работы, копирование и сканирование научно-технической и инженерно-конструкторской документации. Отпечатано 138 тысяч различных бланков.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2017 г. число читателей Научно-технической библиотеки составило 2000 человек. Начато внедрение электронной системы учета выдачи и возврата литературы, количество выданной литературы 7170 экземпляров. На 1 января 2018 г. библиотечный фонд составил 436351 экземпляр, из них 193362 экземпляра на иностранных языках.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 379 изданий, выполнено 89 заявок из других библиотек. По всем источникам комплектования поступило 2383 экземпляров книг, периодических изданий, препринтов, диссертаций и авторефератов, 1005 из них на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге, каталогах филиала, а также в автоматизированной информационно-библиотечной системе «Absotheque». Еженедельно выпускались экспресс-буллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 8123 названий. Электронные версии информационных бюллетеней еженедельно рассылаются по 100 адресам по e-mail. Подписаться можно в разделе «Сервисы» на сайте НТБ: http://lib.jinr.ru/ntb_mail/newslst.html

Каждую неделю обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, диссертаций и авторефератов. На них представлено 1905 изданий. Организовано 4 тематические выставки.

Электронные каталоги журналов, статей, препринтов, книг, диссертаций и авторефератов доступны в Интернете по адресу: <http://lib.jinr.ru:8080/OpacUnicode/>.

Общее количество обращений к электронным каталогам НТБ составило 15 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 2016 г.» (1596 записей). Указатель с ссылками на полные тексты публикаций доступен в Интернете (см. сайт НТБ, раздел «Сервисы») <http://lib.jinr.ru/buk/2016/bibl.uk.php>.

Отсканировано и размещено в электронном каталоге 1566 препринтов и сообщений ОИЯИ. База данных работ сотрудников ОИЯИ доступна в Интернете через электронные каталоги.

Библиотека получает 113 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 консорциумах Министерства образования и науки и РФФИ сотрудники ОИЯИ получили электронный доступ к журналам издательств «Elsevier», «Wiley», журналу «Nature», журналам и книгам издательства «Шпрингер», к IEEE Digital Library, к мировым реферативным базам данных научных публикаций «Web of Science», «Math-SciNet», «Scopus».

В рамках проекта «История ОИЯИ и г. Дубны на страницах книг, журналов и центральных газет» введено 107 новых библиографических описаний. Введена в эксплуатацию информационная система «Литература об ученых ОИЯИ», доступная для пользователей в разделе сайта НТБ «Публикации об ОИЯИ»: <http://who-is-who.jinr.ru/catalog3/main.html>.

В 2017 г. в порядке обмена на публикации, выпускаемые издательским отделом ОИЯИ, поступило 352 издания из 14 стран. Из них на долю России приходится 54, Украины — 4, Румынии — 15, Германии — 192, Франции — 5, Японии — 23, ЦЕРН — 22.

В 2017 г. в автоматизированную информационно-библиотечную систему «Absotheque» введено: книг — 446 названий; журналов — 1629 номеров; препринтов — 1970 названий; диссертаций и авторефератов — 827 названий; книжных статей — 625 названий и журнальных статей — 7298 названий.

На 1.01.2018 количество библиографических описаний в АИБС «Absotheque» составило 280446 записей.



ОТДЕЛ ЛИЦЕНЗИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В 2017 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) Роспатента велась работа по заявкам на патенты ОИЯИ, прошедшим формальную экспертизу ФИПС в 2016–2017 гг. Проведено согласование и внесены изменения, добавления, уточнения в заявочные документы по замечаниям экспертов ФИПС. С целью определения технического уровня новых разработок ОИЯИ на предмет патентоспособности выполнена экспертиза ряда проектных разработок, включающая определение объектов правовой охраны и их классификацию в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК), поиск аналогов и прототипов. Подготовлены отчеты о патентных исследованиях.

По семи разработкам совместно с авторами подготовлены комплекты заявочных документов, которые поданы в Роспатент РФ для получения патентов на изобретения:

- «Способ определения коэффициента Пуассона материала герметичной тонкостенной полимерной трубки»;
- «Способ определения пространственных профилей ядерного и магнитного потенциалов взаимодействия поляризованных нейтронов со слоистой структурой»;
- «Энергонезависимый защитный клапан для дрейфовой камеры, работающей в вакууме»;
- «Способ медленного вывода пучка заряженных частиц из циклического ускорителя»;
- «Способ профилактики снижения мышечной силы при острой лучевой болезни в эксперименте»;
- «Планарный полупроводниковый детектор»;
- «Способ анализа атомного состава органических веществ и устройство для его осуществления».

В 2017 г. по ранее поданным заявкам завершена работа и получено шесть патентов РФ на изобретения:

- «Индукционный синхротрон с постоянным полем» автора Г. В. Долбилова;
- «Способ получения радиоизотопов серебра без носителя» авторов В. П. Доманова, Чинь Тхи Тху Ми;
- «Способ синхронного ускорения заряженных частиц в постоянном магнитном поле» автора Г. В. Долбилова;
- «Устройство для эмиссионного спектрального анализа органических веществ» авторов В. Н. Шаляпина, С. И. Тютюнникова;
- «Способ фокусировки пучков заряженных частиц» автора Г. В. Долбилова;
- «Способ профилактики нарушений психоневрологического статуса при острой лучевой болезни в эксперименте» авторов А. А. Иванова, Е. А. Красавина, К. Н. Ляховой, Ю. С. Северюхина, А. Г. Молоканова.

Зарегистрирована в Роспатенте программа ЭВМ «Программный комплекс для моделирования распределенных систем хранения и обработки данных на основе результатов их мониторинга» авторов А. В. Нечаевского, Г. А. Ососкова, Д. И. Пряхиной, В. В. Трофимова, А. В. Ужинского.

На 1 января 2018 г. ОИЯИ обладает 63 действующими патентами РФ на изобретения.

В области патентно-информационной работы. В 2017 г. в ОИЯИ поступило 36 бюллетеней официального издания Федерального института промышленной собственности «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 3307 бюллетеней.

Разработан макет информационного листа ОЛИС о получении сотрудниками Института очередного патента и налажен постоянный контакт с web-сайтом

ОИЯИ о включении этой информации в раздел «Новости ОИЯИ».

Регулярно обновляется Интернет-страница ОЛИС на сайте ОИЯИ.

В области стандартизации. Пополняется библиотека стандартов: приобретены 55 новых межгосударственных и государственных стандартов (ГОСТов) РФ, 12 указателей ГОСТов и информационных указателей стандартов за 2017 г.; указатели национальных стандартов, технических условий, руководящих документов, рекомендаций и правил 2017 г. На основании этих нормативных документов (НД) внесено 320 изменений в соответствующие документы фонда библиотеки стандартов и экземпляры абонентов. Выдано в подразделения 16 официальных копий ГОСТов в постоянное пользование. Поддерживается доступ к базе данных библиотеки стандартов, содержащей около 11700 позиций, на Интернет-странице ОЛИС. Подразделения регулярно получали информацию о поступлениях НД и изменениях в ГОСТах.

Продолжается работа над электронной базой данных «Перечень нормативно-технических документов, действующих в Объединенном институте ядерных исследований», содержащей по состоянию на конец 2017 г. более 6300 нормативно-технических документов и включающей технические регламенты, федеральные законы, нормативные и другие регламентирующие документы, соответствующие законодательству о техническом регулировании Российской Федерации. Электронная база содержит перечень имеющихся в библиотеке НТД

ОЛИС и подразделениях ОИЯИ документов и актуальные ссылки на сайты: Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), справочно-правовой системы «Консультант Плюс», Общероссийского классификатора стандартов (ОКС). В 2017 г. база пополнена международными стандартами (ISO, ИЕС, СТ СЭВ), стандартами РФ (ГОСТы РИСО, ГОСТы).

Выпущен и разослан по подразделениям «Перечень нормативных правовых актов и нормативных документов, используемых Объединенным институтом ядерных исследований для осуществления деятельности в области использования атомной энергии» (Перечень ОИЯИ АЭ-2017), составленный на основании требований раздела «Государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии» Перечня нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (П-01-01-2017). Электронная версия перечня размещена на Интернет-странице ОЛИС и содержит прямые ссылки на документы, размещенные на сайте Президента РФ, Правительства РФ, серверах исполнительных органов государственной власти РФ.

Внесены изменения в перечень полученных от федеральных органов РФ лицензий на право деятельности, связанной с исполнением уставных функций ОИЯИ.

2017

**АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В рамках выполнения решений Финансового комитета и Комитета полномочных представителей (протоколы от 18–19 ноября и 21–22 ноября 2016 г.), начиная с 2017 г., осуществляется формирование управленческой отчетности по кассовому методу, при котором фактические доходы и расходы пересчитываются в валюту отчета (доллары США) по курсу на дату совершения операции.

Всего в 2017 г. в ОИЯИ поступило 256,0 М\$, что составило 124 % от плановых доходов бюджета. Более 95 % от всех фактических доходов составили долевые взносы государств-членов ОИЯИ.

Основные расходы бюджета были предусмотрены на оплату труда сотрудникам Института и на обеспечение материальных затрат по реализации основных научных проектов, таких как

- проект по созданию ускорительного комплекса NICA;
- проект по созданию циклотронного комплекса DRIBs-III;
- нейтринная программа;
- развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 и спектрометров;
- информационное, компьютерное и сетевое обеспечение деятельности Института.

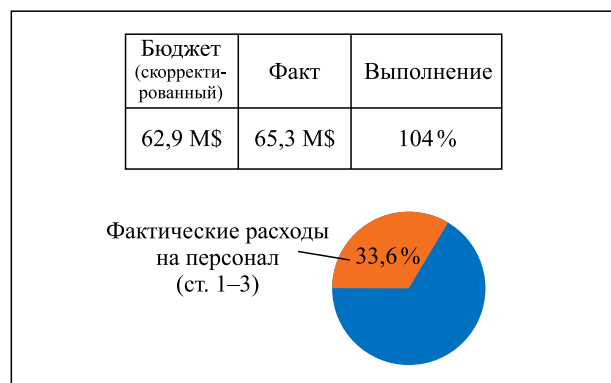


Рис. 1. Фактические расходы на персонал в 2017 г.

Фактические расходы за прошедший год по данным бухгалтерского отчета суммарно составили 194,5 М\$ при плане 209,9 М\$, т. е. расходы бюджета выполнены на 93 %.

Основные расходы бюджета сосредоточены в двух консолидированных статьях, это «Персонал» и «Материальные затраты, НИОКР, строительство».

Консолидированная статья «Материальные затраты, НИОКР и строительство» является самой значительной в расходах бюджета, средства которой были направлены на создание, модернизацию и развитие базовых экспериментальных установок.

Из 96,8 М\$ фактических материальных расходов почти 90 % (84,4 М\$) было использовано для реализации научных проектов Института, что является главным приоритетом использования бюджетных средств. Эксплуатация базовых установок — 3,6 М\$, инфраструктурные расходы — 8,8 М\$.

Фактические расходы на международное сотрудничество составили 8,4 М\$. Основные средства на международное сотрудничество были направлены на финансирование поездок сотрудников в государства-члены ОИЯИ. Значительная часть расходов связана

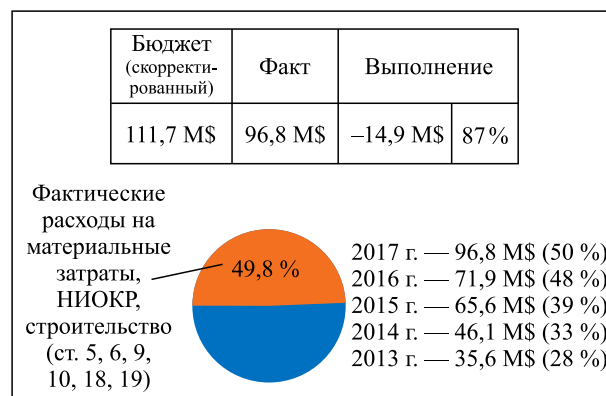


Рис. 2. Фактические расходы на материальные затраты, НИОКР и строительство в 2017 г.

с поездками сотрудников ОИЯИ в ЦЕРН и другие крупнейшие научные центры, а также в страны, не являющиеся членами ОИЯИ, с которыми заключены соглашения о сотрудничестве.

Расходы на электроэнергию, тепловую энергию и водоснабжение по итогам 2017 г. — 4,9 М\$.

Необходимость в расходах на ремонт связана с поддержанием в эксплуатационном состоянии зда-

ний, сооружений и оборудования как на площадках Института, так и за их пределами.

Другие расходы, которые осуществлялись в 2017 г., в основном связаны с инфраструктурой и включали в себя расходы в социальной сфере, оплату транспортных услуг, связи, охраны объектов и другие затраты. По итогам 2017 г. они суммарно составили 9,5 М\$.

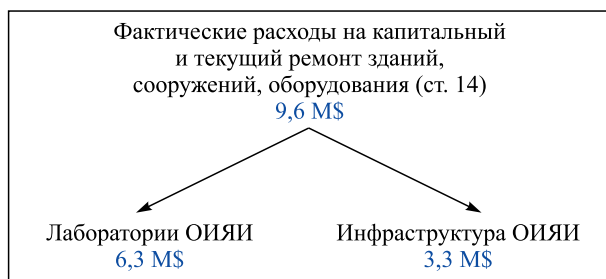


Рис. 3. Фактические расходы на ремонт 2017 г.

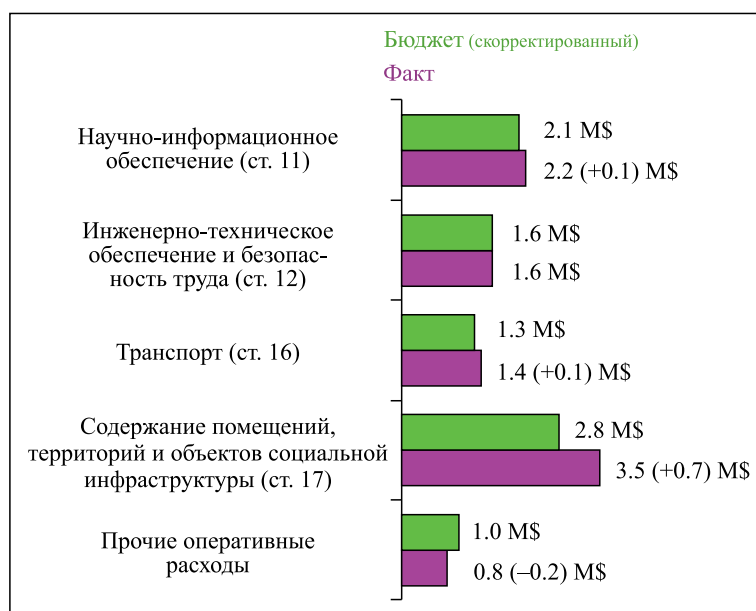


Рис. 4. Фактические оперативные расходы в 2017 г.



КАДРЫ

Численность персонала ОИЯИ на 1 января 2018 г. составила 4987 человек.

В ОИЯИ работают: академики РАН В. А. Матвеев, Ю. Ц. Оганесян, М. А. Островский, Г. В. Трубников, Б. Ю. Шарков; члены-корреспонденты РАН В. Л. Аксенов, Л. В. Григоренко, Д. И. Казаков, Е. А. Красавин, И. Н. Мешков, А. А. Старобинский,

Г. Д. Ширков; члены других государственных академий наук И. Звара, Г. М. Зиновьев, Б. С. Юлдашев; 241 доктор наук, 602 кандидата наук, в том числе 59 профессоров, 24 доцента.

В 2017 г. в ОИЯИ принят на работу 521 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 447 человек.

НАГРАЖДЕНИЯ

За плодотворную работу в ОИЯИ и международное сотрудничество награждены орденом «За заслуги перед Отечеством» III степени — 1 сотрудник; орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени — 1 сотрудник; национальным орденом Франции «За заслуги» — 1 сотрудник; знаком отличия

в труде «Ветеран атомной энергетики и промышленности» — 32 сотрудника; 7 сотрудникам присвоено звание «Почетный сотрудник ОИЯИ». Также сотрудники Института отмечены другими ведомственными, областными, городскими и институтскими наградами.



Ответственный за подготовку отчета – Б. М. Старченко

Отчет подготовили:

**А. В. Андреев
Н. А. Боклагова
А. Е. Васильев
Н. А. Головков
С. Н. Доценко
Е. В. Иванова
А. В. Карпов
И. В. Кошлань
О. К. Кронштадтов
С. З. Пакуляк
Д. В. Пешехонов
Д. В. Подгайный
И. В. Титкова
Л. А. Тютюнникова
Д. М. Худоба
А. Н. Шабашова
Ю. Г. Шиманская
И. Ю. Щербакова**

Художник

Ю. Г. Мешенков

В отчете использованы фотографии:

**И. А. Лапенко
Е. В. Пузыниной**

Объединенный институт ядерных исследований. 2017

Годовой отчет

2018-18

Редакторы *М. И. Зарубина, Е. В. Сабаева*

Подписано в печать 21.05.2018.

Формат 60×84/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 22,5. Уч.-изд. л. 26,74. Тираж 220 экз. Заказ № 59407.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/