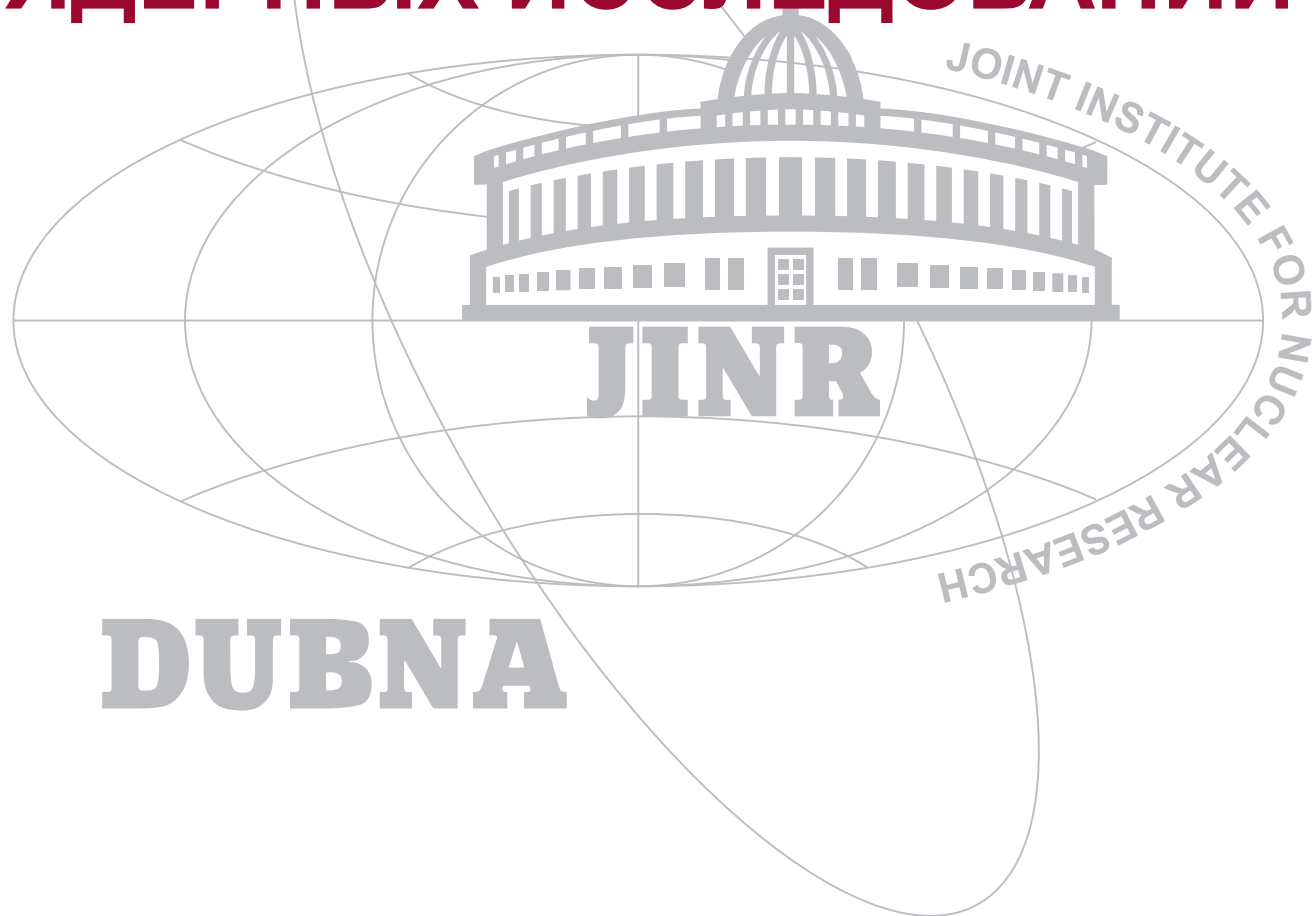


2016

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



DUBNA

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	31
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	35
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова	63
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ..	72
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова	80
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	88
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка	96
Лаборатория информационных технологий	106
Лаборатория радиационной биологии	119
Учебно-научный центр	135
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	143
Научно-техническая библиотека	144
Отдел лицензий и интеллектуальной собственности	145
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	149
Кадры	151



ВВЕДЕНИЕ

В 2016 г. Объединенный институт ядерных исследований торжественно отметил свой 60-летний юбилей. В странах-участницах прошли мероприятия, посвященные этой знаменательной дате. Год был важным для Института в связи с завершением Семилетней программы развития ОИЯИ на 2010–2016 гг., подведением ее итогов и переходом к выполнению плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Новая амбициозная программа, утвержденная КПП, содержит очень сложные задачи, которые потребуют сосредоточения всех ресурсов нашего Института.

Итоги предыдущей семилетки свидетельствуют о ее успешном завершении: получена целая серия результатов мирового уровня практически по всем основным научным направлениям ОИЯИ. Наиболее значимый и яркий результат 2016 г. — это признание международными союзами теоретической и прикладной химии и физики (IUPAC и IUPAP) приоритета ОИЯИ в синтезе новых сверхтяжелых элементов на границе Периодической таблицы элементов Д. И. Менделеева и утверждение их названий. Элемент 115 получил наименование «московский» (Mc), а элемент 118 — «оганесон» (Og). Дальнейшее развитие этих работ связано с созданием первой в мире фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ). И здесь 2016 г. также был крайне важным: в декабре был завершён монтаж основного магнита базовой установки фабрики СТЭ — нового сильноточного ускорителя ДЦ-280. Создание основных технологических систем идет в соответствии с графиком. Не вызывает сомнений, что запуск фабрики СТЭ позволит Институту сохранить лидирующие позиции в области синтеза и изучения свойств СТЭ, что в настоящее время является одним из ключевых направлений современной ядерной физики.

Институт вступает в новую эру своего развития, и сейчас весь мир наблюдает, как реализуется уникальный проект сооружения сверхпроводящего коллайдера тяжелых ионов NICA для изучения фундаментальных свойств сверхплотного состояния барионной материи. Это международный проект, который получил широкое признание мировой науч-

ной общественности и был включен в дорожную карту развития европейской научной инфраструктуры. В 2016 г. было подписано историческое соглашение между ОИЯИ и Правительством Российской Федерации о реализации проекта NICA.

В ноябре состоялась официальная церемония ввода в эксплуатацию высокотехнологичной линии по сборке и испытаниям сверхпроводящих магнитов. Фабрика занимает помещение площадью более 2500 м². Здесь располагается новейшее технологическое оборудование, сформирован коллектив квалифицированных специалистов, которым предстоит собрать и испытать 350 магнитов для проекта NICA и 310 — для проекта FAIR (Дармштадт, Германия).

Среди достижений за прошедший год необходимо также отметить успешный ввод в эксплуатацию линейного ускорителя тяжелых ионов (HLac) коллайдерного комплекса NICA, прогресс в строительстве зданий коллайдера и успехи в модернизации систем электро- и теплоснабжения.

Продолжались эксперименты на нуклотроне, в том числе с участием наших коллег из университетов и научных центров США и Европы. В этих экспериментах достигнуты определенные успехи в изучении поляризационных явлений и спиновых эффектов в ядерных взаимодействиях, структуры нуклонных корреляций в реакциях дейтрон-протонного рассеяния, в поиске гиперядер, в исследовании состояний ядерной материи и др.

Теоретиками Института в 2016 г. получены новые интересные научные результаты, начата разработка программы «Теория адронной материи при экстремальных условиях», что важно для поддержки проекта NICA. Была также продолжена работа, направленная на повышение точности расчетов, которые необходимы для исследования Стандартной модели (СМ) при энергиях, недоступных ускорителям. Разработан специализированный компьютерный код для нахождения значений, зависящих от масштаба энергий параметров СМ. Ключевой особенностью кода является его открытость. Это позволяет моментально воспроизвести результаты, касающиеся во-

проса стабильности вакуума СМ, а также обновить их с учетом новых экспериментальных данных. Код может служить отправной точкой для исследования различных моделей новой физики.

Начаты исследования сверхтяжелых ядер, структура которых кардинально влияет на сечения их образования в реакциях полного слияния с использованием актинидных мишеней. Сильный оболочечный эффект при $Z = 120-126$ позволяет надеяться получить новые ядра с $Z = 120$ в ближайшем будущем с помощью реакций слияния ядер тяжелее ^{48}Ca с актинидами.

В рамках реализации нейтринной программы Института активно ведутся работы по созданию уникального объекта на озере Байкал — глубоководного нейтринного телескопа кубокилометрового масштаба (НТ1000) — проект «Байкал-GVD». С апреля ведется набор данных установленным на озере Байкал первым полномасштабным кластером «Дубна». Одно из существенных достижений года — ввод в действие нового управляющего центра нейтринного телескопа на озере Байкал, изготовление систем электроснабжения, управления, первичной обработки и хранения данных.

Состоялся запуск детектора антинейтрино DANSS на Калининской АЭС для дистанционного измерения параметров реактора в реальном масштабе времени.

В эксперименте NEMO-3 было изучено 7 изотопов с одновременной записью энергии и треков событий двойного бета-распада. Выделялись результаты по исследованию ^{100}Mo и ^{82}Se за счет их большей массы.

В эксперименте ATLAS с участием физиков ОИЯИ проведены исследования по поиску новой физики в резонансах высокой массы в мюонном и электронном каналах распада, а также исследована возможность поиска суперсимметричных частиц глюино в их распаде с конечным состоянием, содержащим электрон или мюон, несколько адронных струй и большое значение потерянной поперечной энергии в событиях протон-протонных соударений при энергии 13 ТэВ в с. п. м. Проведены исследования по поиску новых резонансов с массой более 250 ГэВ, распадающихся на Z -бозон и фотон.

Группой ОИЯИ в рамках исследования фемтоскопических корреляций пар каонов, рожденных в Pb–Pb-столкновениях при энергии 2,76 ТэВ на установке ALICE (ЦЕРН), были получены новые результаты для одномерных фемтоскопических корреляций, показавшие хорошее согласие с предсказаниями Р. Ледницкого и В. Любошица (ОИЯИ).

Одно из важных достижений группы ОИЯИ в коллаборации COMPASS (ЦЕРН) — завершение работ по созданию нового электромагнитного калориметра. Этот детектор, предложенный и разработанный в ОИЯИ, является уникальным прибором: вместо традиционных фотоэлектронных умножите-

лей в нем применены самые современные фотоприемники — микропиксельные лавинные фотодиоды. Здесь, при активном участии ОИЯИ, были выполнены и опубликованы наиболее точные в настоящее время измерения множественностей заряженных каонов.

На реакторе ИБР-2 проведен ряд интересных исследований конденсированного состояния вещества. В условиях комбинированного воздействия высоких давлений и температур был синтезирован новый оксид железа — Fe_4O_5 , который предположительно может существовать в слоях верхней мантии Земли. Оксиды железа играют важную роль в формировании магнитных и других физических свойств Земли и имеют широкий спектр технологических применений.

В наше время решение научных задач невозможно без использования новейших достижений и разработки новых методик в области компьютерных и телекоммуникационных технологий, высокопроизводительных вычислительных систем и программирования. Моделирование, обработка, анализ и хранение петабайтных потоков данных, в том числе в экспериментах на комплексе NICA, требуют развития распределенного гетерогенного грид-облачного информационно-вычислительного комплекса. В течение 2016 г. в ОИЯИ активно развивался уникальный центр хранения, обработки и анализа данных глобальной грид-инфраструктуры — многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК), являющийся одной из базовых установок Института.

Радиобиологам ОИЯИ удалось получить ряд новых ярких результатов, весьма значимых для различных областей медико-биологических наук. Прежде всего речь идет об изучении «кластерных» повреждений ДНК, формирование которых в генетических структурах клеток было предсказано и теоретически обосновано впервые в Институте более 20 лет назад.

Многоцелевой, междисциплинарный характер исследований, ведущихся в Институте, отличает наш научный центр от других, где происходит сосредоточение внимания на узком круге проблем. В связи с этим важно обеспечить интерес ученых из стран-участниц, приток в Институт талантливой молодежи и предоставить им возможности для исследований в самых широких направлениях современной науки. Деятельность ОИЯИ в образовательной сфере планомерно направлена на реализацию данной задачи.

В 2016 г. в Учебно-научном центре ОИЯИ проходили обучение 440 студентов базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИФИ, университета «Дубна» и университетов стран-участниц. Летние учебные и производственные практики были организованы для 238 студентов вузов. В ежегодной летней студенческой практике по направлениям исследований ОИЯИ приняло участие более 160 человек.

Продолжал свою работу инженерно-физический практикум для студентов, аспирантов и молодых ученых из стран-участниц ОИЯИ, в рамках которого проводится серия учебно-практических курсов в различных областях: от основ ядерной физики и радиационной безопасности до устройства ускорителей и детекторов элементарных частиц, СВЧ- и вакуумной техники, методов диагностики пучка и автоматизации физических установок.

Немаловажным событием в деле популяризации науки и привлечения в Институт талантливой молодежи стало открытие обновленной экспозиции Музея истории науки и техники ОИЯИ. Один из залов музея получил название «Экспериментариум». Он создан при активном участии молодых ученых ОИЯИ и оснащен интерактивными стендами, которые позволяют юным посетителям самостоятельно изучать законы природы.

Наукоград Дубна — ровесник Объединенного института ядерных исследований. В День города, 24 июля, на набережной Волги, которая носит имя Д. И. Менделеева, состоялась торжественная церемония открытия памятника этому великому русскому



ученому, основоположнику Периодической системы химических элементов. 11 из 18 сверхтяжелых элементов, открытых за последние 60 лет, были синтезированы именно в Дубне. Памятник служит своего рода олицетворением весомого вклада Института и города в продолжение дела Дмитрия Менделеева.

Подводя итоги прошедшего года, хочется еще раз подчеркнуть, что в основе многих успехов нашего Института — международное научное сотрудничество, которое является одной из высочайших ценностей современной цивилизации, современного мира. Мы благодарны поддержке всех стран-участниц и видим, насколько широко могут обеспечить новые установки Дубны интерес физиков всего мира. Международный характер очень важен и для Института, и для реализации важнейших проектов и амбициозных планов, намеченных на грядущую семилетку, поэтому ведутся активные переговоры в направлении расширения горизонтов международного сотрудничества. И, перешагнув очередной рубеж в развитии нашего научного центра, мы имеем все основания смотреть в будущее с оптимизмом.

В. А. Матвеев,
директор Объединенного института
ядерных исследований

2016

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СЕССИИ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Весенняя сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 4–5 апреля под председательством полномочного представителя правительства Республики Болгарии Л. Костова.

КПП, заслушав и обсудив доклад директора Института В. А. Матвеева «О результатах деятельности ОИЯИ в 2015 г. О рекомендациях 119-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2016 г.)», принял к сведению рекомендации Ученого совета ОИЯИ, информацию дирекции ОИЯИ по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 2015 г. и о планах Института на 2016 г., результаты проведенной в Институте работы по разработке и всестороннему обсуждению проекта перспективного плана развития ОИЯИ на период 2017–2023 гг., а также бюджетный план ОИЯИ на 2017–2023 гг., разработанный в целях финансового обеспечения развития Института на очередной семилетний период с учетом замечаний и предложений, высказанных во время общей дискуссии.

КПП одобрил подписание контрактов по строительству научного комплекса NICA и производству сверхпроводящего магнита многоцелевого детектора MPD в соответствии с проведенными международными тендерами, начало активной работы по сборке, тестированию и сертификации серийных образцов сверхпроводящих магнитов для бустера и встречных колец коллайдера NICA и для ускорителя SIS-100 проекта FAIR, реализуемого в Дармштадте (Германия).

КПП отметил признание решением IUPAC авторства ОИЯИ в коллаборации с партнерами из США (Ливерморской национальной лабораторией и Окриджской национальной лабораторией) в открытии новых сверхтяжелых химических элементов с атомными номерами 115, 117 и 118; ввод в эксплуатацию в соответствии с планом первого модуля ги-

гатонного глубоководного нейтринного детектора на озере Байкал — кластера «Дубна»; создание, в соответствии с Соглашением ОИЯИ–ЦЕРН, комплекса Tier-1 для сбора и анализа больших объемов данных по грид-технологии с установки CMS на Большом адронном коллайдере ЦЕРН.

Заслушав и обсудив доклад главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2015 г.», КПП принял к сведению представленную информацию; согласился с предложениями дирекции ОИЯИ по совершенствованию методики и форм отчетности об исполнении бюджета ОИЯИ: добавлением новой формы отчета об исполнении бюджета ОИЯИ по доходам и расходам и формы о движении денежных средств; составлением отчета о фактическом исполнении бюджета по кассовому методу; пересчетом показателей исполнения бюджета ОИЯИ в доллары США.

КПП поручил дирекции ОИЯИ продолжить работу по выработке предложений, касающихся вопросов совершенствования структуры бюджета ОИЯИ, методики составления бухгалтерского баланса в долларах США, развития автоматизированных систем для бухгалтерского и управленческого учета, анализа деятельности хозрасчетных подразделений ОИЯИ.

В связи с приостановлением членства в ОИЯИ Корейской Народно-Демократической Республики и Республики Узбекистан КПП принял решение с 2016 г. учитывать в доходах бюджета ОИЯИ взносы КНДР и Узбекистана, рассчитанные в соответствии с утвержденной КПП методикой расчета взносов, для сохранения текущих пропорций взносов государств-членов, и установил, что с 2016 г. взносы КНДР и Узбекистана, включенные в состав доходов бюджета ОИЯИ, не увеличивают задолженности этих государств, зафиксированной по состоянию на 31 декабря 2015 г., а также постановил компенсировать в 2016 г. дефицит бюджета ОИЯИ в связи с невне-

сением взносов КНДР и Узбекистана за счет прочих доходов и поступлений бюджета ОИЯИ.

Комитет зафиксировал по состоянию на 31 декабря 2015 г. задолженность КНДР по уплате взноса в бюджет ОИЯИ в размере: текущая задолженность — 2 659,1 тыс. долларов США, реструктуризованная задолженность — 679,2 тыс. долларов США и задолженность за 2002–2003 гг. — 102,8 тыс. долларов США; задолженность Республики Узбекистан по уплате взноса в бюджет ОИЯИ в размере: текущая задолженность — 5 582,2 тыс. долларов США, реструктуризованная задолженность — 1 081,8 тыс. долларов США и задолженность за 2002–2003 гг. — 1 051,7 тыс. долларов США.

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «Анализ текущих результатов выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ за 2010–2016 гг.», КПП отметил, что финансирование приоритетных проектов в основном осуществляется в соответствии с утвержденными графиками, и поручил дирекции ОИЯИ подготовить к изданию окончательный вариант отчета о выполнении Семилетнего плана к сессии КПП (март 2017 г.), включив в него статистическую информацию о публикационной активности Института, кадровой динамике, защите диссертаций и т. п.

КПП принял к сведению информацию о включении проекта NISA в новую редакцию дорожной карты Европейского стратегического форума по исследовательским инфраструктурам и обратился к полномочным представителям правительств государств-членов ОИЯИ, являющихся также государствами-членами ЕС, с просьбой продолжить и активизировать усилия по дальнейшей интеграции крупных проектов ОИЯИ в научную инфраструктуру Евросоюза.

КПП заслушал доклад помощника директора Института по инновационному развитию А. В. Рузаева «О нормативных документах, регулирующих финансовую деятельность ОИЯИ» и поручил дирекции ОИЯИ и рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ ввиду замечаний и предложений, высказанных членами Финансового комитета, доработать «Финансовые правила ОИЯИ» и вынести их на рассмотрение Финансового комитета и КПП в ноябре 2016 г.

Заслушав и обсудив доклад представителя Российской Федерации в Финансовом комитете ОИЯИ А. В. Зарубина «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 1–2 апреля 2016 г.», КПП утвердил протокол заседания и согласился с предложением дирекции Института по реструктуризации задолженности государств-членов, возникшей в 2002–2003 гг., по аналогии с «Программой реструктуризации задолженностей и реформирования системы расчета и уплаты взносов государств-членов ОИЯИ на 2004–2010 гг.».

КПП поручил дирекции ОИЯИ провести консультации с полномочными представителями правительств государств-членов (Азербайджана, Грузии, Монголии, Украины) о реструктуризации их задолженности по уплате взносов за 2002–2003 гг. в соответствии с предложенной дирекцией ОИЯИ методикой по индивидуальному графику, утверждаемому Финансовым комитетом.

КПП принял решение изменить объем взноса Республики Куба в бюджет ОИЯИ на 2016 г., установив его в размере 45,0 тыс. долларов США; компенсировать в 2016 г. дефицит бюджета ОИЯИ, возникающий в связи с изменением объема взноса Республики Куба, за счет прочих доходов и поступлений бюджета ОИЯИ; списать задолженность Республики Куба по уплате взносов в бюджет ОИЯИ, накопившуюся до 2015 г. включительно, в том числе накопившуюся в период до 2012 г., в связи с отсутствием реального участия Республики Куба в деятельности ОИЯИ; в последующие годы исчислять объем взноса Республики Куба в бюджет ОИЯИ в соответствии с методикой, утвержденной на сессии КПП в ноябре 2015 г.

В целях повышения эффективности работы Финансового комитета КПП предложил полномочным представителям правительств государств-членов ОИЯИ рассмотреть вопрос о назначении постоянных представителей в его состав. КПП поручил дирекции Института активизировать работу по внедрению в ОИЯИ международных стандартов финансовой отчетности.

Заслушав и обсудив доклад представителя Российской Федерации в Финансовом комитете ОИЯИ А. В. Зарубина «О предложении Финансового комитета по выбору аудиторской организации для проведения проверки финансовой деятельности за 2015 г.», КПП утвердил ООО АК «Корсаков и Партнеры» (Москва) аудитором ОИЯИ на 2015 г. и уполномочил ее провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период. КПП утвердил план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2015 г., представленный дирекцией ОИЯИ, и поручил дирекции заключить договор с аудиторской компанией.

Заслушав доклад председателя КПП Л. Костова по выборам директора ОИЯИ, КПП утвердил в качестве кандидата на должность директора ОИЯИ академика РАН Виктора Анатольевича Матвеева.

КПП по результатам тайного голосования (единогласно 16 полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ) избрал В. А. Матвеева на должность директора ОИЯИ сроком на пять лет со вступлением в должность с 1 января 2017 г.

Заслушав и обсудив доклад вице-директора Института Г. В. Трубникова «Статус проекта NISA», КПП отметил постоянный прогресс на всех направлениях деятельности по созданию комплекса NISA:

ускорительный блок, детекторы, развитие инфраструктуры, — а также существенный прогресс, связанный в последнее время со строительством зданий для комплекса NICA и с изготовлением магнита для детектора MPD. КПП высоко оценил работу экспертных комитетов по детекторам MPD и VM@N и ход подготовки технических проектов по основным системам установки MPD, подчеркнув необходимость предпринять все возможные усилия для поддержания графика сооружения проекта, а также привлечения внешних групп и расширения международного сотрудничества по проекту NICA.

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

Заслушав и обсудив доклад директора Института В. А. Матвеева «О рекомендациях 120-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2016 г.). Краткий обзор результатов деятельности ОИЯИ в 2016 г. и планы на 2017 г. Об основных направлениях стратегического развития Института на 2017–2023 гг.», КПП принял к сведению представленную информацию, утвердил рекомендации 119-й и 120-й сессий Ученого совета, Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2017 г., а также Семилетний план развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., одобренный Ученым советом и Финансовым комитетом.

КПП одобрил предпринимаемые дирекцией ОИЯИ усилия, направленные на интеграцию новых и модернизированных установок (NICA, фабрика СТЭ, «Байкал-ГВД», ИБР-2 и парк спектрометров, МИВК) в европейскую и мировую инфраструктуру; подписание Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA от 2 июня 2016 г.; работу дирекции ОИЯИ по организации исполнения данного соглашения, а также «Положение о реализации проектов создания крупных международных научных установок класса мегасайенс в ОИЯИ».

КПП одобрил «Положение о наблюдательном совете проекта комплекса NICA», первоначальный состав наблюдательного совета и его решения, принятые 20 ноября 2016 г.

КПП принял к сведению информацию о работе над новой редакцией «Положения о персонале ОИЯИ» и поручил дирекции Института направить проект данного документа полномочным представителям правительств до 15 февраля 2017 г.

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О Семилетнем плане развития ОИЯИ на 2017–2023 гг.», КПП отметил большую работу дирекции Института по подготовке проекта семилетнего плана и организации его обсу-

ждения на сессиях программно-консультативных комитетов и Ученого совета ОИЯИ. По мнению членов КПП, проект бюджетного плана ОИЯИ на 2017–2023 гг. обеспечивает выполнение плана развития Института на очередной семилетний период, включая развитие научно-экспериментальной базы ОИЯИ, инженерной и социальной инфраструктуры, а также конкурентоспособный уровень оплаты труда персонала.

Заслушав и обсудив доклад главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «О проекте бюджета ОИЯИ на 2017 г., проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2018, 2019, 2020 гг.», КПП утвердил бюджет ОИЯИ на 2017 г. с общей суммой расходов 206,32 млн долларов США и шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2017 г.

КПП утвердил взносы государств-членов ОИЯИ на 2017 г., выплату задолженности государств-членов в 2017 г. в бюджет ОИЯИ, определил ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2018 г. в сумме 205,98 млн долларов США, на 2019 г. в сумме 205,81 млн долларов США и на 2020 г. в сумме 208,76 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2018, 2019 и 2020 гг.

Заслушав доклад главного бухгалтера Агентства ядерного регулирования Республики Болгарии С. Харизановой «Об итогах заседания Финансового комитета от 18–19 ноября 2016 г.», КПП утвердил протокол заседания и «Финансовые правила ОИЯИ» с учетом того, что проект бюджета ОИЯИ на очередной финансовый год представляется на рассмотрение в государства-члены ОИЯИ не позднее 1 октября текущего финансового года.

По решению КПП создана рабочая группа из представителей Республики Болгарии, Республики Польша, Украины, Чешской Республики и дирекции ОИЯИ для выработки предложений по погашению задолженности Украины по уплате взноса в бюджет ОИЯИ. КПП обратился с просьбой к полномочным представителям правительств государств-членов Института, имеющих задолженность по взносам ОИЯИ, принять срочные меры по их уплате.

Заслушав доклад директора аудиторской компании «Корсаков и Партнеры» Д. А. Корсакова, КПП принял к сведению аудиторское заключение по итогам проведения проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2015 г., утвердил бухгалтерский отчет ОИЯИ за 2015 г., принял к сведению план мероприятий в связи с проведенной аудиторской проверкой, поручив дирекции Института подготовить к очередной сессии КПП комментарии к аудиторскому заключению.

Заслушав и обсудив доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О порядке реализации постановления КПП ОИЯИ о приостановлении членства в ОИЯИ Корейской Народно-Демократической Республики и Республики Узбе-

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОИЯИ

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

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

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

<u>О. Бахрам-оглы Абдинов</u>	– Азербайджанская Республика	Нгуен Мань Шат	– Социалистическая Республика Вьетнам
Ц. Баатар	– Монголия	И. Повар	– Республика Молдова
К. Борча	– Румыния	Г. С. Погосян	– Республика Армения
М. Будзыньски	– Республика Польша	С. Поспишил	– Чешская Республика
М. Валигурски	– Республика Польша	Э. Рабинович	– Израиль
И. Вильгельм	– Чешская Республика	В. А. Рубаков	– Российская Федерация
С. Галес	– Франция	К. Русек	– Республика Польша
А. Д. Гарсиа	– Республика Куба	А. Н. Скринский	– Российская Федерация
М. Гнатич	– Словацкая Республика	М. Спиро	– Франция
Б. В. Гринев	– Украина	Ч. Стоянов	– Республика Болгария
<u>Н. Джиокарис</u>	– Греция	В. И. Стражев	– Республика Белоруссия
И. П. Диас	– Республика Куба	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
Г. М. Зиновьев	– Украина	Э. Харрисон	– Великобритания
П. Йенни	– Швейцария	Г. Хуухэнхуу	– Монголия
Е. А. Кенжин	– Республика Казахстан	Чан Дык Тхиеп	– Социалистическая Республика Вьетнам
С. Я. Килин	– Республика Белоруссия	Л. Чифарелли	– Италия
М. В. Ковальчук	– Российская Федерация	Б. Ю. Шарков	– Российская Федерация
Г. Н. Кулипанов	– Российская Федерация	Х. Штёкер	– Германия
А. Маджора	– Италия	<u>Н. М. Шумейко</u>	– Республика Белоруссия
С. А. Максименко	– Республика Белоруссия	М. Элиашвили	– Грузия
В. А. Матвеев	– Российская Федерация		
И. Мних	– Германия		
Д. Л. Надь	– Венгерская Республика		

Программно-консультативный комитет по физике частиц

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

Программно-консультативный комитет по ядерной физике

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

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

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

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИРЕКЦИЯ

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

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова

Директор В. В. Воронов

Исследования:

- 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

Исследования:

- 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

Исследования:

- 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

Исследования:

- 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. Джеллепова

Директор В. А. Бедняков

Исследования:

- 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

Исследования:

- 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

Исследования:

- 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

Направления деятельности:

- 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

- общеинститутские научные и информационные отделы
- административно-хозяйственные подразделения
- производственные подразделения

кистан», КПП утвердил предложенный документ с условием, если полноправное участие Корейской Народно-Демократической Республики и Республики Узбекистан в ОИЯИ не будет возобновлено до 2020 г., рассмотреть вопрос о членстве указанных государств в ОИЯИ.

Заслушав доклад вице-директора ОИЯИ Г. В. Трубникова «Статус и перспективы основных научных проектов», КПП отметил высокую перспек-

тивность, уникальность и реалистичность представленного плана развития научной программы и флагманских проектов Института, а также его хорошую интегрированность в международные программы фундаментальных и прикладных исследований.

КПП также с интересом заслушал доклад «Краковский синхротрон SOLARIS», представленный директором Национального центра синхротронного излучения SOLARIS М. Станкевичем.

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ

18–19 февраля состоялась 119-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 проинформировал участников сессии о решениях Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2015 г.), основных результатах деятельности Института в 2015 г. и последних событиях в области международного сотрудничества ОИЯИ.

Главный ученый секретарь Института Н. А. Русакович представил второй вариант проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Был заслушан доклад «Статус проекта NICA», представленный директором ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе.

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

Ученый совет заслушал научные доклады Ю. Ц. Оганесяна «Пределы масс атомов и ядер» и Н. Локиера «Нейтрино в Фермилабе» — международная программа с самого начала». Были также заслушаны лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

Состоялось вручение дипломов «Почетный доктор ОИЯИ», премии им. Б. М. Понтекорво, а также дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2015 г.

Общие положения резолюции. Ученый совет принял к сведению подробный доклад директора ОИЯИ В. А. Матвеева и с удовлетворением отметил, что цели текущего семилетнего плана в области развития основных установок Институтом достигнуты, а именно: налажена устойчивая работа модернизированного реактора ИБР-2, возросло число спектрометров для проведения экспериментов на этой установке; ведется строительство фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), ввод в эксплуатацию которой ожидается в 2017 г.; подписаны важные контракты, обеспечивающие своевременную реализацию проекта NICA; введен в действие дубненский кластер

установки «Байкал-ГВД» и грид-центр уровня Tier-1 для эксперимента CMS. Ученый совет поздравил сотрудников ОИЯИ с этими важными результатами.

Ученый совет отметил активизацию взаимодействия со странами, не являющимися членами Института, такими как Китай, Индия, Бразилия и др., с целью установления более тесного научного сотрудничества и рекомендовал дирекции ОИЯИ предпринимать дальнейшие шаги в этом направлении.

Ученый совет одобрил проведение многочисленных встреч и конференций в государствах-членах ОИЯИ, посвященных 60-летию Института, расценивая эти мероприятия как полезный инструмент распространения информации об ОИЯИ в мире.

Рекомендации по проекту Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Ученый совет принял к сведению второй вариант проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., представленный главным ученым секретарем Института Н. А. Русаковичем.

С учетом решения КПП, принятого на сессии в ноябре 2015 г., о том, что научная программа нового плана развития ОИЯИ должна быть сбалансирована с финансовой стратегией и кадровой политикой, Ученый совет рекомендовал ввести в семилетний план указание этапов проведения строительно-монтажных работ на крупных объектах (таких как NICA, фабрика СТЭ и др.), чтобы лучше отслеживать весь ход их осуществления, обеспечивать планирование и приоритетность действий по выполнению поставленных задач в срок.

Одобрив этот вариант в целом, Ученый совет просил дирекцию ОИЯИ продолжить работу над проектом и его обсуждение на сессиях ПКК, ожидая представления новой редакции, предшествующей окончательному проекту, на следующей сессии в сентябре 2016 г.

Рекомендации по проекту NICA. Заслушав доклад «Статус проекта NICA», представленный директором ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, Ученый совет высоко оценил постоянный прогресс на всех направлениях деятельности по созданию комплекса NICA, а именно: ускорительный блок (включающий инжек-

ционный комплекс, бустер, нуклотрон, коллайдер), детекторы (BM@N, MPD, SPD), развитие инфраструктуры (в том числе технологические линии для массового производства магнитов и элементов детекторов). Ученый совет особо отметил существенный прогресс, связанный в последнее время со строительством зданий для комплекса NICA и с изготовлением магнита для детектора MPD.

Ученый совет одобрил работу экспертных комитетов по детекторам MPD и BM@N, ход подготовки технических проектов по основным системам установки MPD, а также значительные успехи команды BM@N в тестировании различных компонентов этого детектора.

Признавая необходимость задействовать значительно большие кадровые ресурсы для своевременного завершения работ по комплексу NICA и детекторам, Ученый совет рекомендовал руководству ЛФВЭ предпринять все возможные усилия для привлечения внешних групп и расширения международного сотрудничества по проекту NICA, назвав в качестве примеров сотрудничество с FAIR по созданию мультипольных магнитов и с ЦЕРН по развитию системы EVM-ADB2, которая вносит существенный вклад в эффективное управление проектом NICA.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в декабре 2015 г. и январе 2016 г. и представленные профессорами И.Церруа (ПКК по физике частиц), Ф.Пикмалем (ПКК по ядерной физике) и П.А.Алексеевым (ПКК по физике конденсированных сред). Ученый совет предложил дирекции ОИЯИ учесть эти рекомендации при подготовке Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2017 г.

По физике частиц. Ученый совет присоединился к поздравлениям ПКК по физике частиц в адрес дирекции ОИЯИ и руководства ЛФВЭ в связи с подписанием контрактов на строительство зданий комплекса NICA и изготовление магнита для MPD, а также с получением гранта Правительства Российской Федерации по программе мегасайенс на поддержку проекта NICA. Ученый совет разделяет мнение ПКК о важности этих достижений, создающих надежную основу для проекта NICA и позволяющих наметить детальный по времени план запуска коллайдера уже в 2019 г.

Ученый совет с большим удовлетворением отметил начало строительных работ по проекту «Нуклотрон–NICA», успехи в завершении работ по новой системе RFQ для ЛУ-20, работы по первой секции нового линейного ускорителя HLac и по другим новым элементам и системам коллайдера NICA. Ученый совет приветствовал успешную совместную работу экспертного комитета по ускорителю

к комплексу NICA и команды участников проекта, признавая прогресс в развитии инфраструктуры ОИЯИ, включая подсистемы нуклотрона. Ученый совет призвал стимулировать дальнейшие работы по созданию и завершению производственной линии для изготовления сверхпроводящих магнитов. Отмечая важность этой деятельности для реализации проектов NICA и FAIR, Ученый совет полностью поддержал план по увеличению численности занятого в этих работах персонала приблизительно на 30% с целью обеспечения успеха данной программы.

Ученый совет призвал команду MPD к скорейшему завершению работ над созданием технических проектов для первой стадии детектора MPD с тем, чтобы после их оценки экспертным комитетом MPD приступить к серийному производству узлов детектора. Ученый совет одобрил усилия руководства ЛФВЭ по привлечению студентов и наращиванию кадровых ресурсов, вовлеченных в реализацию проекта NICA/MPD.

Ученый совет поддержал предпринятые руководством ЛФВЭ шаги по распределению трудовых ресурсов для обеспечения своевременного завершения работ по детекторам MPD и BM@N.

По ядерной физике. Ученый совет отметил высокий уровень исследований по физике ультрахолодных нейтронов и изучению реакций с холодными поляризованными нейтронами, проводимых в рамках темы «Исследования в области нейтронной ядерной физики», и рекомендовал дирекции ЛНФ подготовить и представить детальный отчет по завершающейся теме, а также предложения по дальнейшим исследованиям в рамках нового семилетнего плана с учетом существующих (TANGRA, REGATA) и новых проектов.

Ученый совет рекомендовал ускорить ввод в эксплуатацию установки ИРЕН для создания возможностей проведения экспериментов по нейтронной ядерной физике в ОИЯИ.

Отметив значительный прогресс в реализации эксперимента COMET на ускорителе J-PARC в Японии, Ученый совет поддержал активное участие в нем ОИЯИ.

Ученый совет отметил особую важность решения IUPAC о признании открытия элементов 113, 115, 117 и 118 и приоритета в открытии элементов 115, 117 и 118 за коллаборациями ОИЯИ с Ливерморской национальной лабораторией (США) и Оксфордской национальной лабораторией (США) и поздравил ОИЯИ с этим важным событием.

Ученый совет рекомендовал продолжить в ЛЯР актуальные исследования в области синтеза сверхтяжелых элементов, изучения их ядерно-физических и химических свойств, механизмов ядерных реакций, а также свойств ядер, находящихся на границах стабильности.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по ядерной физике о необходимости доработать в 2016 г. детектирующую систему фильтра скоростей SHELS для обеспечения эффективной работы и сосредоточиться на спектроскопии элемента с $Z = 115$, а также завершить создание и ввод в эксплуатацию нового фрагмент-сепаратора АКУЛИНА-2 с целью проведения на нем первых экспериментов в 2016–2017 гг.

По физике конденсированных сред. Ученый совет высоко оценил новые научные результаты, полученные в области физики конденсированных сред с использованием спектрометров ИБР-2, отметив стабильную работу реактора при мощности 2 МВт, что позволяет выполнять эксперименты на выведенных пучках в соответствии с планом. Продолжающееся развитие инструментальной базы реактора, включая создание новых криогенных замедлителей, является важным для расширения исследовательской программы, совершенствования качества проводимых экспериментов и привлечения новых пользователей спектрометров ИБР-2.

Ученый совет отметил успешный ввод в действие поляризационно-чувствительной КАРС-микроскопии на мультимодальной платформе рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии в ЛНФ, а также первые результаты экспериментов по поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии. Ученый совет одобрил использование научно-технического потенциала ОИЯИ для решения задач в различных областях радиационной биологии.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК по физике конденсированных сред утвердить новый проект «Проект LEPТА: развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов» для реализации в 2016–2017 гг. в рамках темы ЛЯП «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований».

Общие вопросы, касающиеся Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Ученый совет поддержал общие принципы, предложенные ПКК по физике частиц для выработки нового Семилетнего плана развития ОИЯИ в области физики частиц:

— сосредоточение ресурсов для обеспечения своевременного завершения работ по созданию первой конфигурации комплекса NICA и начала физической программы в 2019 г.;

— совершенствование общей инфраструктуры и методов работы ОИЯИ с тем, чтобы сделать комплекс NICA привлекательным для внешних пользователей, приезжающих коллег и гостей по примеру крупных международных исследовательских центров;

— активизация межлабораторного сотрудничества в ОИЯИ;

— развитие международного сотрудничества вокруг крупных проектов, реализуемых на базе ОИЯИ, таких как VM@N, MPD, SPD и «Байкал»;

— установление приоритетов для участия в сторонних проектах с учетом научной значимости текущих научно-исследовательских программ, наращивание достигнутых успехов и укрепление роли и влияния групп ОИЯИ, участвующих в этих программах.

Ученый совет согласен с ПКК по ядерной физике в том, что программа Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. в области ядерной физики должна базироваться на следующих главных направлениях:

— сооружение и работа фабрики СТЭ;

— модернизация ИРЕН;

— расширение международного сотрудничества в экспериментах, реализуемых в ОИЯИ, в частности «Байкал», SHELS и АКУЛИНА-2;

— участие в неускорительных физических экспериментах и проекте СОМЕТ.

Относительно рекомендаций ПКК по физике конденсированных сред по новому семилетнему плану Ученый совет проинформирован о детальных письменных комментариях, поступивших в дирекцию ОИЯИ от членов ПКК. Ученый совет одобрил инициативу ПКК о включении в план дополнительного раздела, содержащего краткий SWOT-анализ (сильные и слабые стороны, возможности и риски) нового семилетнего плана на основе результатов выполнения предыдущего, а также информации о семилетней стратегии ОИЯИ, касающейся инновационных и прикладных исследований. В отношении установок ИБР-2 для исследования конденсированных сред Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о необходимости разработать как минимум генеральную линию исследований, планируемых по завершении модернизации и создания новых спектрометров.

Ученый совет одобрил предложения ПКК, нацеленные на повышение значимости присутствия ОИЯИ на международной арене и его имиджа в последующий семилетний период. В частности, Ученый совет согласился с идеей организовывать выездные конференции в Европе по основным научным направлениям ОИЯИ, подчеркнув важность дальнейшей активной поддержки международного сотрудничества.

Ученый совет рекомендовал дирекции ОИЯИ определить приоритеты участия в международных проектах с учетом их научной значимости и вклада ОИЯИ.

Другие вопросы. Ученый совет отметил, что в ряде лабораторий Института с использованием базовых установок ОИЯИ на протяжении многих лет проводятся медико-биологические исследования, которые касаются фундаментальных вопросов молекулярной биологии, генетики, физиологии, астробио-

логии, использования ускоренных заряженных частиц в терапии раковых заболеваний. Ход выполнения этих исследований и предложения по новым проектам до сих пор в основном рассматривались на сессиях ПКК по физике конденсированных сред. Учитывая высокую научную и социальную значимость проводимых в ОИЯИ медико-биологических исследований, с целью их лучшей координации, планирования и международной экспертизы Ученый совет рекомендовал дирекции ОИЯИ создать Программно-консультативный комитет по ядерным методам в биологии и медицине.

Доклады молодых ученых. Ученый совет с одобрением заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Электроника считывания для ТРС MPD/NICA», «Энергетическая зависимость массовых, зарядовых, изотопических распределений и полной кинетической энергии осколков деления ^{235}U и ^{239}Pu нейтронами», «Использование пучка позитронов для исследования радиационных повреждений, индуцированных быстрыми тяжелыми ионами в палладии», и поблагодарил докладчиков: С. В. Верещагина (ЛФВЭ), Х. Паску (ЛТФ) и П. Хородека (ЛЯП). Ученый совет будет приветствовать подобные доклады в дальнейшем.

Рекомендация по среднесрочному и долгосрочному планированию. Ученый совет рекомендовал дирекции Института рассмотреть основу для разработки в ОИЯИ «дорожной карты» на среднесрочную и долгосрочную перспективу, встроенной в глобальный контекст международной науки.

О составах ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет вновь назначил В. Канцера председателем ПКК по физике конденсированных сред и И. Церруя председателем ПКК по физике частиц сроком на три года.

Ученый совет назначил М. Левитовича (GANIL, Кан, Франция) в состав ПКК по ядерной физике и С. С. Нагайцева (FNAL, Батавия, США) в состав ПКК по физике частиц сроком на три года.

Ученый совет выразил благодарность О. Циммеру за успешную работу, проделанную в качестве члена ПКК по ядерной физике.

Научные доклады. Ученый совет высоко оценил научные доклады «Пределы масс атомов и ядер» и «Нейтрино в Фермилабе» — международная программа с самого начала» и поблагодарил профессоров Ю. Ц. Оганесяна и Н. Локиера за превосходные выступления.

Награды и премии. Ученый совет поздравил профессоров Ю. Ц. Оганесяна (Россия), Дж. Хубуа (Грузия) и Х. Штёкера (Германия) с вручением дипломов «Почетный доктор ОИЯИ» за выдающийся вклад в развитие науки и подготовку молодых ученых.

Ученый совет поздравил директора Института В. А. Матвеева и вице-директора М. Г. Иткиса с награждением медалями Института ядерной физики им. Г. Неводничанского Польской академии наук (ИЯФ ПАН) за большой вклад в научное сотрудничество между ОИЯИ и ИЯФ ПАН и его постоянную поддержку. Награды на сессии были вручены директором этого института М. Ежабеком.

Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении премии им. Б. М. Понтекорво профессору Дж. Беллини (INFN и Миланский университет, Италия) за выдающийся вклад в развитие новых методов регистрации нейтрино низких энергий, реализованных в детекторе «Borexino», и важные результаты, полученные в этом эксперименте по регистрации солнечных и геонейтрино.

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

Объявление вакансий в дирекциях лабораторий ОИЯИ. Ученый совет объявил вакансии на должности директоров Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова и Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Выборы на эти должности состоятся на 121-й сессии Ученого совета.

22–23 сентября состоялась 120-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 (апрель 2016 г.), выполнение рекомендаций 119-й сессии Ученого совета (февраль 2016 г.), статус приоритетных проектов ОИЯИ, последние результаты научной деятельности, международное сотрудничество, а также некоторые организационные вопросы.

Главный ученый секретарь ОИЯИ Н. А. Русакович представил информацию о подготовке окончательного проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Ученый совет также заслушал доклады директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «О ходе работ по проекту NICA» и директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «Статус и перспективы фабрики сверхтяжелых элементов».

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили: А. П. Чеплаков (ПКК по физике частиц), Ф. Пикмаль (ПКК по ядерной физике), О. В. Белов (ПКК по физике конденсированных сред).

Ученый совет заслушал научные доклады «Последние результаты, полученные в эксперименте ALICE, и планы модернизации детектора», представленный профессором П. Джубеллино, и «Ядерная планетология: космические эксперименты и резуль-

таты исследований», представленный профессором И. Г. Митрофановым, а также лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

В. А. Матвеев представил предложение дирекции о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ». Состоялось вручение премии им. Б. М. Понтекорво, а также дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2015 г.

Общие положения резолюции. Ученый совет поздравил дирекцию ОИЯИ с подписанием Соглашения с Правительством Российской Федерации о целевой поддержке Российской Федерацией строительства и эксплуатации комплекса NICA как международного мегапроекта, реализуемого на территории России.

Ученый совет поздравил Институт с международным признанием открытия новых сверхтяжелых элементов, которые предложено назвать «московий» и «оганесон».

Ученый совет поздравил академика РАН В. А. Матвеева с избранием на должность директора Объединенного института ядерных исследований на новый пятилетний срок и пожелал ему больших успехов в руководстве международным научным центром и разработке эффективной стратегии его устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

Рекомендации по проекту Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 г. Ученый совет принял к сведению окончательный проект Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 г., представленный главным ученым секретарем Института Н. А. Русаковичем. Ученый совет отметил, что план хорошо сбалансирован и четко отражает уникальность Института как многопрофильного научно-исследовательского центра, и одобрил предпринимаемые усилия, направленные на интеграцию новых и модернизированных существующих установок (NICA, фабрика СТЭ, «Байкал-ГВД», ИБР-2) в европейскую и мировую инфраструктуру. Ученый совет рекомендовал Финансовому комитету и Комитету полномочных представителей ОИЯИ утвердить представленный план с учетом его ежегодного обновления в зависимости от реальной ситуации.

Ученый совет подчеркнул, что привлечение и обучение молодых кадров, особенно для эксплуатации фабрики СТЭ и комплекса NICA, является чрезвычайно важным, и рекомендовал дирекции ОИЯИ принять все необходимые меры в этом направлении.

Рекомендации по проекту NICA. Приняв к сведению доклад директора ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе «О ходе работ по проекту NICA», Ученый совет с удовлетворением отметил динамичные и всесторонние усилия, предпринимаемые по флагманскому проекту ОИЯИ.

Высоко оценив прогресс в развитии ускорительного комплекса нуклотрон–NICA, в том числе ввод в эксплуатацию нового форинжектора линейного ускорителя ЛУ-20, работы по монтажу и тестированию линейного ускорителя NPLac, испытания но-

вого источника поляризованных частиц, Ученый совет в то же время выразил озабоченность в связи с задержкой в производстве сверхпроводящих магнитов и рекомендовал активизировать работы по ее устранению.

Ученый совет отметил усилия коллаборации VM@N по тестированию и вводу в эксплуатацию новых детекторных подсистем, в частности трековых детекторов, созданных по технологии GEM, а также приветствовал подписание меморандума об участии группы CBM STS в создании четырех широкоапертурных кремниевых станций для детектора VM@N.

Ученый совет приветствовал подписание коллаборацией MPD соглашения с представителями КНР о возможности размещения в этой стране заказа на изготовление модулей электромагнитного калориметра. Ученый совет оценил ход выполнения контрактов по созданию сверхпроводящего магнита установки MPD, а также поздравил руководство коллаборации с обеспечением успешного хода работ по этому важнейшему объекту.

Рекомендации по фабрике СТЭ. По докладу директора ЛЯР С. Н. Дмитриева «Статус и перспективы фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ)» Ученый совет одобрил высокий темп строительства экспериментального корпуса фабрики и начало монтажных работ по циклотрону ДЦ-280 в соответствии с предложенным дирекцией ЛЯР планом-графиком монтажа и запуска циклотрона. Ученый совет поддержал программу первых экспериментов на фабрике СТЭ, планируемых на 2018–2019 г.

Ученый совет рекомендовал дирекции ОИЯИ и ЛЯР уделить особое внимание своевременному завершению создания фабрики СТЭ, монтажу и вводу в эксплуатацию ускорителя ДЦ-280 и физических установок (газонаполненного сепаратора и пресепалятора для химических исследований) для проведения первых экспериментов на фабрике.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в июне–июле 2016 г., и предложил дирекции ОИЯИ учесть эти рекомендации при подготовке Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2017 г.

По физике частиц. Ученый совет вместе с ПКК по физике частиц выразил удовлетворение подписанием указанного выше Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о целевом вкладе Российской Федерации в мегапроект NICA, а также Протокола между Министерством образования и науки РФ, Министерством образования и технологий КНР, Китайской академией наук и ОИЯИ о перспективах сотрудничества в рамках мегапроекта NICA (сверхпроводящие системы, электромаг-

нитный калориметр, времяпролетные системы и теоретические исследования). Это важные шаги, которые усилят международный статус проекта NICA и обеспечат дополнительные гарантии его своевременного выполнения в 2020 г.

Ученый совет одобрил успехи в реализации проекта «Нуклотрон–NICA» и предпринятые усилия по модернизации ключевых подсистем, в том числе энергоснабжения, криогеники и системы водоохлаждения, а также приветствовал успешный запуск криогенного комплекса NICA — самого крупного в России ожижителя гелия с производительностью до 1100 литров в час. Ученый совет отметил, что создание производственного участка для изготовления и тестирования сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса NICA близко к завершению.

Ученый совет высоко оценил важность экспериментальной программы с использованием пучков нуклотрона, в частности технических сеансов, предназначенных для отладки и ввода в эксплуатацию основных подсистем установки VM@N.

Ученый совет вместе с ПКК вновь подчеркнул необходимость привлечения молодых сотрудников и новых сторонних групп для реализации проекта MPD.

Ученый совет поддержал рекомендации об одобрении новых проектов и продолжении текущих научных работ по физике частиц во временных рамках, предложенных в материалах ПКК.

По ядерной физике. Ученый совет отметил важность работ по развитию установки ИРЕН и экспериментов, выполненных на ней. Ученый совет высоко оценил достижения ученых ЛНФ в исследовании фундаментальной симметрии с поляризованными холодными нейтронами и фундаментальных свойств нейтрона с использованием ультрахолодных нейтронов, а также достижения по измерениям, связанным с ядерными данными. Ученый совет поддержал открытие новой темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» для продолжения научных исследований по ядерной физике с использованием нейтронных установок ЛНФ (ИРЕН, ИБР-2, ЭГ-5), а также отметил, что дирекции ЛНФ следует сконцентрироваться на доведении установки ИРЕН до проектных параметров пучков с тем, чтобы осуществить предлагаемую исследовательскую программу лаборатории в период 2017–2019 гг.

С удовлетворением отметив полученные в ЛЯР научные результаты по синтезу новых элементов и изучению реакций с пучками стабильных и радиоактивных нуклидов, Ученый совет поддержал открытие новой темы «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности» на следующие пять лет с основными направлениями исследований: синтез новых сверхтяжелых элементов; α -, β -, γ -спектроскопия тяжелых и сверхтяжелых нуклидов и изучение их химических

свойств; изучение реакций с пучками стабильных и радиоактивных нуклидов, приводящих к образованию в различных каналах реакций легких и тяжелых экзотических ядер; исследование структуры экзотических ядер вблизи и за границей нуклонной стабильности.

Ученый совет отметил высокий уровень результатов, полученных в ЛЯР, по совершенствованию ускорительной техники и экспериментальных установок, включая разработку и создание нового сверхточного ускорителя ДЦ-280, сооружение здания фабрики СТЭ, а также новых физических установок (DGFRS-II, SHELS, АКУЛИНА-2). Ученый совет поддержал открытие новой темы «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» на следующие пять лет; ее основными задачами являются завершение создания и запуск фабрики СТЭ, модернизация циклотрона У-400М, разработка и создание новых физических экспериментальных установок длительного действия.

По физике конденсированных сред. Ученый совет высоко оценил прогресс в создании комплекса криогенных замедлителей ИБР-2, позволяющих существенно повысить поток холодных нейтронов и выполнять актуальные физические исследования на уровне лидирующих нейтронных источников. Ученый совет согласен с мнением членов ПКК по физике конденсированных сред о необходимости изготовить резервный подвижной отражатель для реактора в сроки до 2019 г. с целью обеспечения гарантированной непрерывной работы ИБР-2 до завершения срока эксплуатации. Ученый совет поддержал предпринимаемые ЛНФ шаги по обеспечению безопасной эксплуатации реактора, мониторингу, диагностике и прогнозированию его состояния.

Ученый совет одобрил намерение ЛНФ определить концепцию нейтронного источника ОИЯИ после 2032 г., которая может включать в себя использование существующей установки или создание новой.

Приняв к сведению рекомендации ПКК о состоянии исследований методами неупругого рассеяния нейтронов на ИБР-2, Ученый совет с удовлетворением отметил постоянный интерес к использованию спектрометра НЕРА и призвал команду ЛНФ приложить более существенные усилия для привлечения пользователей на установку ДИН-2ПИ.

Ученый совет отметил новые научные результаты, достигнутые в области медико-биологических исследований на адронных пучках ОИЯИ, радиационно-физических, радиохимических и нанотехнологических исследований на пучках тяжелых ионов, а также в области астробиологии.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК о продлении текущих тем и проектов по физике конденсированных сред и открытии новых на периоды, предложенные в материалах ПКК.

Общие вопросы. Ученый совет поддержал рекомендации, принятые ПКК по физике частиц и ядерной физике, о продлении темы «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» до конца 2019 г. и об открытии в рамках темы проекта по созданию в ОИЯИ многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) (включая центр уровня Tier-1, связанный с ЦЕРН). Ученый совет подчеркнул важность дальнейшего развития информационных технологий в рамках проекта МИВК, нацеленного на совершенствование телекоммуникационной и сетевой инфраструктуры ОИЯИ, наращивания вычислительных мощностей систем хранения, обработки и анализа данных, а также развития в дальнейшем гетерогенной и облачной составляющих комплекса для поддержки широкого спектра научных исследований в различных областях, проводимых в ОИЯИ и странах-участницах на мировом уровне.

Вопросы, касающиеся проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Ученый совет отметил общую поддержку со стороны программно-консультативных комитетов второй редакции проекта семилетнего плана, представленной по соответствующим направлениям вице-директорами Р. Ледницким и М. Г. Иткисом, и привел некоторые из сделанных заключений:

— ПКК по физике частиц с удовлетворением отметил, что предложенные им критерии для разработки нового семилетнего плана ОИЯИ в области физики частиц были приняты дирекцией ОИЯИ для общего руководства;

— ПКК по ядерной физике поздравил дирекцию ОИЯИ с высоким качеством представленного проекта, отражающего превосходные научные исследования, проводимые в этом международном центре;

— ПКК по физике конденсированных сред одобрил поправки, внесенные в главу «Физика конденсированных сред», по радиобиологическим и астробиологическим исследованиям и добавление двух новых глав «Введение» и «Развитие инженерной инфраструктуры». Относительно семилетнего плана в целом ПКК выразил мнение, что план должен обладать гибкостью, позволяющей включать новые проекты.

Ученый совет поблагодарил программно-консультативные комитеты за всестороннее обсуждение проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ, за важные замечания и предложения.

Другие вопросы. Ученый совет одобрил подготовку дирекцией ОИЯИ при участии ПКК обновленного Положения о программно-консультативных комитетах ОИЯИ, а также методов оценки проектов, представляемых на рассмотрение ПКК, и ожидает получить окончательную редакцию положения для утверждения на следующей сессии.

Ссылаясь на свою предыдущую рекомендацию,

Ученый совет одобрил подготовительные шаги, принимаемые дирекцией ОИЯИ, по созданию ПКК по ядерным методам в биологии и медицине.

Доклады молодых ученых. Ученый совет заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Влияние среды на нейтринные осцилляции в эксперименте NO ν A», «Антропогенное влияние на прибрежный фитопланктон, исследуемое с помощью нейтронного активационного анализа», «Анализ данных малоуглового синхротронного рентгеновского рассеяния на везикулярных системах с использованием метода асинхронной дифференциальной эволюции», и поблагодарил докладчиков: Л. Д. Колупаеву (ЛЯП), П. С. Нехорошкова (ЛНФ) и Е. И. Жабицкую (ЛИТ).

О составах ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ Ученый совет назначил Н. Карджилова (HZB ME, Берлин, Германия) в состав ПКК по физике конденсированных сред. Ученый совет выразил благодарность Э. Бурзо за успешную работу, проделанную в качестве члена этого ПКК.

Научные доклады. Ученый совет заслушал научные доклады «Последние результаты, полученные в эксперименте ALICE, и планы модернизации детектора» и «Ядерная планетология: космические эксперименты и результаты исследований» и поблагодарил профессоров П. Джубеллино и И. Г. Митрофанова за превосходные выступления.

Награды и премии. Ученый совет одобрил предложение дирекции ОИЯИ о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ» профессору Ф. Дидаку (Австрия) за выдающийся вклад в развитие науки и в подготовку молодых ученых.

Ученый совет утвердил решение жюри о присуждении премии им. В. П. Желепова профессору Ю. А. Будагову (ОИЯИ) за разработку и создание уникальной лазерной метрологической системы для измерения угловых колебаний земной поверхности.

Ученый совет поздравил профессора Дж. Беллини (INFN и Миланский университет, Италия) с присуждением премии им. Б. М. Понтекорво за выдающийся вклад в развитие новых методов регистрации нейтрино низких энергий, реализованных в детекторе «Vogelino», и поблагодарил его за превосходный научный доклад «Влияние результатов эксперимента «Vogelino» на физику нейтрино и физику Солнца».

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

Выборы директора ЛЯР. Ученый совет согласился с предложением директора ОИЯИ В. А. Матвеева перенести выборы директора Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова на

полтора-два года. Окончательное решение по новой дате выборов будет принято на 122-й сессии Ученого совета в сентябре 2017 г.

Памяти ученых. Ученый совет выразил глубокую скорбь в связи с кончиной профессора Н. Джо-

кариса (Греция) и профессора Н. М. Шумейко (Белоруссия), членов Ученого совета в 2008–2016 и 1992–2016 гг. соответственно, которые внесли выдающийся вклад в развитие ОИЯИ и его международного сотрудничества.

ЗАСЕДАНИЯ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

Заседание Финансового комитета состоялось 1–2 апреля под председательством представителя Российской Федерации М. Ю. Алашкевича.

Финансовый комитет, заслушав доклад директора Института В. А. Матвеева «О результатах деятельности ОИЯИ в 2015 г. О планах научно-исследовательской деятельности ОИЯИ на 2016 г.», дал высокую оценку научным результатам, полученным международным коллективом ОИЯИ в 2015 г., а также отметил, что в условиях сложной финансово-экономической ситуации в 2015 г. при исполнении бюджета реализация научных проектов Института осуществлялась в соответствии с приоритетами, установленными рекомендациями Ученого совета и решениями КПП.

Финансовый комитет заслушал доклад главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2015 г.» и рекомендовал КПП принять к сведению информацию об исполнении бюджета ОИЯИ за 2015 г.

В связи с приостановлением членства в ОИЯИ Корейской Народно-Демократической Республики и Республики Узбекистан Финансовый комитет рекомендовал КПП с 2016 г. учитывать в доходах бюджета ОИЯИ взносы КНДР и Республики Узбекистан в соответствии с утвержденной КПП методикой расчета взносов; установить, что с 2016 г. взносы КНДР и Республики Узбекистан, включенные в состав доходов бюджета ОИЯИ, не увеличивают задолженности этих государств, зафиксированные по состоянию на 31 декабря 2015 г.; компенсировать в 2016 г. дефицит бюджета ОИЯИ за счет прочих доходов и поступлений бюджета ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП зафиксировать по состоянию на 31 декабря 2015 г. задолженность КНДР по уплате взноса в бюджет ОИЯИ в размере: текущая задолженность — 2 659,1 тыс. долларов США, реструктуризированная задолженность — 679,2 тыс. долларов США и задолженность за 2002–2003 гг. — 102,8 тыс. долларов США; задолженность Республики Узбекистан по уплате взноса в бюджет ОИЯИ в размере: текущая задолженность — 5 582,2 тыс. долларов США, реструктуризированная задолженность — 1 081,8 тыс. долларов США и задолженность за 2002–2003 гг. — 1 051,7 тыс. долларов США.

По докладу вице-директора Института Р. Ледницкого «О выборе аудиторской фирмы по проведению проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2015 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить ООО АК «Корсаков и Партнеры» (Москва) аудитором ОИЯИ на 2015 г. и уполномочить ее провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период, а также утвердить план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2015 г., представленный дирекцией ОИЯИ.

По докладу главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «Анализ текущих результатов выполнения Семилетнего плана развития ОИЯИ за 2010–2016 гг.» Финансовый комитет отметил, что финансирование приоритетных проектов в основном осуществляется в соответствии с утвержденными графиками, предложил дополнить отчет сводной информацией статистического характера, отражающей основные результаты научной деятельности ОИЯИ за семилетний период, и издать его в виде отдельной брошюры.

По докладу помощника директора Института по инновационному развитию А. В. Рузаева «О нормативных документах, регулирующих финансовую деятельность ОИЯИ» Финансовый комитет рекомендовал доработать «Финансовые правила ОИЯИ» ввиду замечаний и предложений, высказанных членами Финансового комитета, и внести их на рассмотрение ФК и КПП в ноябре 2016 г.

По докладу главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «Вопросы по совершенствованию финансово-хозяйственной деятельности ОИЯИ», отмеченные аудиторами и находящиеся в компетенции ФК и КПП» Финансовый комитет рекомендовал КПП согласиться с предложениями дирекции ОИЯИ по совершенствованию методики и форм отчетности об исполнении бюджета ОИЯИ: добавлением новой формы отчета об исполнении бюджета ОИЯИ по доходам и расходам и формы о движении денежных средств; составлением отчета о фактическом исполнении бюджета по кассовому методу; пересчетом показателей исполнения бюджета ОИЯИ в доллары США.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции ОИЯИ продолжить работу по разработке предложений, касающихся вопросов со-

вершенствования структуры бюджета ОИЯИ, методики составления бухгалтерского баланса в долларах США, развития автоматизированных систем для бухгалтерского и управленческого учета, анализа деятельности хозрасчетных подразделений ОИЯИ.

По докладу главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «Об урегулировании задолженности государств-членов ОИЯИ, возникшей в 2002–2003 гг.» Финансовый комитет рекомендовал КПП согласиться с предложением дирекции Института по реструктуризации задолженности правительств государств-членов, возникшей в 2002–2003 гг., по аналогии с «Программой реструктуризации задолженностей и реформирования системы расчета и уплаты взносов государств-членов ОИЯИ на 2004–2010 гг.», а также поручить дирекции ОИЯИ провести консультации с полномочными представителями правительств государств-членов (Азербайджан, Грузия, Монголия, Украина) о реструктуризации их задолженности по уплате взносов за 2002–2003 гг. в соответствии с предложенной дирекцией ОИЯИ методикой по индивидуальному графику, утверждаемому Финансовым комитетом.

По докладу главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О выработке рекомендаций и предложений по обращениям полномочного представителя Правительства Республики Куба о задолженности по уплате взносов Республикой Куба в бюджет ОИЯИ» Финансовый комитет рекомендовал КПП установить объем взноса Республики Куба в бюджет ОИЯИ на 2016 г. в размере 45,0 тыс. долларов США; списать задолженность Республики Куба по уплате взносов в бюджет ОИЯИ, накопившуюся до 2015 г. включительно, в том числе в период до 2012 г., в связи с отсутствием реального участия Республики Куба в деятельности ОИЯИ. В последующие годы исчислять объем взноса Республики Куба в бюджет ОИЯИ в соответствии с методикой, утвержденной на сессии КПП в ноябре 2015 г.

По докладу председателя рабочей группы С. Харизановой «Об итогах заседания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 10–11 марта 2016 г.» Финансовый комитет принял к сведению рекомендации рабочей группы.

Финансовый комитет поблагодарил заместителя директора ЛЯП Д. В. Наумова за интересный и содержательный доклад «Эксперимент “Байкал”».

Заседание Финансового комитета состоялось 18–19 ноября в Кракове (Польша) под председательством представителя Российской Федерации А. В. Зарубина.

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института В. А. Матвеева «О планах научно-исследовательской деятельности и приоритетах бюджетной политики ОИЯИ в 2017 г. Об основных направлениях стратегического развития Института

на 2017–2023 гг.», принял к сведению рекомендации 120-й сессии Ученого совета ОИЯИ, информацию дирекции ОИЯИ по выполнению заданий семилетнего плана, рекомендаций Финансового комитета и решений КПП (март 2016 г.), а также предварительные итоги выполнения плана научно-исследовательских работ и международного научного сотрудничества в 2016 г.

Финансовый комитет одобрил подписание Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA от 2 июня 2016 г., а также разработанные документы «Положение о реализации проектов создания крупных международных научных установок класса мегасайенс в ОИЯИ» и «Положение о наблюдательном совете проекта комплекса NICA».

Заслушав доклад главного ученого секретаря Института Н. А. Русаковича «О Семилетнем плане развития ОИЯИ на 2017–2023 гг.», Финансовый комитет одобрил представленный план и рекомендовал его для утверждения КПП. Финансовый комитет отметил, что проект бюджетного плана ОИЯИ на 2017–2023 гг. обеспечивает выполнение плана развития Института на очередной семилетний период, включая развитие научно-экспериментальной базы ОИЯИ, инженерной и социальной инфраструктуры, конкурентоспособный уровень оплаты труда персонала.

По докладу главного бухгалтера Института С. Н. Доценко «О проекте бюджета ОИЯИ на 2017 г., о проекте взносов государств-членов ОИЯИ на 2018, 2019, 2020 гг.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет ОИЯИ на 2017 г. с общей суммой расходов 206,32 млн долларов США, шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2017 г.

Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить взносы государств-членов ОИЯИ на 2017 г. и выплату задолженности государств-членов в 2017 г. в бюджет ОИЯИ.

Финансовый комитет определил ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2018 г. в сумме 205,98 млн долларов США, на 2019 г. в сумме 205,81 млн долларов США и на 2020 г. в сумме 208,76 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2018, 2019 и 2020 гг.

По докладу главного бухгалтера Агентства ядерного регулирования Республики Болгарии С. Харизановой «Об итогах заседания рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ от 11–15 октября 2016 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить «Финансовые правила ОИЯИ» с учетом того, что проект бюджета ОИЯИ на очередной финансовый год представляется на рассмотрение в государства-члены ОИЯИ не позднее 1 октября текущего финансового года.

Финансовый комитет принял также ряд решений по совершенствованию финансовой отчетности и отчетности по исполнению бюджета ОИЯИ. Финансовый комитет утвердил графики выплат реструктуризированной задолженности государственных (Азербайджанской Республики, Грузии, Монголии) по уплате взносов за 2002–2003 гг. в бюджет ОИЯИ.

Заслушав информацию дирекции ОИЯИ «О текущей ситуации по уплате взносов государствами-членами ОИЯИ в бюджет Института», Финансовый комитет обратился к полномочным представителям правительств государств-членов Института, имеющих задолженности по взносам, принять срочные меры по их уплате.

По докладу директора аудиторской компании «Корсаков и Партнеры» Д. А. Корсакова «Об ито-

гах аудиторской проверки финансовой деятельности Института за 2015 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бухгалтерский отчет и аудиторское заключение по итогам проведения проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2015 г.; принять к сведению план мероприятий по аудиторской проверке финансовой деятельности ОИЯИ за 2015 г. и поручить дирекции ОИЯИ подготовить к сессии КПП (март 2017 г.) комментарии к аудиторскому заключению.

Финансовый комитет с интересом заслушал доклады «Тенденции развития распределенных вычислений и аналитики больших данных», представленный директором ЛИТ В. В. Кореньковым, и «Молодежь ОИЯИ», представленный старшим научным сотрудником ЛЯР, председателем ОМУС ОИЯИ В. Худобой.

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

43-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 20–22 января под председательством профессора Ф. Пикмалья.

Председатель сессии ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki проинформировал ПКК о резолюции 118-й сессии Ученого совета (Дубна, сентябрь 2015 г.) и решениях Комитета полномочных представителей (Минск, Белоруссия, ноябрь 2015 г.).

ПКК заслушал отчеты по теме «Исследования в области нейтронной ядерной физики» и входящим в нее проектам, представленные В. Н. Швецовым, Ю. Н. Копачем и М. В. Фронтасевой. ПКК высоко оценил результаты экспериментов по физике ультрахолодных нейтронов и исследованию ядерных реакций с холодными поляризованными нейтронами, ожидая продолжения этих экспериментов в сотрудничестве с другими ведущими лабораториями, а также отметил высокий уровень работ по нейтронно-активационному анализу с включением в него новых разработок и поддержал практику привлечения к этим работам молодых исследователей из разных регионов мира.

ПКК рекомендовал ЛНФ представить детальный отчет по завершению темы и предложения по дальнейшим исследованиям в новом семилетнем плане в рамках новой темы с включением в нее текущих и новых проектов. ПКК рекомендовал ускорить ввод в эксплуатацию установки ИРЕН для создания возможностей проведения экспериментов в ОИЯИ по ядерной физике с нейтронами.

ПКК заслушал доклад А. В. Куликова о статусе эксперимента СОМЕТ, который представляет собой

одно из наиболее фундаментальных исследований несохранения лептонного числа при конверсии мюона в электрон, отметил значительный прогресс в реализации эксперимента и поддержал продолжение участия в нем сотрудников ОИЯИ.

ПКК заслушал отчет по теме «Синтез и свойства ядер на границах стабильности», представленный руководителем темы М. Г. Иткисом и руководителями проектов «Фильтр скоростей SHELS» и «Фрагмент-сепаратор АКУЛИНА-2» А. В. Ереминым и А. С. Фомичевым. ПКК отметил высокий уровень исследований, позволяющий ЛЯР сохранять лидирующие позиции в области физики тяжелых ионов.

В связи с сооружением ускорительного комплекса «Фабрика сверхтяжелых элементов (СТЭ)» ПКК с интересом заслушал доклад Ю. Ц. Оганесяна о возможных путях синтеза новых сверхтяжелых ядер, отметив, что реакции слияния с вылетом заряженных частиц и неполного слияния очень тяжелых налетающих ядер могут стать перспективными направлениями получения самых тяжелых и нейтронообогащенных изотопов СТЭ на новой фабрике.

ПКК подчеркнул особую важность решения IUPAC о признании открытия элементов 113, 115, 117 и 118, являющегося результатом многолетних исследований. ПКК был также проинформирован, что приоритет в открытии элементов 115, 117 отдан коллаборации ОИЯИ – Ливерморская национальная лаборатория и Окриджская национальная лаборатория, а 118-го элемента — коллаборации ОИЯИ – Ливерморская национальная лаборатория. ПКК поздравил ОИЯИ с этим важным событием.

ПКК отметил важность запланированных в ЛЯР экспериментов по синтезу новых изотопов 118-го элемента.

ПКК одобрил результаты первых экспериментов на установке SHELS и темпы сооружения нового фрагмент-сепаратора АКУЛИНА-2, выразив надежду на завершение этих работ в 2016 г.

В соответствии с рекомендациями предыдущей сессии ПКК по ядерной физике С. Н. Дмитриев представил детальный календарный план реализации Семилетней программы развития ЛЯР на 2017–2023 гг. ПКК рекомендовал принять скорректированный план-график и обратить особое внимание на создание установок нового поколения для фабрики СТЭ.

Заслушав доклад М. Г. Иткиса «Основные направления исследований в области ядерной физики в 2017–2023 гг.», ПКК поддержал предложенную программу, которая базируется на следующих важных направлениях, включенных в новый семилетний план:

- сооружение и работа фабрики СТЭ;
- модернизация ИРЕН;
- расширение международного сотрудничества в экспериментах, реализуемых в ОИЯИ, в частности «Байкал», SHELS и АКУЛИНА-2;
- участие в неускорительных физических экспериментах и проекте СОМЕТ.

ПКК заслушал научные доклады В. Н. Швецова «Исследование состава небесных тел методами нейтронной и гамма-спектроскопии» и М. Гайдарова «Описание упругого рассеяния и реакций развала легких экзотических ядер с помощью микроскопического оптического потенциала».

ПКК ознакомился с презентациями новых научных результатов и проектов, представленными молодыми учеными, и выделил три лучших постера: «Энергетическая зависимость массовых, зарядовых, изотопических распределений и полной кинетической энергии осколков деления ^{235}U и ^{239}Pu нейтронами» (Х. Паска), «Анизотропное квантовое рассеяние в плоскости» (Е. А. Коваль и О. А. Коваль) и «Разработка проекта сверхпроводящего изохронного циклотрона SC200, предназначенного для протонной терапии» (О. В. Карамышев). Доклад Х. Паски был рекомендован для представления на сессии Ученого совета в феврале 2016 г.

43-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 28–29 января под председательством профессора В. Канцера.

Председатель ПКК представил нового члена Д. Сангаа и сделал обзор доклада, заслушанного на сессии Ученого совета ОИЯИ в сентябре 2015 г., о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК.

Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 118-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2015 г.) и о решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (ноябрь 2015 г.).

ПКК рассмотрел отчеты о ходе работ в рамках текущих тем. Заслушав подробный отчет по темам «Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии» и «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов», ПКК одобрил основные научные результаты, полученные в области исследований конденсированных сред и развития инструментальной базы ИБР-2 в 2015 г. ПКК с удовлетворением отметил стабильную работу ИЯУ ИБР-2 при мощности 2 МВт, что позволяет выполнять эксперименты на выведенных пучках реактора в соответствии с планом, и подчеркнул важность дальнейшего развития комплекса криогенных замедлителей нейтронов на каналах 1, 4–6, 9 реактора. ПКК отметил высокую научную значимость результатов, полученных на спектрометрах ИБР-2, их междисциплинарный характер, а также важность достигнутого в развитии инструментальной базы прогресса для расширения исследовательской программы, совершенствования качества проводимых экспериментов и привлечения новых пользователей спектрометров ИБР-2. ПКК рекомендовал дальнейшее развитие пользовательской программы на спектрометрах ИБР-2, подчеркнув важность сбора научных отчетов об экспериментах и предоставления экспертам доступа к ним, а также рекомендовал пользовательскому комитету выбирать наиболее значимые из предложений и представлять их на сессиях ПКК.

Заслушав доклад по теме «Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования конденсированных сред», ПКК с удовлетворением отметил ввод в действие поляризационно-чувствительной КАРС-микроскопии на платформе и первые результаты экспериментов по поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии.

Рассмотрев отчет о ходе выполнения программы работ по теме «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий», ПКК подчеркнул многогранность представленных научных направлений, высокий уровень исследований, проводимых в ЛРБ, и важность использования научно-технического потенциала ОИЯИ для решения теоретических и прикладных задач в области радиационной биологии и радиационной генетики, космической радиобиологии, применения ядерно-физических методов в исследованиях небесных тел.

Заслушав предложение о новом проекте «LEPТА: развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов», ПКК отметил важность развития в ОИЯИ метода позитронной аннигиляционной спектроскопии на обладающем уникальными параметрами позитронном инжекторе установки LEPТА. ПКК рекомендовал одобрить проект LEPТА для реализации в 2016–2017 гг.

и предложил ЛЯП разработать концепцию пользовательской политики в отношении этих исследований.

Заслушав доклад об основных направлениях исследований в области физики конденсированных сред в 2017–2023 гг., ПКК представил рекомендации по подготовке нового Семилетнего плана развития ОИЯИ. В частности, ПКК предложил дирекции ОИЯИ включить в план дополнительный раздел, содержащий краткий SWOT-анализ (сильные и слабые стороны, возможности и риски) нового плана на основе результатов выполнения предыдущего, информацию о семилетней стратегии ОИЯИ в отношении инновационных и прикладных исследований, а также рекомендовал обратить особое внимание на предложения стран-участниц в семилетний план. В целях повышения значимости присутствия ОИЯИ на международной арене в последующий семилетний период ПКК, в частности, предложил организовывать выездные конференции в Европе по основным научным направлениям Института и приглашать на эти мероприятия официальных представителей министерств соответствующих стран, отметив особую важность дальнейшей поддержки международного сотрудничества. В отношении установок ИБР-2 для исследования конденсированных сред ПКК призвал разработать как минимум генеральную линию исследований, планируемых по завершении модернизации и создания новых спектрометров. ПКК отметил, что план обновления существующих и создания новых установок должен включать четко обозначенные цели исследований и быть более сбалансированным в части распределения расходов между установками для исследований методами упругого и неупругого рассеяния нейтронов с учетом перспектив развития техники рассеяния нейтронов.

С удовлетворением отметил результаты международных конференций «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2» (11–15 октября 2015 г., Дубна), «Современные направления в радиобиологии и астробиологии. Молекулярные, генетические, клеточные и тканевые эффекты» (28–30 октября 2015 г., Дубна), а также 6-й Международной школы для молодых ученых и студентов «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок» (9–14 ноября 2015 г., Дубна), ПКК одобрил организацию этих совещаний в будущем.

ПКК с интересом заслушал научные доклады Р. Саладино «Первые данные о роли облучения формамида в присутствии метеоритов ионами ^{11}B в происхождении биомолекул» и В. И. Петренко «О влиянии наночастиц на структурную стабильность биологических макромолекул» и рекомендовал продолжить практику представления научных докладов на будущих сессиях.

Лучшим стендовым сообщением на данной сессии ПКК избрал работу «Использование пучка позитронов для исследования радиационных поврежде-

ний, индуцированных быстрыми тяжелыми ионами в палладии» П. Хородека. ПКК также отметил высокий уровень двух других работ: «Спонтанное повреждение ДНК сетчатки у мышей и адаптивный ответ сетчатки на воздействие протонов в низкой дозе» (Ю. В. Виноградова) и «Математическое моделирование репарации радиационно-индуцированных двуни-тевых разрывов ДНК в клетках млекопитающих и человека» (М. С. Панина).

45-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 20–21 июня под председательством профессора И. Церруя.

Вице-директор ОИЯИ Р. Ледниcki проинформировал ПКК о резолюции 119-й сессии Ученого совета Института (февраль 2016 г.) и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ (апрель 2016 г.). ПКК поблагодарил Р. Ледницкого за подробный доклад о подготовке Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. и с удовлетворением отметил, что предложенные комитетом критерии по разработке новой семилетки в области физики частиц были приняты Ученым советом для общего руководства.

ПКК поздравил дирекцию ОИЯИ и руководство ЛФВЭ с подписанием Соглашения между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ о целевом вкладе Российской Федерации в мегапроект NICA, гарантирующем его реализацию. ПКК приветствовал подписание Протокола между Министерством образования и науки РФ, Министерством образования и технологий КНР, Китайской академией наук и ОИЯИ о перспективах сотрудничества в рамках мегапроекта NICA (сверхпроводящие системы, электромагнитный калориметр, времяпролетные системы и теоретические исследования). Комитет считает, что эти важные шаги усилят международный статус проекта NICA и обеспечат дополнительные гарантии его своевременного осуществления в 2019 г.

ПКК с большим удовлетворением отметил успешное завершение работ по форинжектору на базе новой системы RFQ линейного ускорителя ЛУ-20 для нуклотрона и устойчивый прогресс в развитии инфраструктуры ОИЯИ. ПКК приветствовал успешный запуск криогенного комплекса NICA, самого крупного в России оживителя гелия с производительностью до 1100 литров в час, а также отметил, что создание производственного участка для изготовления и тестирования сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса NICA близко к завершению.

ПКК одобрил продолжающиеся усилия по завершению создания технических проектов главных подсистем детектора MPD. Вместе с тем ПКК вновь подчеркнул необходимость привлечения молодых сотрудников и новых сторонних групп для реализации проекта NICA/MPD. ПКК считает важным предоставить VM@N заявленное пучковое время на ну-

клотроне для проведения тестовых испытаний, с тем чтобы эксперимент вовремя стартовал, и обратился к участникам ВМ@N с просьбой определить ясные цели, позволяющие эффективно отслеживать этапы исполнения проекта.

ПКК принял к сведению новое предложение «Создание прецизионного магнитного спектрометра SKAN-3 и проведение исследований нуклонных степеней свободы в ядрах, нуклонных корреляций и ядерной фрагментации на внутренней мишени нуклотрона». Отметив высокую научную значимость и уникальность предлагаемых исследований, а также большой интерес стран-участниц ОИЯИ к проекту, ПКК рекомендовал одобрить этот проект до конца 2019 г.

ПКК с интересом рассмотрел новый проект развития многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) ОИЯИ, который охватывает развитие всех компонентов комплекса — от инженерной и сетевой инфраструктур до вычислительных компонентов различной архитектуры и систем хранения данных — и учитывает перспективы развития современной вычислительной техники и информационных технологий. Накопленный в ЛИТ опыт будет использоваться для развития компьютерной инфраструктуры мегапроекта NICA. Комитет рекомендовал одобрить выполнение проекта до конца 2019 г.

На закрытом совещании с дирекцией ОИЯИ прошло обсуждение проекта новых руководящих положений о программно-консультативных комитетах ОИЯИ и процедуры оценки проектов. Комитет был весьма удовлетворен значительными сдвигами, последовавшими за предыдущими обсуждениями данным ПКК с дирекцией и недавними предложениями, сделанными председателями ПКК по физике частиц и ПКК по физике конденсированных сред. Комитет поблагодарил дирекцию ОИЯИ за возможность высказать свои замечания по проектам прежде, чем документы будут одобрены.

ПКК заслушал научные доклады А. В. Сидорова «Внутренняя спиновая структура нуклона» и Н. В. Красникова «Эксперимент NA64 на SPS в ЦЕРН. Поиск темного сектора в событиях с недостающей энергией».

ПКК с интересом ознакомился со стендовыми сообщениями молодых ученых ЛЯП и ЛФВЭ. Отметив хорошее качество представленных результатов, комитет выбрал сообщение Л. Д. Колупаевой «Влияние среды на нейтринные осцилляции в эксперименте NO ν A» для доклада на сессии Ученого совета в сентябре 2016 г.

44-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 23–24 июня под председательством профессора Ф. Пикмалья.

Председатель сессии ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сес-

сии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 119-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

Заслушав отчет по теме «Исследования в области нейтронной ядерной физики» и предложение по открытию новой темы, ПКК высоко оценил полученные результаты, в частности, отметил важность работ по развитию ускорительной установки ИРЕН и выполненным экспериментам, достижения в исследовании фундаментальной симметрии с холодными нейтронами и в исследовании свойств нейтрона с использованием ультрахолодных поляризованных нейтронов, проведение измерений, связанных с ядерными данными.

ПКК рекомендовал одобрить открытие новой темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» до конца 2019 г. и предложил дирекции ЛНФ сконцентрировать усилия на доведении установки ИРЕН до проектных параметров пучков для реализации предлагаемой в новой теме исследовательской программы лаборатории.

ПКК заслушал отчет по теме «Физика легких мезонов», которая включает 3 проекта (COMET, GDH&SPASCHARM, SPRING) и 4 экспериментальных программы (MEG-PEN, ТРИТОН, МЮОН, PAINUC).

Ввиду прекращения работы COSY в области адронной физики предлагается изменить статус проекта SPRING: продолжение работ в рамках темы.

На фазотроне ЛЯП ОИЯИ успешно проведен сеанс измерений (эксперимент ТРИТОН), где впервые наблюдались два дополнительных выходных канала (e^+e^- и, весьма вероятно, 2γ), которые оставались не замеченными в прежних экспериментах. ПКК рекомендовал предусмотреть на фазотроне последний сеанс продолжительностью около 200 часов для завершения этого эксперимента.

ПКК предложил участникам экспериментов PEN и PAINUC представить окончательные доклады о полученных результатах, а также рекомендовал продолжить сотрудничество ОИЯИ в эксперименте MEG-II.

Целью проекта GDH&SPASCHARM является изучение спиновой структуры нуклона на микротроне MAMI в Майнце (GDH) и на синхротроне У-70 ИФВЭ в Протвино (SPASCHARM). В обеих экспериментальных программах используются поляризованные мишени с замороженной поляризацией. ПКК дал положительную оценку подготовке к проведению экспериментов в рамках проекта GDH&SPASCHARM и рекомендовал его продление до конца 2019 г.

ПКК в целом одобрил отчет по теме «Физика легких мезонов», однако отложил продление темы до ее детальной оценки на следующей сессии.

Заслушав отчет о научных результатах, полученных в исследованиях по теме «Синтез и свойства ядер на границах стабильности», и предложе-

ние по открытию новой темы «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности», ПКК рекомендовал одобрить открытие новой темы сроком на 5 лет, до конца 2021 г.

ПКК заслушал отчет по теме «Ускорительный комплекс пучков ионов стабильных и радиоактивных нуклидов (DRIBs-III)» и предложение по открытию новой темы «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)». ПКК рекомендовал одобрить открытие новой темы сроком на 5 лет, до конца 2021 г., поддержал предлагаемое усовершенствование циклотронов У-400М и У-400 и предложил дирекции ОИЯИ уделить особое внимание своевременному завершению создания фабрики СТЭ, монтажу и вводу в эксплуатацию ускорителя ДЦ-280 и физических установок для проведения первых экспериментов на фабрике СТЭ.

Заслушав отчет по теме «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ», а также предложение о ее продлении и открытии в ее рамках проекта по созданию многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК), ПКК рекомендовал продлить тему «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» до конца 2019 г. и открыть в рамках этой темы проект развития МИВК в ОИЯИ. ПКК подчеркнул необходимость информирования о работах, выполненных с использованием информационно-вычислительной инфраструктуры ЛИТ и с участием ее специалистов, и хотел бы видеть более четкие доказательства поддержки других лабораторий Института и стран-участниц ОИЯИ со стороны ЛИТ.

ПКК поддержал предлагаемые основные направления проекта Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. в области ядерной физики и рекомендовал дирекции ОИЯИ представить этот проект для окончательного рассмотрения Ученым советом на следующей сессии в сентябре 2016 г.

ПКК был проинформирован о поступивших предложениях по методам оценки тем и проектов программно-консультативными комитетами и о подготовке обновленного Положения о ПКК ОИЯИ.

ПКК заслушал научные доклады А. Ю. Муzychки «Источник УХН на выведенном пучке тепловых нейтронов» и В. В. Саргсяна «Заселение вращательных состояний тяжелых ядер, образующихся в реакциях полного слияния».

ПКК ознакомился с презентациями новых научных результатов и проектов, представленных молодыми учеными, и выделил три лучших постера: «Антропогенное влияние на прибрежный фитопланктон, исследуемое с помощью нейтронного активационного анализа» (П. С. Нехорошков), «О возможности определения влажности кокса с помощью сцинтилляционного детектора VGO и нейтронного источника $^{239}\text{Pu}-\text{Be}$ » (Д. Н. Грозданов) и «Экспериментальная установка “Колхида”» (Д. В. Бериков). До-

клад П. С. Нехорошкова был рекомендован для представления на сессии Ученого совета в сентябре 2016 г.

Члены ПКК поблагодарили дирекцию ЛНФ за организацию посещения этой лаборатории и за информацию об основных базовых установках и проводимых экспериментах.

44-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 30 июня – 1 июля под председательством профессора В. Канцера.

Председатель ПКК сделал обзор доклада, представленного на сессии Ученого совета ОИЯИ в феврале 2016 г., о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 119-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

ПКК принял к сведению отчет о завершающейся теме «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» и проекте «Создание комплекса криогенных замедлителей ИЯУ ИБР-2» и рекомендовал продлить тему и проект до конца 2019 г. ПКК подчеркнул, что создание комплекса криогенных замедлителей повысит поток медленных нейтронов до 20 раз на 8 из 14 спектрометров ЛНФ, позволяя выполнять программы актуальных исследований на уровне действующих ныне лидирующих нейтронных источников (ISIS, SNS, JSNS).

ПКК отметил, что к середине 2016 г. существующий подвижный отражатель ИЯУ ИБР-2 выработал 40 % установленного ресурса, и для обеспечения гарантированной непрерывной работы реактора до завершения срока его эксплуатации рекомендовал до 2019 г. изготовить резервный подвижный отражатель той же конструкции.

ПКК поддержал работы по обеспечению безопасной эксплуатации реактора, мониторингу, диагностике и прогнозированию его состояния; высоко оценил намерение ЛНФ подготовить концепцию использования ИЯУ ИБР-2 после 2032 г., одобрил возможность разработки в течение следующих трех лет соответствующей исследовательской программы, предполагающей использование существующей установки или создание в ОИЯИ нового источника нейтронов. Кроме того, ПКК предложил проанализировать аналогичные установки, уже имеющиеся или планируемые к созданию на территории России, а также в мире в целом.

Заслушав доклад о состоянии установок для неупругого рассеяния нейтронов на ИБР-2, ПКК с удовлетворением отметил постоянный интерес к использованию спектрометра NEPA, получение и публикацию значимых научных результатов. Комитет поддержал дальнейшее развитие спектрометра и рекомендовал подготовить план дальнейшей модернизации

ции в рамках нового проекта. В отношении спектрометра ДИН-2ПИ ПКК рекомендовал приложить более существенные усилия для привлечения пользователей на эту установку.

Рассмотрев отчет по завершающейся теме и проекту «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли» и предложение об их продлении, ПКК признал научную значимость проекта, сконцентрированного на проблемах астробиологии. Для определения элементного состава и структуры образцов космического вещества авторы предлагают использовать ряд аналитических методов, активно применяемых в ЛНФ на высоком научном и техническом уровне. Отмечая, что проект представляет собой широкую междисциплинарную коллаборацию ОИЯИ (ЛНФ и ЛРБ), РАН и других институтов, ПКК рекомендовал продлить тему и проект до конца 2019 г.

ПКК заслушал доклад по завершающейся теме «Проведение медико-биологических исследований на адронных пучках ОИЯИ» и предложение об открытии двух новых проектов «Совершенствование методов, технологий, режимов планирования и проведения лучевой терапии» и «Проект “Радиогаз”»: «Экспериментальное обоснование оценки генетического риска ионизирующей радиации по частоте наследуемых изменений ДНК структурных генов животных и человека». ПКК подчеркнул важность результатов, достигнутых в ходе клинических исследований по применению протонной терапии и в области радиобиологии. Медико-технический комплекс ОИЯИ является единственным действующим центром протонной терапии в России, где накоплен необходимый опыт в этой области. ПКК рекомендовал открыть предложенные проекты в рамках новой темы «Проведение медико-биологических и радиационно-генетических исследований с использованием различных типов ионизирующих излучений» до конца 2019 г.

ПКК высоко оценил широкий спектр исследований и разработок, выполненных в рамках завершающейся темы «Радиационные эффекты и физические основы нанотехнологий, радиоаналитические и радиоизотопные исследования на ускорителях ЛЯР», и заслушал предложение об открытии новой темы «Радиационно-физические, радиохимические и нанотехнологические исследования на пучках тяжелых ионов» до конца 2021 г. Ожидается, что деятельность в рамках темы будет объединена с научной программой нанотехнологического центра ЛЯР, представляющего большой интерес для других лабораторий ОИЯИ и исследователей из сотрудничающих центров. ПКК рекомендовал закрыть завершающуюся тему с учетом ее успешного выполнения и открыть новую на предлагаемый период.

ПКК одобрил последние дополнения, внесенные в проект Семилетнего плана развития ОИЯИ после сентября 2015 г. В главе «Физика конденсированных сред» комитет рекомендовал принять предложенные поправки по разделам, относящимся к радиобиологическим и астробиологическим исследованиям, изучению наносистем методом позитронной аннигиляционной спектроскопии, отметив также наличие дисбаланса между исследованиями с использованием нейтронного рассеяния и оптических методов. ПКК выразил мнение, что план должен обладать некоторой гибкостью, позволяющей включать в него новые проекты.

ПКК заслушал научные доклады: «Нейтронные текстурные исследования металлических и биологических материалов» (Д. И. Николаев), «Энергодисперсионный EXAFS-спектрометр в РИЦ “Курчатовский институт”»: состояние дел, экспериментальные результаты исследований» (С. И. Тютюнников), «Новые свойства джозефсоновских наноструктур во внешнем электромагнитном поле. Результаты сотрудничества с Германией, Словакией, Южной Африкой, Египтом, Японией, Индией и Таджикистаном» (Ю. М. Шукринов).

Лучшим стендовым сообщением на данной сессии ПКК избрал работу «Анализ данных малоуглового синхротронного рентгеновского рассеяния на везикулярных системах с использованием метода асинхронной дифференциальной эволюции» Е. И. Жабицкой, а также отметил высокий уровень двух других работ: «Параллельные реализации алгоритмов реконструкции изображений для рентгеновской микротомографии» М. И. Зуева и «Применение облачных технологий в ОИЯИ» Н. А. Кутковского.

Заслушав рекомендации о методах оценки проектов и тем программно-консультативными комитетами, ПКК отметил прогресс в развитии методологии, представленной ранее ПКК по физике конденсированных сред дирекции ОИЯИ. Комитет назвал заключение в виде письменных рецензий членов ПКК, основанных на предлагаемых критериях, перспективным методом оценки качества проекта. Для повышения эффективности оценки ПКК рекомендовал назначать одного-двух членов комитета для отслеживания прогресса по каждому проекту и теме, а также осуществлять контроль над персоналом, включенным одновременно в несколько предложений. ПКК представил ряд рекомендаций по дополнительным разделам формы подготовки предложений, которые будут учтены в следующей версии методологии. ПКК посчитал разработку новых методов оценки полезной ввиду подготовки обновленного Положения о программно-консультативных комитетах ОИЯИ для его последующего принятия Ученым советом.



ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Премия им. В. П. Дзелепова присуждена профессору Ю. А. Будагову (ОИЯИ) за разработку и создание уникальной лазерной метрологической системы для измерения угловых колебаний земной поверхности.

Премия им. Б. М. Понтекерво присуждена коллективу авторов, в составе которого: 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 осциллирующих нейтрино и измерение угла смешивания нейтрино θ_{13} в экспериментах «Daya Bay», RENO и T2K.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

I. В области теоретической физики

Первая премия

«Кластерный подход для описания деления ядер».

Авторы: Г. Г. Адамян, А. В. Андреев, Н. В. Антоненко, Р. В. Джолос, А. К. Насиров, Х. Паска, Т. М. Шнейдман.

Вторые премии

1. «Конформные аномалии, квантовое перепутывание, границы и сингулярная геометрия».

Автор: Д. В. Фурсаев.

2. «Возможно ли с помощью ускорителей обнаружить частицы темной материи?»

Автор: В. А. Бедняков.

II. В области экспериментальной физики

Первые премии

1. «Магнитные явления в интерметаллидах RCO_2 : исследование границ применимости концепции зонного электронного метамагнетизма».

Авторы: Д. П. Козленко, Е. В. Лукин, С. Е. Кичанов, А. В. Руткаускас, Б. Н. Савенко, Е. Бурзо, П. Влайк, Данг Нгог Тоан.

2. «Изучение характеристик спонтанного деления короткоживущих изотопов трансфермиевых элементов».

Авторы: А. И. Свирихин, А. В. Еремин, А. Г. Полеко, О. Н. Малышев, В. И. Чепигин, А. В. Исаев,

М. Л. Челноков, Е. А. Сокол, А. В. Андреев, Ю. А. Попов.

Вторая премия

«Исследование адронных водородоподобных атомов в эксперименте DIRAC».

Авторы: Л. Г. Афанасьев, О. Е. Горчаков, К. И. Грицай, М. В. Жабицкий, В. В. Круглов, Л. Ю. Круглова, А. В. Куликов, Р. Ледницки, Л. Л. Неменов, М. В. Никитин.

III. В области научно-методических исследований

Первая премия

«Изучение экзотических радиоактивных распадов с использованием трекинга: проект EXPERT».

Авторы: А. А. Безбах, А. В. Горшков, Л. В. Григоренко, Г. Каминский, С. А. Крупко, И. Г. Муха, М. Пфютцнер, Р. С. Слепнев, А. С. Фомичев, В. Худоба.

Вторая премия

«Создание и запуск линейного ускорителя тяжелых ионов инжекционного комплекса NICA».

Авторы: А. В. Бутенко, А. И. Говоров, Д. Е. Донец, В. В. Кобец, К. А. Левтеров, В. А. Мончинский, А. О. Сидорин, У. Ратзингер, Г. В. Трубников, Х. Хёлтерманн.

IV. В области научно-технических прикладных исследований

Первая премия

«Снижение радиационного поражения биологических объектов лазерным излучением».

Авторы: К. Ш. Восканян, Г. В. Мицын, В. Н. Гавевский.

Вторая премия

«Применение нейтронного активационного анализа для оценки экологического состояния прибрежных экосистем Черного моря».

Авторы: А. В. Кравцова, П. С. Нехорошков, М. В. Фронгасьева, И. И. Зиньковская, Н. С. Юшин, А. Н. Камнев, О. А. Бунькова, И. В. Стуколова, А. С. Яковлев.

V. Поощрительные премии

1. «Физические исследования группы ОИЯИ в эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере».

ГРАНТЫ

В 2016 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» — 32 проекта; «Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант)» — 3; «Конкурс научных проектов, выполняемых ведущими молодежными коллективами» — 1; «Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными под руководством кандидатов и докторов наук в научных организациях РФ» — 3; «Региональный конкурс “Центральная Россия”» — 2; «Конкурс ориентированных фундаментальных исследований по актуальным междисциплинарным темам» — 6.

Ряд научных проектов ОИЯИ профинансирован РФФИ в рамках международных конкурсов: совместно с Государственным комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Армения — 1 проект; совместно с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований — 1; совместно с Вьетнамской академией наук и технологий — 1; совместно с Фондом развития науки и технологии Египта — 1; совместно с Государственным фондом естественных наук Китая —

Авторы: В. А. Бедняков, И. В. Елецких, М. В. Чижов, Е. В. Храмов, Л. К. Гладилин, В. В. Любушкин, Ю. А. Кульчицкий, Е. М. Плотникова, П. В. Терешко.

2. «Особенности механизма реакций со слабосвязанными легкими ядрами».

Авторы: С. М. Лукьянов, Ю. Г. Соболев, А. С. Деникин, В. А. Маслов, М. А. Науменко, Ю. Э. Пенионжкевич, В. В. Самарин, Н. К. Скобелев, А. Куглер, Я. Мразек.

3. «Исследования взаимодействия глубокоподкритической мишенной сборки «Квинта», содержащей 512 кг природного урана, с дейтронами в области энергии от 1 до 8 ГэВ на нуклотроне ОИЯИ».

Авторы: В. И. Фурман, Н. А. Гундорин, И. Адам, А. А. Балдин, А. И. Берлев, А. А. Солнышкин, С. И. Тютюнников, В. А. Воронко, Л. Заворка, В. В. Чилап.

1; совместно с Департаментом науки и технологии Правительства Индии — 3; совместно с Немецким научно-исследовательским сообществом — 4; совместно с Национальным центром научных исследований Франции — 4; совместно с Государственным фондом фундаментальных исследований Украины — 1.

РФФИ оказал финансовую поддержку ОИЯИ по проведению 7 научных конференций в рамках конкурсов «Организация и проведение конференций и научных мероприятий на территории России» и «Организация российских и международных молодежных научных мероприятий».

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

Российский научный фонд в рамках конкурса «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» профинансировал 4 научных проекта.

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.

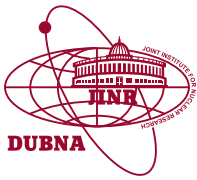
По совместному конкурсу исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований в 2016 г. профинансировано 19 проектов.

2016

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2016 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 и по одной теме второго приоритета;

— для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 2850 специалистов;

— для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 2007 специалистов;

— организовано и проведено: 51 международная научная конференция и школа, 20 рабочих совещаний и 22 организационных совещаний;

— в лабораториях Института работало 16 стипендиатов.

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

1–5 февраля в Гаване (Куба) прошли Дни ОИЯИ в Латинской Америке в рамках празднования 60-летия Объединенного института ядерных исследований. Для участия в праздничных мероприятиях в столицу Кубы прибыла представительная делегация Института.

К 60-летию ОИЯИ, а также в честь 40-й годовщины вступления Республики Куба в ОИЯИ был подготовлен специальный выпуск праздничного буклета об Объединенном институте и участии Республики Куба, а также юбилейная выставка, которая была торжественно открыта 1 февраля в Высшем институте технологий и прикладных наук (InSTEC). Выставку открыли директор ОИЯИ В. А. Матвеев,

ректор InSTEC Б. Г. Моредра и полномочный представитель правительства Республики Куба в ОИЯИ Ф. К. Диас-Баларт.

Делегация ОИЯИ совершила экскурсию в строящийся в Гаване Центр перспективных исследований Кубы (СЕАЕС). Состоялась беседа с руководством СЕАЕС, в ходе которой были намечены перспективы сотрудничества. Делегация ОИЯИ также посетила Университет информационных технологий.

2 февраля праздничные мероприятия проходили в Университете Гаваны — одном из старейших в Латинской Америке. На торжественном заседании, на котором присутствовали представители дипломатического корпуса из стран-участниц ОИЯИ, аккредитованные в Гаване, директору ОИЯИ В. А. Матвееву было присвоено звание почетного доктора InSTEC, а вице-директору ОИЯИ М. Г. Иткису — звание заслуженного профессора InSTEC. Директор ОИЯИ вручил почетные дипломы Института в честь юбилейных дат кубинским коллегам, в разные годы работавшим в Дубне, и студентам, проходившим обучение в ОИЯИ. На заседании с приветственной речью выступил полномочный представитель правительства РФ в ОИЯИ, министр образования и науки РФ Д. В. Ливанов.

3 февраля делегация ОИЯИ посетила Институт молекулярной иммунологии (СИМТ) и Центр прикладных технологий и ядерного развития (CEADEN), где сотрудник ЛЯР А. Н. Нечаев и вице-директор ОИЯИ Г. В. Трубников представили в своих докладах основные научные направления и образовательные возможности ОИЯИ. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев пригласил кубинскую делегацию принять участие в праздничных мероприятиях в Дубне, посвященных юбилею Института.

17 февраля премьер-министром Российской Федерации Д. А. Медведевым было подписано распоряжение о праздновании 60-летия образования Объединенного института ядерных исследований. В частности, в нем предписано: «Минобрнауки России разработать и утвердить по согласованию с МИДом России и Институтом план основных мероприятий

по подготовке и проведению празднования 60-летия образования Института.

МИДу России: информировать секретариаты ООН и ЮНЕСКО о подготовке и проведении празднования 60-летия образования Института; предусматривать по согласованию с Минобрнауки России при подготовке межправительственных программ Российской Федерации и иностранных государств мероприятия, посвященные празднованию 60-летия образования Института.

Минкомсвязи России оказывать содействие в освещении в государственных средствах массовой информации хода подготовки и проведения мероприятий, посвященных празднованию 60-летия образования Института.

С 22 по 25 февраля в Словакии прошли Дни ОИЯИ, посвященные 60-летию нашего Института.

22 февраля в Кошице в Словацком техническом музее была открыта полномасштабная постерно-мультимедийная выставка, размещенная в двух залах и рассказывающая об истории и современной жизни ОИЯИ, с анимационным представлением действующих базовых физических установок. Выставка работала до 13 марта.

Открытию выставки предшествовала большая пресс-конференция, на которой выступили и ответили на вопросы генеральный директор музея Е. Лобанич, М. Гнатич, Г. Мартинска, Ю. Панебратцев. На открытии экспозиции о сотрудничестве ученых из стран-участниц в ОИЯИ рассказали С. Вокал, Л. Шандор, Г. Мартинска; о настоящем дне Института — В. Воронов и Б. Старченко.

24 февраля в здании Министерства образования, науки, исследований и спорта Словацкой Республики, где была развернута вторая экспозиция Института, состоялся памятный научный семинар, который открыли вице-директор ОИЯИ М. Иткис и полномочный представитель правительства Словацкой Республики в ОИЯИ С. Дубничка. Приветствие от министерства озвучил заместитель министра П. Плавчан.

На семинаре выступили Л. Шандор, Я. Ружичка, П. Балгавы, М. Гнатич, Ф. Шимковец, Н. Кучерка, словацкие ученые, которые продолжают сотрудничество с Дубной. В каждом выступлении звучали слова: «Дубна нужна!»

9 марта в правительстве Московской области состоялась рабочая встреча губернатора Подмосковья А. Ю. Воробьева с директором ОИЯИ В. А. Матвеевым, на которой были обсуждены вопросы сотрудничества между Институтом и правительством Московской области, а также план мероприятий, приуроченных к 60-летию Института.

19 марта ОИЯИ посетила представительная делегация из Эфиопии, возглавляемая заместителем премьер-министра Федеративной Демократической

Республики Эфиопии Д. Меконеном. В состав делегации также вошли министр науки и технологий А. Ахмед, министр образования Ш. Шигуте, чрезвычайный и полномочный посол Эфиопии в России Г. А. Тешоме.

На встрече в дирекции руководители Института рассказали гостям об истории, структуре, основных научных направлениях ОИЯИ, постоянном и ассоциированном членстве государств, возможностях подготовки студентов и научных специалистов. Были организованы экскурсии в лаборатории Института. Гости ознакомились с циклотронным комплексом ЛЯР и ходом работ по мегапроекту NICA.

25 марта, в канун Дня основания ОИЯИ, в Лаборатории физики высоких энергий состоялась торжественная церемония закладки первого камня мегасайенс проекта «Комплекс сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA». В ней приняли участие помощник Президента РФ А. А. Фурсенко, губернатор Московской области А. Ю. Воробьев, заместитель министра образования и науки РФ Л. М. Огородова, член Совета по физической культуре и спорту при Президенте РФ И. К. Роднина, а также известные ученые: президент РАН академик В. Е. Фортов и лауреат Нобелевской премии по физике за 2004 г. американский физик-теоретик Д. Гросс. Со стороны ОИЯИ в церемонии участвовали директор Института академик В. А. Матвеев, вице-директор ОИЯИ Г. В. Трубников, директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, председатель Комитета полномочных представителей правительств стран-участниц ОИЯИ Л. Костов.

После символического открытия строительства для гостей была проведена экскурсия по лабораторным отделам, в которых реализуется мегасайенс проект NICA. Затем в конференц-зале ЛФВЭ губернатор Московской области А. Ю. Воробьев и директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев подписали Соглашение о сотрудничестве между правительством Московской области и ОИЯИ. Академику В. Е. Фортву были вручены диплом и мантия почетного доктора ОИЯИ. Д. Гросс награжден медалью «За заслуги перед ОИЯИ». Нобелевский лауреат выступил с лекцией «Квантовая хромодинамика — истинная и красивая теория».

26 марта в Дубне, в Доме культуры «Мир», состоялось торжественное заседание, посвященное 60-летию Объединенного института ядерных исследований, на котором присутствовали члены дирекции и сотрудники ОИЯИ, глава города Дубны В. Б. Мухин, представители администрации города, руководители городских предприятий и организаций, депутаты города Дубны, представители общественных объединений.

Директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев в своем выступлении отметил основные этапы становления и деятельности Института, рассказал о ка-

ждой лаборатории в отдельности и о вошедших в историю людей, благодаря которым удалось создать ключевые установки.

В завершение выступления В. А. Матвеев от имени дирекции и от Ученого совета ОИЯИ поздравил сотрудников, ветеранов ОИЯИ и всех присутствовавших с праздником.

По окончании поздравительных выступлений и вручения наград свой подарок собравшимся преподнес оркестр «Виртуозы Москвы» под руководством В. Спивакова.

5 апреля в Дубне прошли праздничные мероприятия, посвященные 60-летию Объединенного института ядерных исследований. На площади перед Домом ученых состоялся торжественный запуск «голубей мира»: 60 рукотворных белоснежных голубей «взлетели», символизируя высокие научные устремления к новым открытиям на благо человечества.

В Доме культуры «Мир» был организован юбилейный прием и торжественный вечер для представителей посольств, научных центров, правительственных делегаций разных стран, посвященные 60-летию Объединенного института ядерных исследований.

Завершающим аккордом праздничного дня стало грандиозное пиротехническое шоу и красочный фейерверк, устроенные вечером на Молодежной поляне для всех дубненцев и гостей города в честь юбилея Института.

7–9 апреля в Болгарии проходили Дни ОИЯИ, посвященные 60-летию Института. Открытие дней состоялось 7 апреля в Музее человека и природы и началось с приветственного слова полномочного представителя правительства Республики Болгарии в ОИЯИ Л. Костова. Для гостей была развернута полномасштабная постерная выставка, посвященная истории и развитию сотрудничества ОИЯИ и Болгарии с момента основания Института, совместным достижениям и исследовательским проектам, призванная способствовать привлечению молодых болгарских ученых и специалистов к участию в дубненских проектах. Состоялся показ фильма болгарской журналистки М. Черневой, снятый по заказу Первого национального телеканала Болгарии.

8 апреля праздничные мероприятия проходили в софийском Центральном военном клубе. В числе присутствовавших — послы Египта, Казахстана, Польши, Словакии, представители посольств Азербайджана, Белоруссии, Вьетнама и Франции. Директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев рассказал гостям о новых научных достижениях Института и планах на будущее. Профессор Ч. Стоянов выступил с докладом об исследованиях в области ядерной науки в Болгарии.

За большой вклад в развитие сотрудничества Болгарии и ОИЯИ почетными знаками были награждены болгарские ученые Л. Костов, Н. Ангелов, И. Бранков, П. Физиев. Болгарским учи-

телям Т. Теодосиеву, Т. Ивановой, М. Джиджовой, Р. Костадиновой, К. Перфановой были вручены почетные дипломы за достижения в обучении физике.

На научной сессии с докладами выступили М. Г. Иткис — «Свойства сверхтяжелых ядер на границе стабильности», Д. Тонев — «Настоящие и будущие проекты сотрудничества ИЯИЯЭ БАН и ОИЯИ», С. М. Биленький — «Нейтрино в Дубне», В. В. Воронов — «Сотрудничество Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова с болгарскими институтами» и Л. Литов — «ОИЯИ и физика высоких энергий в Болгарии». Директора лабораторий ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, В. В. Кореньков и В. Н. Швецов рассказали о приоритетных направлениях работы Института. Представитель Института электрохимии и энергосистем БАН Д. Владикова выступила с докладом по инновационной тематике.

В тот же день состоялась встреча руководителей Института в сопровождении полномочного представителя правительства Болгарии в ОИЯИ Л. Костова с директором агентства «Наука» при Министерстве образования и науки Болгарии З. Каровой и начальником отдела Г. Жичевой. Обсуждались вопросы сотрудничества и планы на будущее, а также создание специального болгарского фонда для проекта NISA.

9 апреля делегацию ОИЯИ принял президент БАН академик С. Воденичаров. Со стороны Болгарии на встрече присутствовали профессор Д. Тонев, директор ИЯИЯЭ БАН Ч. Стоянов. С. Воденичаров вручил почетную награду им. Марина Дринова М. Г. Иткису за его вклад в изучение механизмов синтеза сверхтяжелых элементов и развитие сотрудничества между Болгарской академией наук и ОИЯИ. Профессор В. В. Воронов был награжден почетным знаком БАН «За заслуги перед Болгарской академией наук» и вклад в развитие сотрудничества между Болгарской академией наук и ОИЯИ.

13 апреля в Москве было подписано Соглашение о сотрудничестве между ОИЯИ и МАГАТЭ в рамках международного форума «Интегрированные решения в области управления знаниями для сообществ ученых, инженеров, операторов», организованного Росатомом. Подписи под документом поставили директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев и заместитель генерального директора МАГАТЭ М. В. Чудаков. Как отметил В. А. Матвеев, подписание соглашения можно рассматривать как новый этап развития отношений ОИЯИ с Росатомом и МАГАТЭ.

Данное рамочное соглашение создает основу для организации взаимовыгодного и систематического обмена информацией о научно-исследовательских возможностях ОИЯИ и партнерских научных организаций МАГАТЭ. Один из существенных элементов этого соглашения — назначение координаторов, которыми стали директор отдела физико-химических наук МАГАТЭ М. Венкатеш (Индия) и заместитель

директора Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ О. Куликов.

Соглашение предусматривает подготовку кадров и развитие инфраструктуры в области безопасной эксплуатации и утилизации ядерных исследовательских реакторов, ускорителей, а также в таких прикладных направлениях, как применение радиации и изотопов в медицине, нейтронно-активационный анализ, нейтронная спектроскопия, исследования по материаловедению. Будет продолжено сотрудничество по международной системе ядерных знаний INIS Collection, в которой сейчас содержится более 3,4 млн документов, опубликованных на 63 языках.

19 мая ОИЯИ с рабочим визитом посетил директор отдела науки и технологий представительства Тайбэйско-Московской координационной комиссии по экономическому и культурному сотрудничеству при Министерстве науки и технологий Тайваня доктор Чжао-Мин Фу.

В беседе с вице-директором М. Г. Иткисом он отметил особенный интерес к исследованиям в области материаловедения и к образовательным проектам ОИЯИ. Стороны договорились о более активных контактах и, в частности, о следующем визите (который состоялся 1 июля) для более детального знакомства с деятельностью ОИЯИ и конкретизации предложений по развитию дальнейшего сотрудничества.

Гость посетил циклотронный комплекс и наноцентр Лаборатории ядерных реакций.

24 мая в ОИЯИ с ознакомительным визитом побывали члены программного и организационного комитетов 26-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо-2016) — ученые и специалисты в области СВЧ из промышленных и академических организаций Москвы, Фрязино, Севастополя, Екатеринбурга, Харькова, Киева, Саратова, Санкт-Петербурга. Гости посетили ЛФВЭ и ЛЯР.

26 мая в рамках Дней ОИЯИ в Украине на физическом факультете Киевского национального университета им. Т. Г. Шевченко состоялось открытие выставки, посвященной 60-летию Объединенного института.

Выставку открыли председатель КПП ОИЯИ Л. Костов, полномочный представитель правительства Украины в ОИЯИ Б. В. Гринев, декан физического факультета Н. В. Макарецы, заведующий кафедрой молекулярной физики Л. А. Булавин и директор УНЦ ОИЯИ С. З. Пакуляк. На церемонии открытия выставки присутствовали студенты и преподаватели физического факультета КНУ.

2 июня делегация ОИЯИ во главе с вице-директором Р. Ледницким приняла участие в научной конференции «Дни Объединенного института ядерных исследований в Молдове», которая проходила в Кишиневе в Президиуме Академии наук Молдовы

(АНМ) в рамках празднования 60-летия ОИЯИ и 55-летия основания АНМ.

На открытии конференции под председательством вице-президента АНМ, полномочного представителя правительства Молдовы в ОИЯИ академика И. Тигиняну присутствовали представители дипломатического корпуса из посольств Белоруссии, Грузии, Казахстана, России. С приветственным словом выступил председатель парламентской Комиссии по культуре, образованию, науке, молодежи, спорту и средствам массовой информации, член-корреспондент АНМ В. Хотиняну. Вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки вручил почетные грамоты молдавским ученым и коллективам организаций, сотрудничающим с Институтом. Особо была отмечена заслуга академика АНМ В. Москаленко в развитии успешного сотрудничества молдавских ученых с ОИЯИ. На конференции прозвучали научные доклады, посвященные совместным теоретическим и экспериментальным работам, научным исследованиям в Молдове и основным проектам ОИЯИ. В одном из залов президиума АНМ была развернута постерная выставка, дающая наглядное представление о сегодняшней жизни ОИЯИ и участии Молдовы в работе Института.

Во время пребывания делегации ОИЯИ в Кишиневе состоялась встреча представителей Института в правительстве Молдовы с вице-премьером правительства Г. Брегом, который был проинформирован о современном состоянии Института, возможностях сотрудничества с ОИЯИ для молдавских ученых и инженеров, об образовательных проектах.

3 июня делегацию ОИЯИ приняли ректор Технического университета Молдовы (ТУМ) профессор В. Бостан и декан факультета вычислительной техники, информатики и микроэлектроники ТУМ И. Бальмуш. В ходе беседы особое внимание было уделено перспективам для студентов, обучающихся по инженерным специальностям, и летней студенческой программе. Делегация ОИЯИ посетила учебно-научные лаборатории университета. Заместитель директора ЛИТ профессор Г. Адам и директор УНЦ профессор С. З. Пакуляк выступили перед студентами факультета с лекциями.

В начале июня представительная делегация ОИЯИ во главе с директором академиком РАН В. А. Матвеевым находилась в Улан-Баторе (Монголия), где приняла участие в торжественных мероприятиях, посвященных 60-летию ОИЯИ. В рамках Дней ОИЯИ в Монголии состоялся ряд официальных встреч и 6-я Международная конференция по современной физике ИССР-IV, которая проходила в Национальном университете Монголии (НУМ) с 7 по 10 июня с участием научных сотрудников из большинства лабораторий Института.

С монгольской стороны делегацию ОИЯИ принимали полномочный представитель правительства

Монголии в ОИЯИ профессор С. Даваа, секретарь и глава исполнительного офиса Комиссии по ядерной энергии правительства Монголии Г. Манлайжав и руководитель отдела зарубежных связей исполнительного офиса Комиссии по ядерной энергии Б. Туяцэцэг.

6 июня в Национальном университете Монголии состоялось торжественное открытие Дней ОИЯИ, в котором приняли участие представители посольств Белоруссии, Лаоса, Франции.

В выставочном зале университета была размещена постерная выставка, посвященная сегодняшней жизни ОИЯИ и участию Монголии в работе Института. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев вручил почетные грамоты и медали ОИЯИ 33 заслуженным монгольским ученым, работавшим в ОИЯИ и внесшим вклад в развитие научного сотрудничества.

7 июня делегация ОИЯИ была принята старшим вице-президентом Академии наук Монголии академиком Д. Рэдгэлом и генеральным секретарем АН профессором Т. Галбаатаром. Стороны обсудили перспективы сотрудничества, участие Монголии в новых научных проектах Института и современных образовательных программах.

В преддверии открытия Международной конференции по современной физике состоялась встреча с президентом Национального университета Монголии доктором Р. Бат-Эрдэнэ и торжественная церемония присвоения директору ОИЯИ В. А. Матвееву звания почетного доктора Национального университета Монголии.

8 июня в правительстве Монголии представитель ОИЯИ принял министр образования, культуры и науки Л. Гантумур.

В ходе пребывания делегации ОИЯИ в Монголии был учрежден двусторонний комитет по развитию сотрудничества, деятельность которого направлена, в частности, на повышение информированности монгольского научного сообщества о сегодняшней жизни ОИЯИ и поддержку вовлечения молодых ученых в работу Института. В частности, запланирован визит в Дубну делегации НУМ во главе с президентом и проведение в 2017 г. в Монголии школы молодых ученых по избранным направлениям исследований Института.

С 14 по 18 июня в Астане (Казахстан) проходили праздничные мероприятия, посвященные 60-летию ОИЯИ и 10-летию запуска ускорителя тяжелых ионов ДЦ-60, созданного при участии сотрудников Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

15 июня в конференц-зале отеля «Астана Мариотт» было торжественно открыто международное совещание «Дни ОИЯИ в Казахстане». Делегацию ОИЯИ приветствовал вице-министр энергетики Республики Казахстан Б. М. Джаксалиев. В числе почетных гостей мероприятия были представители посольств Армении, Грузии, Польши, России, Румы-

нии, Словакии, Чехии, Украины, дирекция ТОО «Росатом Центральная Азия».

Почетными знаками «Заслуженный работник атомной отрасли Республики Казахстан» различной степени были награждены В. А. Матвеев, М. Г. Иткис, С. Н. Дмитриев и Д. В. Каманин за активное участие в развитии сотрудничества в области ядерной физики. В свою очередь, почетных памятных медалей ОИЯИ «За заслуги перед наукой и ОИЯИ» были удостоены казахстанские коллеги К. К. Кадыржанов, Н. Т. Буртебаев, Ф. М. Пеньков и Т. М. Жанतिकин. Состоялось награждение казахстанских школьников — победителей республиканских и международных конкурсов. Почетные грамоты им вручили генеральный директор РГП ИЯФ С. К. Сахиев и директор ОИЯИ В. А. Матвеев.

В первый день совещания в ходе встречи делегации ОИЯИ с руководством Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева ряд участников совещания был награжден памятными медалями «20 лет ЕНУ им. Л. Н. Гумилева». Представители ОИЯИ посетили филиал Института ядерной физики междисциплинарного научно-исследовательского комплекса в Астане и совершили экскурсию на ускоритель тяжелых ионов ДЦ-60.

Во второй день совещания в Университете им. Н. А. Назарбаева был подписан меморандум о сотрудничестве с ОИЯИ. Делегация ОИЯИ посетила больницу медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан и филиал корпоративного фонда «University Medical Center» Республиканского диагностического центра. Основная часть сотрудников, которые работают на установках, обеспечивающих отделения ядерной медицины необходимыми радионуклидными фармацевтическими препаратами, проходила профессиональную подготовку в ОИЯИ.

В завершение Дней ОИЯИ в Казахстане участники совещания посетили Республиканский учебно-оздоровительный центр «Балдаурен» на берегу озера Боровое, где были вручены грамоты призерам школьных олимпиад, а вниманию школьников был представлен доклад об образовательных программах ОИЯИ.

15–16 июня ОИЯИ посетила делегация из Республики Ботсвана во главе с министром образования и профессионального развития Ю. Доу и чрезвычайным и полномочным послом Республики Ботсвана в России Л. Нтекела.

На встрече с участием вице-директора ОИЯИ Г. В. Трубникова, директора УНЦ С. З. Пакуляка, заместителя директора ЛЯР А. Г. Попеко и заместителя начальника центра прикладной физики по научной работе П. Ю. Апеля обсуждались практические шаги по развитию научного и образовательного сотрудничества, прежде всего для молодых ученых, а также были затронуты вопросы сотрудничества

по нанотехнологическим приложениям, разрабатываемым в ЛЯР, в частности по трековым мембранам. Делегация посетила ЛФВЭ и ЛЯР.

5 июля ОИЯИ посетила делегация Второго учебного университета Неаполя во главе с всемирно известным профессором астрономии М. Капаччиоли. В составе делегации были представители профессорско-преподавательского состава университета.

Гости побывали в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, осмотрели циклотронный комплекс и нанотехнологический центр, а также совершили экскурсию в Лабораторию ядерных проблем им. В. П. Джелепова, где их особый интерес вызвала информация об исследованиях по нейтринной физике и астрофизике. Итальянские коллеги отметили важное значение медико-технического комплекса (МТК), функционирующего на базе фазотрона. Профессор М. Капаччиоли выразил заинтересованность в развитии сотрудничества в области образования.

12–14 октября Баку (Азербайджан) посетила представительная делегация ОИЯИ. 12 октября в здании Президиума Академии наук Республики Азербайджан состоялось заседание рабочей группы Финансового комитета ОИЯИ под председательством полномочного представителя правительства Болгарии профессора Л. Костова. На нем были рассмотрены финансовые вопросы, требующие предварительного обсуждения в преддверии сессий Финансового комитета и Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

13 октября были открыты Дни ОИЯИ в Азербайджане. Торжественные заседания в рамках Дней Института проходили под председательством президента Национальной академии наук Азербайджана академика А. Ализаде в Доме ученых НАНА, расположенном в академическом городке. В числе почетных гостей были посол Российской Федерации, посол Польши, первые секретари посольств Чешской Республики, Республики Казахстан и Республики Белоруссии, член Ученого совета ОИЯИ О. Абдинов, а также члены академии наук Азербайджана, принимающие активное участие в развитии и укреплении сотрудничества с ОИЯИ. Вниманию участников была представлена традиционная постерная выставка, посвященная юбилею Института, приоритетным направлениям деятельности его лабораторий, а также истории сотрудничества ОИЯИ и Азербайджана.

На заседаниях прозвучали доклады директора ОИЯИ В. А. Матвеева, директора Лаборатории физики высоких энергий В. Д. Кекелидзе и др. В знак уважения и признательности за вклад в развитие сотрудничества члены делегации ОИЯИ и участники рабочей группы Финансового комитета Н. А. Русакович, С. З. Пакуляк, Л. Костов, М. Буд-

зиньски и И. Штекл были награждены медалями, выпущенными в честь 70-летия НАНА, а директор ОИЯИ — медалью им. Насреддина Туси. В завершение официальной части гости посетили институты НАНА, Национальный центр ядерных исследований и Бакинский государственный университет.

С 16 по 25 октября делегация сотрудников ЛНФ ОИЯИ находилась в Арабской Республике Египет. Одной из целей поездки было участие в 7-й Международной конференции по оптической спектроскопии, лазерам и их применению, организованной Национальным научно-исследовательским центром Египта. М. В. Фронтасьева, Х. Т. Холмуродов, В. М. Бадави представили в своих докладах результаты работ в рамках совместного протокола Академии наук и технологий Египта и ОИЯИ, а также по темам своих научных исследований.

24 октября члены дубненской делегации посетили Агентство по атомной энергии Египта и встретились с директором агентства профессором А. Абдель Фаттахом и заместителем директора по международному сотрудничеству профессором С. Аталла. Был проведен семинар, на котором ученые ОИЯИ и их зарубежные коллеги выступили с сообщениями перед сотрудниками агентства и приглашенными профессорами ведущих университетов Египта. После семинара состоялась беседа с руководителями агентства, в ходе которой обсуждались перспективы дальнейшего взаимодействия между ОИЯИ и Египтом, расширение формата сотрудничества ОИЯИ и Агентства по атомной энергетике, а также развитие научных и образовательных контактов.

С 18 по 22 октября в Ереване прошли Дни ОИЯИ в Армении, посвященные 60-летию Объединенного института ядерных исследований и 25-летию членства Армении в Институте. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев возглавил делегацию Института, в которую вошли ведущие специалисты, представители руководства ОИЯИ, лабораторий и УНЦ.

Торжественное открытие Дней ОИЯИ в Армении состоялось в Научно-исследовательском институте древних рукописей им. М. Маштоца с участием представителей Госкомитета по науке РА, Министерства образования РА, Ереванского госуниверситета, Ереванского физического института и других научных организаций. С приветственными словами выступили советник-посланник Посольства РФ в РА А. П. Иванов, старший советник Посольства Республики Белоруссии в РА Д. Г. Семенович, чрезвычайный и полномочный посол Республики Казахстан в Армении Т. Б. Уразаев. Прозвучали доклады, посвященные сотрудничеству, а также ходу реализации, результатам и планам совместных исследовательских проектов.

19 октября состоялась встреча дирекции Института с Президентом Республики Армении С. Саргсяном, а в последующие дни — с мэром города

Еревана Т. Маргаряном и президентом НАН РА Р. Мартirosяном.

20 октября в ходе посещения Ереванского государственного университета делегацией ОИЯИ ректор университета А. Симонян вручил В. А. Матвееву сертификат о присвоении звания почетного доктора ЕГУ и золотую медаль ЕГУ за развитие науки и укрепление научных связей России и Армении.

21 октября делегация ОИЯИ побывала в Институте синхротронных исследований CANDLER и Национальной научной лаборатории им. А. Алиханяна (ЕрФИ), где, в частности, посетила строящийся диагностический центр с циклотроном фирмы IBA C18/18 для производства радиоизотопов для ПЕТ-томографии.

16 ноября представительная делегация ОИЯИ во главе с директором Института В. А. Матвеевым приняла участие в совещании «Перспективы развития сотрудничества NICA–FAIR в области науки и образования», которое проходило в Центре по изучению тяжелых ионов им. Г. Гельмгольца GSI (Дармштадт, Германия). С немецкой стороны в нем участвовали заместитель генерального директора Федерального министерства образования и научных исследований Германии Б. Фиркорн-Рудольф, научный директор FAIR Б. Ю. Шарков, научный директор GSI К. Ланганке и другие представители проекта FAIR. На совещании прозвучали доклады по главным направлениям плодотворного сотрудничества в рамках проектов NICA и FAIR и его перспективам. По результатам совещания была подписана общая декларация о дальнейшем развитии сотрудничества в реализации проектов NICA и FAIR.

28 ноября в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ состоялась официальная церемония ввода в эксплуатацию высокотехнологичной линии по сборке и испытаниям сверхпроводящих магнитов. В ней приняли участие руководители проектов NICA и FAIR (Дармштадт, Германия), администрации Дубны, представители научных коллективов.

Фабрика занимает помещение площадью более 2500 м². Здесь располагается новейшее технологическое оборудование, сформирован коллектив квалифицированных специалистов, которым предстоит собрать и испытать 350 магнитов для проекта NICA и 310 — для проекта FAIR. Магниты проходят испытания на специальных высокотехнологичных участках, оснащенных высокоточным оборудованием и спроектированных при непосредственном участии конструкторов лаборатории.

Торжественный запуск линии был осуществлен нажатием кнопки, после чего включился стенд управления процессами и информационное табло. Заместитель директора ЛФВЭ профессор Г. Ходжибагян провел экскурсию для участников церемонии и журналистов. В рамках мероприятия прошло техническое совещание, на котором были представлены до-

клады по тематике создания магнитов, а также состоялось подписание протокола ввода в эксплуатацию испытательного стенда.

С 28 ноября по 1 декабря в Международном конференц-центре в Претории (ЮАР) проходил форум «ЮАР–ОИЯИ: 10 лет вместе», посвященный 60-летию ОИЯИ и 10-летию сотрудничества ОИЯИ с Южно-Африканской Республикой, в работе которого участвовали руководители и ведущие специалисты ОИЯИ. Программа форума включала в себя обсуждение результатов сотрудничества за прошедшие 10 лет, а также перспектив его дальнейшего развития. На форуме присутствовали представители дипломатического корпуса стран, участвующих в работе Института, делегации Департамента по науке и технологиям (DST), Национального исследовательского фонда (NRF), Национальной циклотронной лаборатории ЮАР iThemba LABS, ведущей государственной компании ЮАР по атомной энергии NECSA и ряда университетов.

На открытии с приветственными речами выступили генеральный директор DST Ф. Мджвара, заместитель генерального директора NRF Г. Пиллэй и советник-посланник Посольства РФ в ЮАР А. Литвинов. Директор ОИЯИ В. А. Матвеев рассказал о современных достижениях и планах развития ОИЯИ. За большой вклад в сотрудничество между ЮАР и ОИЯИ он вручил памятные дипломы и медали представителям южно-африканских научных организаций и университетов. К открытию форума была приурочена постерная выставка, посвященная сотрудничеству ОИЯИ с ЮАР и важнейшим совместным проектам.

В заключение программы делегация ОИЯИ посетила научно-исследовательские центры ЮАР в Йоханнесбурге, Кейптауне и Стелленбоше.

1 декабря в Претории прошла 16-я сессия Объединенного координационного комитета по сотрудничеству ЮАР и ОИЯИ. Заседание проходило в расширенном формате. Со стороны ОИЯИ были представлены все лаборатории и УНЦ. Со стороны ЮАР в составе участников были представители Департамента по науке и технологиям, Национального исследовательского фонда и координаторы тематических направлений.

В ходе заседания были рассмотрены итоги первого года трехлетнего цикла совместных проектов, одобренных на предыдущем заседании комитета. Положено начало подготовки нескольких новых проектов, направленных на расширение сотрудничества ОИЯИ с iThemba LABS по линии ускорительной и экспериментальной техники для физики тяжелых ионов высоких и промежуточных энергий, в области радиобиологии. Отдельно была отмечена высокая эффективность образовательных проектов ОИЯИ. Обсуждались вопросы совершенствования оперативного взаимодействия и управления проектами, даль-

нейшие шаги по расширению горизонтов сотрудничества, а также по укреплению связей в рамках мегапроекта NICA.

12 декабря в конференц-зале Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ состоялась пресс-конференция, посвященная присвоению названий новым элементам Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. На вопросы журналистов семи центральных телеканалов России и других представителей СМИ ответили директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, научный руководитель Лаборатории ядерных реакций академик Ю. Ц. Оганесян, директор Лаборатории ядерных реакций профессор С. Н. Дмитриев.

Пресс-конференцию открыл академик В. А. Матвеев, отметивший выдающиеся заслуги коллектива

Лаборатории ядерных реакций, ее основателя академика Г. Н. Флерова, научного руководителя академика Ю. Ц. Оганесяна и директора профессора С. Н. Дмитриева. В. А. Матвеев упомянул о недавнем юбилее ОИЯИ и о новом Семилетнем плане развития Института, одной из важных задач которого является создание фабрики сверхтяжелых элементов.

Отвечая на вопросы журналистов, Ю. Ц. Оганесян сообщил, что 2 марта в Москве в Центральном доме ученых РАН состоится инаугурация названий новых элементов с участием коллег из стран-участниц Института, США и других стран мира. Академик В. А. Матвеев от имени дирекции ОИЯИ и дирекции ЛЯР пригласил всех присутствующих принять участие в торжественной церемонии международной инаугурации названий новых элементов.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2016 г., наиболее крупными были девять.

С 25 по 30 января в Лаборатории информационных технологий проходила 23-я Международная конференция *«Математика. Компьютер. Образование»*. Конференция, которая проводится с 1993 г., зарекомендовала себя как продуктивная форма обмена опытом между специалистами различных научных направлений — математиками, биологами, экономистами, педагогами.

В ней приняли участие около 250 человек из 32 городов России, Украины, Белоруссии, Казахстана, а также ученые из стран-участниц ОИЯИ. В рамках конференции был организован симпозиум *«Биофизика сложных систем. Молекулярное моделирование. Системная биология»*. Заседания отдельных секций по математике, математическому моделированию и вычислительным методам, биологии, экономике, педагогике включали устные и стендовые доклады. Наряду с традиционными круглыми столами «Дискуссионные проблемы естествознания» и «Культурное пространство России» были проведены новые круглые столы: «Архитектура и биофизика», «Экспериментальная экономика», «Математические проблемы в биологии».

На пленарных заседаниях были заслушаны лекции крупных российских ученых, охватывающие актуальные проблемы разных областей наук.

На открытии и в ходе конференции выступили ведущие специалисты ОИЯИ с обзором крупных научных программ и проектов, таких как NICA (вице-директор ОИЯИ Г. В. Трубников), DRIBs — строительство фабрики сверхтяжелых элементов (директор ЛЯР С. Н. Дмитриев), «Байкал» — нейтринная программа по использованию озера Байкал

для детектирования нейтрино (зам. директора ЛЯП Д. В. Наумов). Ведущие специалисты ОИЯИ определили направленность докладов в области физики и вычислительной математики. Тенденции современного развития распределенных вычислений, необходимые для обработки больших массивов данных, были отражены в докладе директора ЛИТ В. В. Коренькова. В докладе директора ЛРБ Е. А. Красавина было рассказано о радиационном барьере при пилотируемых полетах в дальний космос. В. Л. Натяганов (механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова) познакомил участников с критическими параллелями планеты, астрономическим хронографом сейсмичности и рассказал об опасных геофизических экспериментах.

Биологическое направление пленарных докладов было представлено рядом выдающихся специалистов в области биофизики, молекулярной биологии и математического моделирования биологических систем. А. Б. Рубин (биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова) рассказал о современных проблемах развития биофизики. В совместном докладе О. Д. Чернавской и Д. С. Чернавского (Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН) было рассказано о применении математического моделирования в когнитологии. Концепция понимания шедевра, затронутая в докладе, вызвала оживленную дискуссию, которая была продолжена на заседании круглого стола «Дискуссионные проблемы естествознания». Р. Г. Ефремов (Институт биоорганической химии им. М. М. Шенякина и Ю. А. Овчинникова РАН) рассказал о клеточных мембранах как о стохастических динамических системах и обсудил возможности конструирования новых мембранных материалов. Д. О. Логофет (Институт физики атмосферы РАН, МГУ им. М. В. Ломоносова) сделал ак-

цент на моделировании как на инструменте познания биологических систем и рассказал о применении для этих целей матриц и графов. Интересным и поучительным оказался пример о том, что применение нового математического метода привело к открытию нового явления в онтогенезе вейника (многолетний злак, захватывающий открытые пространства). А. К. Цатурян (Институт механики МГУ им. М. В. Ломоносова) в своем докладе осветил механизмы работы актин-миозинового мотора поперечно-полосатых мышц. А. Б. Медвинский (Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН) поднял интересную и важную проблему соответствия модели реальности на примере хаотических режимов в моделях динамики популяций.

Об образовательных программах ОИЯИ и инновационных принципах IT-образования в университете «Дубна» рассказали директор Учебно-научного центра ОИЯИ С. З. Пакуляк и директор Института системного анализа и управления университета «Дубна» Е. Н. Черемисина. В докладе В. М. Тихомирова (механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова) обсуждались цели и концепции математического образования. А. Б. Дегтярев (Санкт-Петербургский государственный университет) с точки зрения специалиста по вычислительным наукам рассказал о специфике физико-математического образования в вузах. Г. М. Полотовский (Нижегородский государственный университет) в своем докладе поднял проблему взаимопонимания математиков и специалистов нематематических направлений.

Острые социально-экономические вопросы были освещены не только в докладах крупных специалистов в области социальной экономики, но и специалистов по математическому моделированию. А. Е. Варшавский (Центральный экономико-математический институт РАН) рассказал о некоторых социально-экономических и политических угрозах чрезмерного неравенства. В совместном докладе В. Н. Лившица (Центральный экономико-математический институт РАН) и С. А. Панова (университет «Дубна») также была затронута тема неравенства в России и были сделаны акценты на вытекающих последствиях. Оживленную дискуссию вызвал доклад Г. Г. Малинецкого (Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН), затронувшего и объединившего темы науки, войны будущего и оружия России.

В итоге на пленарных заседаниях было представлено 20 докладов, рассматривающих актуальные проблемы физики и математики, экономики и социологии, биологии, а также образования. Это в полной мере отражает междисциплинарный характер конференции и задачу поиска преодоления языковых барьеров между специалистами разных научных направлений.

Тематический симпозиум «Молекулярное моделирование» (руководители М. Г. Хренова и И. Б. Коваленко) был посвящен применению методов квантовой химии, молекулярной и броуновской динамики к решению задач биологии и химии. Победителем конкурса на лучший стендовый доклад стала работа Д. А. Хомич «Исследование молекулярных механизмов адсорбции ионов на липидных мембранах».

Тематический симпозиум «Системная биология» (руководители Т. Ю. Плюснина и А. А. Сорокин) охватывал задачи, родившиеся на стыке молекулярной биологии, вычислительной математики, биоинформатики и теории сложных систем. Доклад А. А. Сорокина «Rule-based моделирование систем внутриклеточной сигнализации» был посвящен обзору ситуации, сложившейся в моделировании сигнальных путей. Е. А. Метелкин представил доклад об использовании математического моделирования для решения актуальных задач современной фармакологии. Г. В. Лебедева рассказала о глобальном анализе чувствительности в применении к моделям системной фармакологии. В докладе П. А. Ермаченко говорилось о перспективном методе создания фотобиологических архитектурных оболочек — генеративном проектировании.

Наряду с секционными заседаниями и круглыми столами в ходе конференции были проведены 11 мастер-классов по ознакомлению с основами современных высокоуровневых языков программирования и их применению для моделирования при решении исследовательских задач.

Особый интерес участников привлек мастер-класс «Технологии параллельного программирования для вычислительных систем с гибридной архитектурой», который в течение четырех дней проводили представители группы по гетерогенным вычислениям HybridIT (ЛИТ ОИЯИ) во главе с О. И. Стрельцовой. В лекциях и практических занятиях рассматривались вопросы создания эффективных приложений для проведения расчетов на гетерогенных вычислительных системах, содержащих многоядерные CPU, графические процессоры (GPU) и сопроцессоры Intel Xeon Phi.

Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование» была проведена на высоком научном уровне. Приятно отметить, что состав участников конференции заметно изменился в сторону увеличения числа молодежи. Конференция традиционно завершилась обсуждением работы секций и вручением грамот молодым участникам за лучшие доклады.

Для участников конференции была организована экскурсия на ускорительный комплекс NICA, состоялся концерт популярной исполнительницы русского романса Ю. Зиганшиной.

С 14 по 18 марта в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова работала 20-я Между-

народная научная конференция молодых ученых и специалистов. Юбилейная по счету, она была посвящена 60-летию Института. Насыщенная программа конференции, по идее организаторов, была призвана максимально раскрыть особенности каждой лаборатории ОИЯИ, рассказать о его научных достижениях в области как фундаментальных, так и прикладных исследований.

Наряду с молодыми сотрудниками ОИЯИ, которые составляли почти половину участников, в Дубну приехали студенты и аспиранты университетов Белоруссии, Германии, Египта, Индии, Казахстана, Кубы, Сербии, Словакии, России, Польши, Украины, Финляндии, Чехии, Швеции, ЮАР.

Директора и ведущие специалисты всех лабораторий ОИЯИ выступили на конференции с обзорными лекциями. Остальные участники представили собственные научные результаты в виде постера или устного доклада на заседании одной из девяти тематических секций. Традиционно среди устных выступлений проводился конкурс на премию ОИЯИ для молодых ученых и специалистов. Для участников конференции была организована вечерняя спортивно-развлекательная программа.

С 12 по 15 апреля в Дубне работала очередная международная сессия-конференция **«Физика фундаментальных исследований»** Секции ядерной физики Отделения физических наук Российской академии наук. Данная сессия была приурочена к 60-й годовщине со дня образования Объединенного института ядерных исследований. В Дубне собрались более 450 ученых из многих научных центров, университетов России, представители крупных международных коллабораций США и Европы. Участники сессии-конференции обсудили много актуальных, важных с точки зрения определения вектора современного и будущего развития науки вопросов в области физики элементарных частиц, ядерной физики, физики новых тяжелых трансурановых элементов, физики конденсированного состояния вещества и состояний материи при экстремальных условиях, определяемых высокой температурой и плотностью вещества.

По этим темам в течение четырех дней были представлены 35 пленарных приглашенных докладов и более 300 выступлений прозвучали во время работы десяти параллельных секций: по физике на коллайдерах, теории фундаментальных взаимодействий, физике ароматов, адронов и экзотики, ядерной физике низких и промежуточных энергий, ядерной физике при высоких энергиях, физике нейтрино, астрофизике частиц, гравитации и космологии, детекторам, методике эксперимента и ядерно-физическим методам, физике и технике ускорителей.

Научная программа сессии-конференции открылась пленарным докладом по поискам и обнаружению (сентябрь 2015 г.) гравитационных волн (гравитационно-волновая обсерватория LIGO, США)

при активном участии российских исследовательских групп, что, безусловно, является ярчайшим событием в современной научной жизни мирового общества.

Большое внимание было уделено развитию отечественной научно-экспериментальной базы в исследованиях микромира с участием молодых российских ученых и инженеров, специалистов из стран-участниц ОИЯИ. Особый интерес и много вопросов были вызваны приглашенными докладами и оригинальными сообщениями, связанными с развитием мегапроекта — ускорительного комплекса с коллайдером тяжелых ионов сверхпроводящего типа под названием NICA, реализуемого в ОИЯИ в рамках международной коллаборации многих стран-участниц Института, других стран и при активной поддержке Российской Федерации. Через несколько лет в Дубне на этом комплексе будут проводиться фундаментальные исследования сверхплотного состояния вещества при высоких температурах и огромных значениях барионной плотности ядерной материи, изучение спиновой структуры сильновзаимодействующих частиц, адронов, а также выполняться широкий спектр прикладных и инновационных работ. В ОИЯИ уже успешно работает уникальный кольцевой ускоритель нуклотрон сверхпроводящего типа, запущенный в 1993 г., который является одним из основных элементов комплекса NICA.

Эксперименты по синтезу и исследованию ядерно-физических и химических свойств новых сверхтяжелых элементов были в центре внимания и дискуссий при обсуждении проблем физики низких энергий. Совместные работы, проводимые в ОИЯИ на ускорителях тяжелых ионов, приводят к ярким результатам по обнаружению новых химических элементов, заполняя оставшиеся «вакантные» места в Периодической таблице элементов Д. И. Менделеева.

Значительный вклад ученых России и ОИЯИ в экспериментальные программы по физике элементарных частиц отмечался в докладах представителей крупных международных коллабораций, таких как CDF и D0 на протон-протонном коллайдере тэватрон в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США), на детекторах ATLAS, CMS и ALICE на Большом адронном коллайдере и детекторе COMPASS на суперпротонном синхротроне в ЦЕРН (Швейцария).

Дубненская сессия-конференция СЯФ ОФН РАН подвела итоги исследований фундаментальных свойств материи с учетом 60-летнего опыта и развития ОИЯИ в содружестве с научными и образовательными центрами России и стран-участниц Института, многих других стран мира и наметила принципиальные направления в поисках новой физики.

С 24 по 27 мая в ДМС ОИЯИ проходил **24-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-24)**, еже-

годно организуемой Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка. В 2016 г. он был посвящен 60-летию юбилею ОИЯИ.

В семинаре приняли участие около 70 сотрудников из лабораторий ОИЯИ, около 30 ученых из России и СНГ, а также около 30 представителей широкого круга стран: Болгарии, Бельгии, Вьетнама, Германии, Египта, Италии, Китая, Польши, Румынии, Франции, США и ЮАР. Всего за 4 рабочих дня участники представили 50 устных и 50 стендовых сообщений по теме семинара. В программу вошли традиционные для ISINN сессии: фундаментальные взаимодействия и физика УХН, физика деления ядра, ядерные аналитические методы в биологии и экологии, ядерные реакции с быстрыми нейтронами, вопросы ядерной структуры, методические аспекты экспериментов с нейтронами, подкритические системы, управляемые ускорителями. Отличительной особенностью 2016 г. стала секция, посвященная обзору существующих, строящихся и проектируемых нейтронных источников и научным программам для этих источников.

Научную программу конференции открыл Л. Тянжао (Китай) докладом о состоянии дел на китайском испарительном источнике CSNS, планируемом к запуску в 2018 г. Главная цель проектирования нового источника CSNS — создание большой установки для научных исследований в области материаловедения, наук о жизни, нейтронной радиографии — всего, что связано с методами нейтронного рассеяния. Доклад В. Л. Аксенова был посвящен обзору европейских источников и перспективам завершения строительства высокопоточного реактора ПИК в Гатчине. Д. Таглиенте (Италия) рассказал об экспериментальной программе, реализуемой на импульсном источнике быстрых нейтронов pTOF в ЦЕРН, и о новых экспериментальных возможностях установки, связанных с вводом в эксплуатацию новой короткой пролетной базы. О программе исследований, проводимых на импульсном источнике нейтронов ГНЕЙС, который давно и успешно работает в ПИЯФ, подробно рассказал О. А. Щербаков (Россия). Современному статусу источника резонансных нейтронов ИРЕН ЛНФ ОИЯИ и планам его развития был посвящен доклад директора лаборатории В. Н. Швецова. О программе исследований с быстрыми нейтронами, получаемыми на парке ускорителей ФЭИ в Обнинске, рассказал В. А. Хрячков (Россия).

Секцию, посвященную физике ультрахолодных нейтронов, открыл П. Гелтенборг (ILL, Франция) обзором последних достижений в этой области, полученных в различных научных центрах, в первую очередь в Институте Лауэ–Ланжевена. Прецизионное измерение времени жизни нейтрона остается одной из наиболее актуальных задач для физики УХН. Безводородные масла остаются хорошими кандидатами для создания ловушек УХН с низкими по-

терями. Результатам изучения свойств этих масел было посвящено два доклада сотрудников ЛНФ (Ю. Н. Покотилковский, Е. В. Лычагин). Молодой сотрудник ЛНФ М. А. Захаров представил методические достижения группы физиков из ЛНФ, занимающихся проверкой слабого принципа эквивалентности для нейтрона. Реализованный ими метод фурье-спектрометрии УХН должен позволить в 10 раз улучшить точность измерений. В. К. Игнатович в своем докладе предложил оригинальную схему эксперимента для проверки концепции волновых пакетов, которую, по его мнению, можно реализовать на практике для проверки фундаментальных основ квантовой механики.

Второй день семинара открывали два пленарных доклада. А затем работа шла в двух параллельных секциях: одна была посвящена использованию ядерно-физических аналитических методов, главным образом нейтронно-активационного анализа (НАА), для решения прикладных задач экологии, биологии и материаловедения, а другая — проблемам электро-ядерных систем и ядерной структуры.

Первый пленарный доклад был сделан бывшим сотрудником NASA Р. Гувером (США), который сейчас трудится в Университете Атенса (Алабама, США) и Университете Букингема (Великобритания). Многие годы он занимается вопросами астробиологии, пытается ответить на главный вопрос: ограничивается ли жизнь рамками нашей планеты или существует в других уголках космоса. Объектами исследований являются планеты Солнечной системы, посещающие ее кометы, а также метеориты, упавшие в разное время на Землю. Демонстрируя снимки с электронного микроскопа с изображениями микроскопических ископаемых, обнаруженных в метеоритах, и рассматривая последние данные о распространности воды, кислорода и других химических соединений на планетах, профессор Гувер приходит к выводу, что жизнь, возможно, распространена в Солнечной системе гораздо шире, чем мы предполагаем, и, возможно, что жизнь на Землю была принесена из космоса.

М. В. Фронтасьева сделала подробный доклад о современном состоянии дел в секторе НАА ЛНФ. Она рассказала об истории сектора, о создании комплекса РЕГАТА, его развитии и современных возможностях, о последнем достижении — автоматизации процесса измерения спектров облученных образцов. Был продемонстрирован неуклонный рост интереса стран-участниц ОИЯИ к работам сектора и широчайшая научная программа, реализуемая на установке РЕГАТА.

Актуальность исследований на комплексе РЕГАТА подтвердили доклады участников секции «Нейтронный активационный анализ и науки о жизни». Эта секция привлекает большое количество молодых ученых. Р. Гувер (США) рассказал, как, изучая метеориты, ученые обратились к методу НАА,

используемому в ЛНФ, чтобы определить степень отличия метеоритов от земных пород. О результатах таких исследований материалов внеземного происхождения доложила М. В. Фронтасева. О. Дулиу (Румыния) представил результаты использования различных аналитических методов, в том числе НАА при сравнительном изучении девяти православных икон. Гость из Египта В. Бадави и его коллега М. Ибрахим сообщили о результатах изучения источников загрязнений дельты реки Нил, играющей важную роль в жизни страны. А. Эне (Румыния) рассказала об исследовании распространения загрязнений металлами в Румынии и на Дунае. П. С. Нехорошков (ЛНФ) доложил о том, как он использует НАА при изучении фитопланктона акватории Черного моря. Доклад Д. Ву (Вьетнам) был посвящен исследованию атмосферного распространения загрязнений во Вьетнаме при помощи мхов биомониторов. И. И. Зиньковская от имени широкой коллаборации ученых из Дубны, Египта и Румынии рассказала об исследовании кораллов Красного моря. В. Е. Зайчик (Обнинск) представил новые результаты изучения изменения состава микроэлементов в костях в результате их воспаления.

Сессию, посвященную свойствам проектируемых электроядерных систем (ЭЯС), открывал приглашенный доклад А. Станковского (Моль, Бельгия) о статусе первого, принятого к реализации в 2010 г. проекта ЭЯС MYRRHA. Этот большой международный проект с оценочной стоимостью около 1 млрд евро был профинансирован на 30 % правительством Бельгии в расчете на его дальнейшую поддержку заинтересованными странами и институтами. Однако трудности с лицензированием уже разработанных технических решений по проекту заставили пересмотреть первоначальный план-график. Скорректированный план-график проекта предусматривает создание и отработку различных режимов работы протонного линейного ускорителя с одновременной работой по уточнению и лицензированию установки в целом. Естественно, что сроки ввода в действие ЭЯС MYRRHA сдвигаются за 2020 г. Доклад вызвал оживленную дискуссию, поскольку ведущиеся в ОИЯИ исследования с моделью ЭЯС КВИНТА, а также планируемые эксперименты с большой урановой мишенью могли бы быть полезными при преодолении трудностей лицензирования ЭЯС MYRRHA.

В докладах И. Адама и Ж. Х. Хушвактова (ЛЯП), а также М. Билевича (ЛФВЭ) обсуждались результаты, полученные в экспериментах с моделью ЭЯС КВИНТА на нуклотроне и фазотроне ОИЯИ. Были представлены новые, более точные данные о спектрах вторичных нейтронов, генерируемых внутри и на поверхности урановой мишенной сборки КВИНТА под действием бомбардирующих дейтронов и протонов. В этом жестком нейтронном поле исследовались реакции на образце металлического тория при энергии падающих дейтронов 6 ГэВ. В до-

кладе П. Живкова (ИИЯЭ БАН, София) были обсуждены неопределенности в расчетах свойств ЭЯС с квазибесконечной (обладающей малой утечкой вторичных нейтронов) активной зоной, которые вызваны использованием различных баз ядерных данных. Дискуссия по докладу показала, что нужно осмотнительно подходить к использованию стандартных транспортных кодов в расчетах ЭЯС.

На заключительной сессии второго дня семинара рассматривались проблемы гамма-распада возбужденных состояний тяжелых ядер, образующихся после захвата тепловых нейтронов (А. М. Суховой, ЛНФ), нестатистические закономерности в свойствах нейтронных резонансов и их возможная связь со спектром масс элементарных частиц (С. И. Сухоручкин, РНЦ КИ ПИЯФ). Обсуждение результатов показало полезность методов нейтронной физики для исследования фундаментальных вопросов структуры ядра и Стандартной модели.

Третий день семинара был целиком посвящен методическим вопросам. М. Цу из Северо-Западного института ядерных технологий (Китай) представил разработку камеры деления с использованием сцинтилляции гелия для регистрации нейтронов деления. Доклад его коллеги Х. Вон был посвящен развитию методики получения изображения z -пинча при помощи метода полутеней от нейтронного излучения плазмы и конструированию специальной диафрагмы для этого метода. Л. Заворка (ЛЯП ОИЯИ и РТВ, Германия) рассказал об успешном применении методики цифровой обработки сигналов различных детекторов при регистрации интенсивных потоков нейтронов. Эта методика получает все более и более широкое распространение и представляет большой интерес для экспериментаторов. Г. Ахмадов (ЛНФ) представил результаты тестирования позиционно-чувствительного детектора альфа-частиц, основанного на LYSO-сцинтиляторе и пиксельных лавинных светодиодах. Представленные тесты выглядят многообещающе, и работа над улучшением разрешения детектора будет продолжена. А. М. Гагарский (РНЦ КИ ПИЯФ) представил результаты успешного использования многопроволочной камеры деления с низким давлением газа, сконструированной в ПИЯФ. Данная камера позволила получить интересные физические и методические результаты при изучении углового распределения осколков деления и мониторингования нейтронных пучков. Ю. Н. Рогов («Диамант», Сколково) рассказал об успешном применении метода меченых нейтронов для поиска алмазов в кимберлитовой породе. Д. В. Хлюстин (ИЯИ РАН) представил методические результаты, полученные на времяпролетном спектрометре RADEX линейного протонного ускорителя мезонной фабрики. О состоянии дел на установке КОЛХИДА, которая претерпела глубокую модернизацию и готова для реализации программы измерений взаимодействия поляризованных нейтро-

нов с поляризованными ядрами, доложил Д. Бериков (ЛНФ).

Как и на предыдущих семинарах, довольно насыщенной оказалась делительная секция, которая состоялась в последний день. Ф. Гённенвайн из университета Тюбингена (Германия) представил обзорный доклад, посвященный проявлению в делении эффектов, обусловленных не только известными оболочками и магическими числами, но и так называемыми антиоболочками. В частности, он обратил особое внимание на эксперименты, проведенные в 1990-е гг. группой ФЭИ под руководством А. А. Говердовского, и указал на то, что внятного теоретического объяснения этим результатам так и не было предложено. Два доклада были посвящены *T*-нечетным эффектам в делении. С. Г. Кадменский (Россия) предложил новый вариант теоретического описания этих эффектов, а Г. В. Данилян (Россия) представил обзор экспериментальных результатов, полученных в международной коллаборации на реакторе FRM-2 в Гархинге. А. С. Воробьев из Гатчины доложил результаты работ, проведенных на установке ГНЕЙС, по определению угловой анизотропии вылета осколков деления тяжелых ядер нейтронами с энергиями до 200 МэВ. Теоретический подход к описанию такого рода анизотропии был предложен А. Л. Барабановым из Курчатовского института. И. С. Гусева (Россия) представила доклад по изучению нейтрон-нейтронных корреляций в нейтронно-индуцированном делении. Доклад Ш. С. Зейналова (ЛНФ) был посвящен описанию методики измерения мгновенных нейтронов деления с использованием цифровой техники. В заключительном докладе семинара П. Эгельхоф из Дармштадта (Германия) рассказал об уникальной установке, используемой в настоящее время на реакторе ILL в Гренобле для прецизионного измерения осколков деления. Принцип действия установки основан на точном измерении температурного нагрева сапфирового кристалла при попадании в него осколков деления. Это позволяет исключить многие систематические погрешности, присущие большинству других методов.

Как и прежде, ISINN остается площадкой, где участники могут представить еще не опубликованные и иногда предварительные результаты, где в неформальной обстановке в перерывах между сессиями и во время традиционного пикника можно обсудить свои работы с коллегами, получить советы, завязать новое сотрудничество. С презентациями ISINN-24 и материалами предыдущих семинаров можно ознакомиться в интернете: <http://isinn.jinr.ru>.

С 6 по 9 июня в Лаборатории нейтронной физики проходила *3-я Международная конференция по малоугловому рассеянию нейтронов (YuMO-2016)*. Она была посвящена 80-летию со дня рождения Юрия Мечиславовича Останевича (1936–

1992) — ученого, который внес определяющий вклад в развитие приборной базы на импульсном реакторе ИБР. Ю. М. Останевич стоял у истоков развития техники малоугловой дифракции по времени пролета и выбора научных направлений для ее применений. Его выдающиеся научные достижения в области исследований с применением малоуглового рассеяния нейтронов (МУРН) полиэлектролитов, малых молекул, фракталов, металлических стекол, макромолекул, полимеров и т. д. были отмечены целым рядом наград, в том числе Государственной премией Российской Федерации в 2000 г. Успешно действующий в настоящее время малоугловой дифрактометр ЮМО на реакторе ИБР-2 назван в его честь.

ЮМО — преемник первой в мире установки МУРН с «белым» спектром, реализованной на импульсном источнике и известной как ЧОК (аббревиатура из первых букв фамилий ее создателей: Л. Черя, Ю. М. Останевича, Ж. А. Козлова). Главная особенность современной установки ЮМО — ее двухдетекторная система, которая, наряду с времяпролетным режимом, позволяет получать кривые малоуглового рассеяния в рекордном диапазоне переданных импульсов за короткие времена. В настоящее время метод МУРН применяется при решении широкого круга научных задач в области конденсированных сред, «мягкой» материи, биологии и нанотехнологий. Несмотря на то, что сегодня в мире на нейтронных источниках (реакторы и испарительные источники) эксплуатируется свыше 30 малоугловых дифрактометров, запросы на пучковое время на данных установках со стороны пользователей метода МУРН значительно превышают доступные возможности.

В ходе конференции «YuMO-2016» активно обсуждались возможности использования техники МУРН в различных направлениях исследований конденсированных сред. Также анализировались научные и технические запросы пользователей в рамках развития спектрометра. Такого рода обсуждения проводились и в предыдущие годы — в ходе совещаний пользователей ЮМО, первое из которых было организовано в 2006 г. Тогда научно-исследовательские группы из европейских нейтронных центров, университетов и исследовательских институтов представили свыше 35 устных и стендовых докладов, посвященных научным и методическим результатам. Большинство из них были получены с использованием ЮМО до остановки на модернизацию в 2006 г. высокопоточного импульсного реактора ИБР-2. Второе совещание проводилось в июне 2011 г. после реконструкции и модернизации ИБР-2 и его запуска на научный эксперимент. Оно собрало ведущих ученых, работающих с МУРН в области конденсированных и «мягких» сред, из 12 стран: Чехии, Египта, Франции, Германии, Венгрии, Молдовы, Монголии, Польши, Румынии, Российской Федерации, Словакии, Украины. Было представлено 27 устных и 32 стендовых доклада. Проходившее в 2016 г. третье совещание

было расширено до формата полноценной конференции из-за все возрастающего интереса к спектрометру ЮМО. ЛНФ имела возможность приветствовать более 110 участников из 14 различных стран и трех континентов — Европы, Северной Америки и Австралии. Научная программа содержала 43 устных доклада и более 60 докладов, представленных на двух стендовых сессиях.

Вводная сессия конференции открывалась докладом директора ЛНФ В.Н.Швецова, после которого профессор Л.Чер, близкий соратник Ю.М.Останевича и один из создателей спектрометра ЮМО, поделился воспоминаниями о своем друге. Научному статусу ОИЯИ в целом было посвящено выступление вице-директора Института Р.Ледницкого. Более подробная информация об ЛНФ, ее программе пользователей и текущем состоянии дел на спектрометре ЮМО были представлены в последующих докладах научных сотрудников ОИЯИ. Научное заседание, посвященное методикам и установкам МУРН, открыл профессор Г.Штурман, который рассказал о возможностях поляризованных нейтронов при локализации свободных радикалов в структурной биологии. Первый день конференции завершила стендовая сессия, включавшая более 30 стендовых докладов.

Второй день был посвящен использованию МУРН в биологических исследованиях и открывался докладом доктора Н.Заккаи из Кембриджского университета, в ходе которого докладчик представил результаты, полученные из анализа нейтронного рассеяния, относительно биогенеза мембранных белков. Последующая программа включала большое количество докладов о возможностях использования нейтронов и, в частности, МУРН в исследованиях систем доставки лекарственных средств, нейродегенеративных заболеваний и прочих исследований биомембран. На следующий день в центре внимания были близкие к предыдущей теме исследования комплексных систем, в том числе так называемых «мягких» материалов, с помощью МУРН. Так, член-корреспондент РАН доктор А.Н.Озерин в своем докладе описал текущее состояние и перспективы в изучении и использовании полимерных композиционных материалов с наночастицами. Тема наночастиц, в том числе с магнитными включениями, а также наночастиц для биологических приложений не раз поднималась в ходе последующих докладов данной сессии.

Профессор А. Михельс открыл вторую часть сессии, посвященную сложным системам. Его доклад касался аспектов изучения магнитных сред и соответствующей методологии. Сессия охватила также различные дополняющие методы, такие как атомно-силовая микроскопия, ЯМР, спектроскопия комбинационного рассеяния света и моделирование молекулярной динамики. Вторая стендовая сессия включала свыше 30 стендовых докладов.

Темой последнего дня конференции стала особая роль МУРН в исследованиях конденсированных сред. Доктор Х.Тейксеира рассмотрел данный аспект в случае физических исследований жидкой воды, а академик Э.Бурзо представил подробный доклад об обменных взаимодействиях в тяжелых редкоземельных соединениях. В ходе работы сессии были представлены также многочисленные доклады по исследованиям конденсированных сред с использованием МУРН и дополняющих методов в отношении структуры наночастиц и нанокомпозитов для перспективных промышленных применений.

Заключительное заседание конференции проводилось в режиме видеоконференции через Интернет: участников приветствовал представитель Окридской национальной лаборатории доктор Д.Катсарас, который рассказал о подходах, развиваемых в своей группе, к поиску наноскопических липидных доменов в реальных биологических мембранах. Несмотря на удаленный доступ, после доклада последовала оживленная дискуссия.

В заключение организаторы конференции А.И.Куклин, М.Балашою и Н.Кучерка в своей речи выразили благодарность оргкомитету, участникам и закрыли конференцию, отметив, возможно, самое главное: с неугасающим интересом участники прослушали множество докладов и сообщений о роли нейтронов и/или методов малоуглового рассеяния в представленных исследованиях по различным областям науки.

С 15 по 28 июня в местечке Скайкампен (Норвегия) прошла *Европейская школа по физике высоких энергий*, которую традиционно из года в год организуют совместно ЦЕРН, ОИЯИ и поочередно одна из их стран-участниц. Оргкомитет школы в Норвегии возглавляла профессор Х.Сандакер из Университета Осло, а помощь в организации оказывали ее коллеги и постоянно действующий оргкомитет из ЦЕРН и ОИЯИ.

Как известно, эта серия школ имеет особую популярность за свой высокий уровень современных лекций, дискуссионных сессий, студенческих проектов и других мероприятий, программа которых постоянно совершенствуется.

На этот раз в работе школы приняли участие 102 студента 34 различных национальностей, в основном из стран-участниц ЦЕРН и ОИЯИ, а также из некоторых других регионов.

В рамках школы ведущими мировыми специалистами в различных областях физики высоких энергий было прочитано 32 лекции, которые сопровождались специальными дискуссионными сессиями для лучшего усвоения материала. Один из базовых курсов школы по космологии прочитал И.И.Ткачев (ИЯИ РАН), а руководителями двух дискуссионных групп были сотрудники ОИЯИ А.А.Сапронов и Р.Р.Садыков.

Всего от ОИЯИ в школе приняли участие 8 студентов, еще 4 приехали из российских институтов, и 9 студентов из институтов стран-участниц (Болгарии, Польши, Румынии, Словакии, Чехии и Венгрии) были дополнительно поддержаны ОИЯИ.

Большой интерес у участников школы вызвали лекции о научных программах и планах дальнейшего развития ЦЕРН и ОИЯИ, которые традиционно представили сами руководители этих научных центров профессор Ф. Джанотти и академик В. А. Матвеев соответственно.

В программу школы нескольких последних лет уже включали краткий курс обучения методам представления научных результатов общественности. На этот раз после лекций журналистов ВВС в качестве практических занятий проводился конкурс студенческих проектов, где каждая дискуссионная группа выступала на выбранную тему. Жюри конкурса возглавлял профессор Э. Лиллестол, успешно руководивший в прошлом организацией этих школ на протяжении многих лет.

Школа в Норвегии запомнится также замечательными окружающими пейзажами и туристическими экскурсиями, во время которых от участников потребовались практически альпинистские навыки. Но главным, конечно, стало общение, в результате которого будущие ученые лучше узнали и стали понимать друг друга.

С 4 по 9 июля в Лаборатории информационных технологий проходила 7-я Международная конференция *«Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2016)*. Конференция, которая проводится каждые два года, на этот раз была посвящена 60-летию ОИЯИ и 50-летию образования ЛВТА (теперь ЛИТ).

Конференция GRID является уникальной площадкой для обсуждения широкого спектра вопросов, связанных с использованием и развитием распределенных грид-технологий, гетерогенных и облачных вычислений в различных областях науки, образования, промышленности и бизнеса. Конференция традиционно привлекает многочисленное сообщество российских и зарубежных специалистов, готовых обсудить возникающие задачи и перспективы развития современных информационных технологий.

В работе «GRID'2016» приняли участие более 250 ученых из научных центров Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Германии, Грузии, Китая, Молдовы, Монголии, Румынии, Словакии, Чехии, Чили, Франции, Швеции и других стран. Россия была представлена участниками из более чем 30 университетов и исследовательских центров. В рамках конференции была организована работа 10 секций, на которых обсуждались вопросы, связанные с развитием грид-технологий, гетерогенных вычислений, добровольных вычислений, облачных технологий, аналитики больших данных. Также в рамках конфе-

ренции была организована школа для молодых ученых, аспирантов и студентов, где были проведены учебные курсы по гетерогенным и облачным вычислениям.

Финансовую поддержку проведению конференции оказала дирекция ОИЯИ, спонсорами и партнерами выступили: «IBS Platformix», «Supermicro Computer», NIAGARA, «Brocade», INSPUR, «Jet infosystems», «Schneider Electric», NVIDIA, компания «Ай-Техо», «Intel», PARALLEL.RU, а также издательство «Открытые системы».

Открыл конференцию директор ОИЯИ В. А. Матвеев докладом, посвященным истории создания, современному состоянию и перспективам развития Института. В. А. Матвеев подчеркнул, что информационная инфраструктура ОИЯИ — одна из его базовых установок.

Пленарную сессию открыл председатель конференции директор ЛИТ В. В. Кореньков с докладом о текущем состоянии и перспективах развития Лаборатории информационных технологий. Особое внимание в докладе было уделено грид-инфраструктуре, в том числе созданию центра Tier-1, развитию компьютеринга для мегапроекта NICA, созданию в лаборатории гетерогенной вычислительной системы и другим проектам, активно развивающимся в ЛИТ.

В своем пленарном докладе директор Института физики высоких энергий (Пекин, Китай) В. Ли представил обзор о развитии грид-технологий в Китае. Докладчик особо отметил многолетнее плодотворное сотрудничество между ОИЯИ и Китаем, в рамках которого разработано и развивается программное обеспечение для проектов JUNO и BES-III.

С докладом о текущем состоянии и планах реализации мегапроекта NICA выступил вице-директор ОИЯИ Г. В. Трубников.

В своем пленарном докладе замдиректора НИВЦ МГУ В. В. Воеводин дал обзор развития компьютеринга в Московском государственном университете, а также рассмотрел перспективы создания новых параллельных алгоритмов в связи с бурным развитием новых вычислительных архитектур и технологий параллельного программирования.

Ряд пленарных докладов на конференции сделали представители IT-индустрии, которые также выступили спонсорами конференции. В этих докладах был дан анализ развития информационных технологий и представлены тенденции развития систем хранения, компьютерных коммуникаций, новых вычислительных архитектур, проектирование крупных вычислительных центров.

В докладе Т. А. Стриж (ЛИТ ОИЯИ) был дан обзор состояния и перспектив развития в ЛИТ ОИЯИ центра Tier-1 для эксперимента CMS. В докладе отмечено, что в ходе работ по созданию и эксплуатации Tier-1 накоплен бесценный опыт, который будет востребован для будущего информационно-вычислительного центра мегапроекта NICA.

Пленарный доклад замдиректора НИЦ «Курчатовский институт» В. Е. Велихова был посвящен текущему статусу и перспективам развития центра Tier-1 в НИЦ «Курчатовский институт» в ходе второго сеанса на Большом адронном коллайдере (ЛHC).

Большой интерес участников конференции вызвал доклад О. Смирновой (Лундский университет, Швеция), посвященный обзору текущих тенденций в области распределенных вычислений и систем хранения данных на примере NorduGrid.

В докладе М. Бородина (МИФИ) было дано описание основных компонентов системы ProdSys2 для эксперимента ATLAS. ProdSys2 используется тысячами физиков для удаленного анализа данных, при этом объем обрабатываемых данных выходит за пределы шкалы EXAVUTE. В докладе были представлены важные проектные решения ProdSys2, а также уроки, извлеченные из опыта работы в течение второго сеанса ЛHC.

Л. Мацетти (ЦЕРН) представил доклад о развитии систем хранения в ЦЕРН с помощью распределенной файловой системы EOS для облачной инфраструктуры CERNBox, позволяющей эффективно использовать данные для научных и инженерных исследований. Успех решения EOS/CERNBox подтверждается высокой популярностью — число пользователей этого облачного хранилища недавно превысило 5000.

Доклад Д. Олейника (ЛИТ ОИЯИ) был посвящен проекту PanDA (Production and Distributed Analysis System), его запуску на суперкомпьютерных платформах в качестве портала, не зависящего от конкретной вычислительной инфраструктуры, и возможностям использования этой системы не только для задач физики высоких энергий и ядерной физики, но и для решения ресурсоемких задач в биоинформатике и астрофизике.

Г. Адам (ЛИТ ОИЯИ) посвятил свой доклад развитию гетерогенных вычислений в ОИЯИ на базе кластера HynbriLIT. В докладе было представлено описание программно-информационной среды кластера для разработки параллельных приложений, проведения массивно-параллельных расчетов с использованием различных вычислительных архитектур, а также примеры использования кластера для решения различных задач ОИЯИ.

С. В. Поляков (ИПМ РАН) рассказал о суперкомпьютерном моделировании процессов в микроэлектронике с учетом атомной и молекулярной структуры отдельных электронных элементов. В его докладе был представлен подход к численному решению задач для расчета электронных элементов с использованием моделей сетки на макроуровне и решению уравнений молекулярной динамики на микроуровне. Поскольку общий алгоритм довольно ресурсоемкий, его реализация изначально ориентирована на использование параллельных вычислений.

Одно из пленарных заседаний конференции было посвящено 50-летию Лаборатории информационных технологий. Директор ЛИТ В. В. Кореньков выступил с историческим обзором развития вычислительной техники и IT-технологий в лаборатории, а также рассказал об основных достигнутых результатах. Докладчик отметил особую роль основателей лаборатории — М. Г. Мещерякова, внесшего огромный вклад в создание не только лаборатории, но и Института и города, и Н. Н. Говоруна, чей вклад в развитие автоматизации научных исследований в СССР и в ОИЯИ колоссален. Н. Н. Говорун создал сильную команду на базе коллектива лаборатории с привлечением ведущих специалистов из других городов СССР и разных стран. В качестве значимых событий в истории лаборатории В. В. Кореньков отметил создание транслятора с языка ФОРТРАН, мониторинговой системы «Дубна», операционной системы «Дубна», создание терминальной сети, за основу которой взяли диалоговую систему Интерком, что в конечном итоге привело к созданию локальной сети JINET, объединившей практически все вычислительные машины ОИЯИ, и другие важные достижения лаборатории. Директор ЛИТ рассказал об истории сотрудничества ОИЯИ и ЦЕРН в области компьютеринга и о сотрудничестве ЛИТ с ведущими научными центрами.

О развитии аналитических и квантовых вычислений в лаборатории рассказал В. П. Гердт. Инициатива внедрения аналитических (символьных) вычислений в ОИЯИ, принадлежащая Д. В. Ширкову, была поддержана М. Г. Мещеряковым и Н. Н. Говоруном, и работы в этом направлении успешно развиваются в ЛИТ по сей день.

Об истории развития грид-технологий в России рассказал в своем выступлении В. А. Ильин (НИИЯФ МГУ).

Всего на конференции было представлено 35 пленарных, свыше 120 секционных и 43 стендовых доклада. В школе участвовали 40 студентов и молодых ученых из Монголии, Румынии и российских университетов — МИФИ, СПбГУ, университета «Дубна».

В ходе конференции были проведены плодотворные обсуждения и дискуссии, предложены новые IT-проекты, направленные на развитие распределенных и высокопроизводительных вычислений, сложились новые направления сотрудничества ЛИТ с организациями, университетами России и стран-участниц ОИЯИ. Презентации сделанных докладов, электронный вариант сборника тезисов и фотоматериалы размещены на сайте конференции <http://grid2016.jinr.ru>.

С 5 по 10 сентября в Казани (Россия) прошел международный симпозиум по одному из важнейших и наиболее интенсивно развивающихся направлений ядерной физики — физике экзотических состояний ядер «EXON'2016». Его организаторами явились пять крупнейших научных цен-

тров, в которых успешно развивается это направление, — Объединенный институт ядерных исследований в Дубне, Национальный центр GANIL (Франция), Исследовательский центр RIKEN (Япония), Научный центр по физике тяжелых ионов GSI (Германия), Лаборатория сверхпроводящих циклотронов (Мичиган, США). Именно поэтому сопредседателями оргкомитета симпозиума стали руководители этих ведущих научных центров мира — Ю.Ц.Оганесян (ОИЯИ), М.Левитович (GANIL), Х.Энио (RIKEN), К.Штокер (GSI) и Б.Шерилл (США). «EXON'2016» проходил при активном участии Казанского федерального университета (КФУ). Это уже восьмой симпозиум по экзотическим ядрам, проводимый в России.

В симпозиуме «EXON'2016» приняло участие около 160 ученых из 20 стран мира — ведущие специалисты в области ядерной физики. В числе наиболее представительных — делегации Германии, Франции, Японии, США. Научные центры этих стран особенно заинтересованы в развитии сотрудничества с ОИЯИ и научными центрами России.

Научная программа включала в себя приглашенные доклады по актуальным направлениям физики экзотических ядер и новым проектам крупнейших ускорительных комплексов и экспериментальных установок. Кроме того, были организованы дискуссии с участием ведущих ученых из различных научных центров мира. На них обсуждались вопросы сотрудничества в области фундаментальной физики тяжелых ионов и прикладных исследований.

На открытии симпозиума, которое состоялось в актовом зале Казанского (Приволжского) федерального университета, выступили представители руководства университета и ОИЯИ.

На симпозиуме обсуждались результаты последних экспериментов по синтезу и изучению свойств ядер новых сверхтяжелых элементов: открытие новых сверхтяжелых элементов свидетельствует о высокой эффективности международного сотрудничества. Интересные результаты были получены в совместных экспериментах по химической идентификации элементов 112 и 114, выполненных в Лаборатории ядерных реакций (ЛЯР) ОИЯИ, GSI (Германия) и Институте им. П. Шеррера (Швейцария). Ярким примером сотрудничества с учеными США является эксперимент по синтезу 117-го элемента, проведенный на циклотроне ЛЯР ОИЯИ под руководством академика РАН Ю. Ц. Оганесяна. В 2014 г. в Москве прошла инаугурация 114-го (флеровий) и 116 (ливерморий) элементов, открытых в Дубне.

В июне 2016 г. Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC) и Международным союзом теоретической и прикладной физики (IUPAP) было утверждено открытие новых химических элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева с атомными номерами 113, 115, 117 и 118.

Для элемента с атомным номером 113 авторы его открытия из RIKEN (Япония) предложили название «нихоний» (nihonium) и символ Nh. Нихон — один из вариантов японского произношения слова Япония и означает буквально «Страна восходящего солнца». Для элемента с атомным номером 115 предложено название «московий» (moscovium) и символ Mc, а для элемента с атомным номером 117 — «теннессин» (tennessine) и символ Ts. Они даны в честь места или географической области и предложены совместно авторами открытий из ОИЯИ, Окриджской национальной лаборатории, Университета Вандербильта и Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса (США). Для элемента с атомным номером 118 сотрудничающие команды авторов его открытия из ОИЯИ и Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса предложили название «оганессон» (oganeson) и символ Og. Предложение следует традиции оказания чести и отражает признание новаторского вклада профессора Юрия Оганесяна в исследование трансактинидных элементов. В числе его многих достижений — открытие сверхтяжелых элементов и значительный прогресс в ядерной физике сверхтяжелых элементов, включая экспериментальное подтверждение существования «острова стабильности».

Отдельный день симпозиума был посвящен настоящим и будущим ускорительным комплексам тяжелых ионов и радиоактивных ядер в ведущих научных центрах мира. Проекты SPIRAL2, RIKEN RI Beam Factory, FAIR, DRIBs, NICA, RIB представили руководители этих проектов Х.Энио, Х.Шейденбергер, С.Н.Дмитриев, Г.В.Трубников, Г.Боллен, А.Июкинен, Р.Барк, Ф.Ибрагим.

Перед началом симпозиума в течение двух дней проходила сателлитная школа «Современная физика и ядерная медицина». Лекции для студентов, аспирантов и преподавателей КФУ по современным проблемам ядерной физики и ядерной медицины прочли А.В.Карпов, Г.В.Трубников, Ю.Э.Пенионжкевич, В.Г.Егоров, А.В.Белушкин, П.Ю.Апель, Е.М.Сырсин, С.З.Пакуляк.

Всего на симпозиуме было заслушано около 80 устных докладов и представлено около 40 постерных докладов. Все они будут опубликованы в виде специального выпуска в издательстве «World Scientific».

Во время пребывания в Казани руководство ОИЯИ провело встречу с ректором и проректорами КФУ, на которой была достигнута договоренность о подписании рамочного договора о сотрудничестве между ОИЯИ и КФУ по подготовке высококвалифицированных специалистов и научном сотрудничестве.

С 19 по 24 сентября в Дубне в большом конференц-зале Лаборатории физики высоких энергий проходил 23-й Международный Балдинский се-

минар по проблемам физики высоких энергий «*Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика*», который в среде физиков традиционно называют «Балдинская осень». Семинар продолжил серию конференций, основанных академиком А. М. Балдиным совместно с академиком М. А. Марковым в 1969 г. Поскольку в 2016 г. исполнилось 90 лет со дня рождения Александра Михайловича Балдина, этот семинар был посвящен его памяти.

В своем приветственном слове директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев остановился на научных и организационных заслугах А. М. Балдина и пожелал собравшимся в Дубне ученым успешной работы. О большом значении семинара и его поддержке со стороны Международного союза теоретической и прикладной физики (IUPAP) рассказал директор ЛФВЭ профессор В. Д. Кекелидзе. Участников семинара приветствовал также заместитель руководителя администрации города Н. А. Смирнов.

Семинар собрал рекордное число участников — 250 физиков из 22 стран мира. Было представлено 157 докладов, из них 57 — на пленарных заседаниях и 100 — на параллельных секциях. Доклады охватывали результаты исследований практически всех крупных физических мировых центров, таких как ЦЕРН (Швейцария), GSI (Германия), BNL (США) и многих других. Семинар был поддержан грантом РФФИ и грантом директора ОИЯИ. Было много молодежи — более четверти участников моложе 35 лет.

В первый день работы семинара были представлены доклады, посвященные деятельности А. М. Балдина. Выступили профессора А. И. Малахов, В. В. Буров, А. Д. Коваленко, С. Б. Герасимов. Начальник сектора ЛФВЭ А. А. Балдин рассказал о некоторых методологических и философских идеях академика А. М. Балдина, П. И. Зарубин — о ряде результатов, полученных на ядерных пучках синхротрона и нуклотрона. С интересными сообщениями выступили приглашенные профессора Л. Пондром (США) и Н. П. Коноплева (Москва).

В первый день также были заслушаны доклады от крупных коллабораций на Большом адронном коллайдере LHC, в частности от коллаборации CMS (И. Н. Горбунов, ОИЯИ) и коллаборации ATLAS (М. Пшибычень, Польша). А. Д. Коваленко (ОИЯИ) сделал сообщение о подготовке работы с поляризованными протонами и дейтронами. Э. Томази-Густафссон (Франция) доложила о достижениях в области изучения электромагнитной структуры адронов. В. И. Кувшинов (Белоруссия) сделал теоретический доклад об эволюции цветных состояний в вакууме на больших расстояниях.

На пленарных секциях заслушивались наиболее значимые результаты исследований, как теоретические, так и экспериментальные. Выступили докладчики из ОИЯИ, Санкт-Петербурга, Москвы, Гатчины, а также из Казахстана, Швеции, Германии,

Франции, США, Бразилии, Южной Африки, Чехии, Южной Кореи, Польши, Словакии, Белоруссии.

Во второй день работы семинара были представлены теоретические обзоры: Д. Блашке — о новом развитии теории для комплекса NICA, С. Кулагин — о ядерных партонных распределениях, А. Андрианов — о киральном дисбалансе в КХД, О. В. Теряев — о поляризации гиперонов в столкновениях тяжелых ионов, А. Захаров — о границах массы гравитона из анализа траектории ярких звезд в центре Галактики. Новые экспериментальные данные были представлены В. Г. Недорезовым (GRAAL), Дж. Ритманом (FAIR/PANDA).

В третий день с интересными докладами, посвященными эксперименту BES-III, выступили А. Купш и А. Дебесси; Д. Марханд (PRAE) и С. Басслер (Nab) рассказали об экспериментальных программах, в которых они участвуют. В теоретических обзорах В. В. Бурова и Л. Томио обсуждался подход Бете–Солпитера, Дж. Клейманс представил термальную модель для малых систем, А. Катаев рассказал о новом представлении ренормализационной группы.

В четвертый день П. Федерик, М. Токарев, А. Тараненко, П. Федерикова обсуждали новейшие данные экспериментов на RHIC/STAR и LHC. С. Олсен сделал интересный доклад о возможности изучения $X(3872)$ мезонной структуры в околопороговых pp - и pA -столкновениях. Е. Головач представил доклад от коллаборации CLAS/CLAS12 о новых состояниях адронного вещества. Теоретические доклады С. Б. Герасимова, В. К. Лукьянова и Б. Словинского были посвящены различным аспектам фотон- и пион-ядерного рассеяния.

В пятый день В. П. Ладыгин сделал обзор исследований сжатого барионного вещества в GSI, Р. Щикер и С. Киселев представили новейшие результаты коллаборации ALICE/LHC, Й. Ванг рассказал о поляризационных измерениях в pp -рассеянии. И. А. Савин обсудил азимутальные асимметрии в эксперименте COMPASS. Х. Махнер посвятил свой доклад связанным состояниям эта-мезонов, а Ю. С. Суровцев — влиянию эта-эта-канала в чармонии и боттомонии.

В заключительный день семинара обсуждались статус и перспективы экспериментальных исследований. Так, в докладе В. Барта был представлен сверхпроводящий CW-LINAC для ускорения тяжелых ионов в GSI. В. Д. Кекелидзе посвятил подробный доклад проекту NICA, с которым связано развитие ЛФВЭ. М. Янек рассказал об исследованиях на нуклотроне с использованием поляризованных и неполяризованных пучков дейтронов. М. Пасюк сделала обзор эксперимента «GlueX» в JLAB. Обзорный доклад С. С. Шиманского был посвящен 45-летию исследований кумулятивного эффекта.

П. И. Зарубин представил результаты эксперимента «Беккерель» по изучению кластерной структуры легких ядер. А. И. Малахов в докладе о раз-

вители подхода А. М. Балдина для релятивистских ядерных взаимодействий продемонстрировал хорошее согласие предсказаний с экспериментальными данными LHC.

Параллельные секции были сгруппированы по следующим тематикам: столкновения релятивистских тяжелых ионов, динамика множественного рождения частиц, прикладное использование релятивистских пучков, квантовая хромодинамика на больших расстояниях, адронная спектроскопия и мультикварки, кумулятивные и подпороговые процессы, поляризационные явления и спиновая физика, исследование экзотических ядер в релятивистских

пучках, ускорительная техника (статус и перспективы), структурные функции адронов и ядер, проект NICA/MPD в ОИЯИ. В работе параллельных секций участвовали ученые из ОИЯИ, российских городов Москвы, Санкт-Петербурга, Гатчины, Саратова, Протвино, Самары, Йошкар-Олы, научных центров Сербии, Казахстана, Чехии, Польши, Украины, Ирана, Китая, Белоруссии, Монголии, Румынии. Практически все доклады вызвали живой интерес и полезные научные дискуссии.

Ознакомиться с докладами, которые также будут опубликованы в EPJ Web of Conferences, можно на сайте семинара: <http://relnp.jinr.ru/ishepp/index.html>.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2016 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 386 международных конференциях и совещаниях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на совещании коллаборации NEMO/SuperNEMO (Бардонеккья, Италия); 7-м совещании коллаборации JUNO (Сямынь, Китай); совещании по компактному линейному коллайдеру (CLIC-2016) (Женева, Швейцария); рабочем совещании коллаборации NOVA (Даллас, США); 52-й Зимней школе по теоретической физике (Лондек-Здруй, Польша); совещании «Дифракция нейтронов-2016» (Гатчина, Россия); Координационном совещании МАГАТЭ по продвинутым модераторам (Вена, Австрия); ежегодном совещании NUSTAR (Дармштадт, Германия); 50-й Зимней школе ПИЯФ НИЦ КИ (Санкт-Петербург, Россия); 31-м совещании коллаборации HADES (Дармштадт, Германия); 50-й Школе ПИЯФ по физике конденсированного состояния (Зеленогорск, Россия); 20-м Международном симпозиуме «Нанозифика и наноэлектроника» (Нижний Новгород, Россия); международной научно-практической конференции «Радиационная онкология-2016» (Москва, Россия); 26-м совещании коллаборации реакторного нейтринного эксперимента «Дауа Вау» (Пекин, Китай); 23-й Научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (в университете «Дубна») (Дубна, Россия); 5-й конференции «Проблемы математической и теоретической физики и математическое моделирование» (Москва, Россия); рабочем совещании по эксперименту JUNO (Юлих, Германия); 1-й Международной конференции по радиоаналитической и ядерной химии (RANC-2016) (Будапешт, Венгрия); 27-м рабочем совещании коллаборации CBM (Дармштадт, Германия); международном совещании «Проверка фундаментальных симметрий и взаимодействий с УХН» (Майнц, Германия); семинаре по сверхпро-

водниковым детекторам и квантовым технологиям (Москва, Россия); 6-й Всероссийской конференции «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем» (Москва, Россия); 8-й ежегодной конференции «Полиномиальная компьютерная алгебра» (РСА'2016) (Санкт-Петербург, Россия); 2-й конференции международного гуманитарного проекта «Минская инициатива» «Чернобыль: преодоление. Вклад научной и творческой интеллигенции Беларуси, России и Украины» (Минск, Белоруссия); 22-й Всероссийской научной конференции студентов-физиков (Ростов-на-Дону, Таганрог, Россия); 10-й Центрально-европейской школе по нейтронным методам (Будапешт, Венгрия); 7-й Международной конференции по ускорителям частиц (IPAC-2016) (Бусан, Республика Корея); 18-м Международном семинаре по исследованию конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов (Познань, Польша); Всероссийской конференции по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники (Москва, Россия); 55-й ежегодной конференции рабочей группы по протонной терапии (PTCOG-55) (Прага, Чехия); 11-й Международной конференции по аспектам кластеризации ядерных структур и динамике (Неаполь, Италия); Международной конференции по физике жидкостей: современные проблемы (PLMMP-2016) (Киев, Украина); Нобелевском симпозиуме NS-160 «Химия и физика тяжелых и сверхтяжелых элементов» (Скания (Bäckaskog Castle), Швеция); международной конференции «Критическая точка и начало деконфайнмента» (CPOD-2016) (Вроцлав, Польша); совещании по проекту PANDA (Дармштадт, Германия); Международной конференции группы пользователей процессоров Intel Xeon Phi (Санкт-Петербург, Россия); 15-й Европейской конференции по порошковой дифракции (EPDIC-15) (Бари, Италия); Международной школе по субъ-

ядерной физике (54-й курс) «Горизонты новой физики в эру LHC-2» (Эриче, Италия); 5-м Международном совещании по численному моделированию высокотемпературных сверхпроводников (Болонья, Италия); совещании «Неделя CMS» (Женева, Швейцария); 1-й Международной конференции по технологии криогеники и рефрижерации (Бухарест, Румыния); рабочем совещании по неупругому рассеянию нейтронов «Спектрина-2016» (Гатчина, Россия); 35-м Международном совещании по теории ядра (Говедарци, Болгария); 27-й Карпатской летней школе по физике (CSSP-16) (Синая, Румыния); 27-й Международной конференции по нейтринной физике и астрофизике (Neutrino-2016) (Лондон, Великобритания); 14-й Международной конференции по магнитным жидкостям (Екатеринбург, Россия); 18-м совещании GDRE «Тяжелые ионы при релятивистских энергиях» (Нант, Франция); 16-м Международном Балканском совещании по прикладной физике и материаловедению (Констанца, Румыния); конференции «Классические и квантовые интегрируемые системы» (Санкт-Петербург, Россия); рабочем совещании коллаборации JUNO (Пекин, Китай); международной конференции «Квантовая теория поля и гравитация» (QFTG-2016) (Томск, Россия); 38-й Международной конференции по физике высоких энергий (ICHEP-2016) (Чикаго, США); конференции «Последние достижения в области квантовых интегрируемых систем» (RAQIS'16) (Женева, Швейцария); Европейской школе по экзотическим пучкам (Майнц, Германия); Закопанской конференции по ядерной физике (Закопане, Польша); 12-й конференции «Кварковый конфайнмент и адронный спектр» (Салоники, Греция); 9-й Международной конференции по ядерной химии и радиохимии (Хельсинки, Финляндия); 42-й конференции Европейского общества радиационных исследований (Амстердам, Нидерланды); Международном совещании по структуре адронов и спектроскопии и совещании коллаборации COMPASS (IWHSS-2016) (Зеон, Германия); 12-й Европейской конференции по атомам, молекулам и фотонам (ECAMP-12) (Франкфурт-на-Майне, Германия); 11-й Международной конференции по физике передовых материалов и 2-й Осенней школе по физике передовых материалов (ICRAM-11 и RAMS-2) (Клуж-Напока, Румыния); 26-й Международной конференции по ядерной физике (INPC-2016) (Аделаида, Австралия); международной конференции «Ядерные данные для науки и технологии» (ND-2016) (Брюгге, Бельгия); 7-й Российской молодежной школе по радиохимии и ядерным технологиям (Озерск, Россия); 21-й Международной конференции по циклотронам и их применению (Цюрих, Швейцария); Международной школе по физике астрочастиц (Милан, Италия); международной кон-

ференции и школе молодых ученых в МФТИ «Сверхпроводящие гибридные наноструктуры: физика и применение» (Долгопрудный, Россия); 18-м Международном совещании по компьютерной алгебре в научных вычислениях (CASC-2016) (Бухарест, Румыния); 22-м Международном симпозиуме по спиновой физике (SPIN'16) (Эрбана, США); 28-м совещании коллаборации CBM (Тюбинген, Германия); международной конференции «Биомембраны-2016: механизмы старения и возрастные заболевания» (Долгопрудный, Россия); 17-й Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле» (Москва, Борок, Россия); международной конференции «Суперкомпьютерные дни в России» (Москва, Россия); 23-м совещании по ядерной физике «Мари и Пьер Кюри» (Казимеж-Дольны, Польша); 4-м совещании по малоугловому рассеянию нейтронов («МУРомец-2016») (Гатчина, Россия); 2-й Международной конференции по физике элементарных частиц и астрофизике (ICPPA-2016) (Москва, Россия); Всероссийской научной конференции «Мембраны-2016» (Нижний Новгород, Россия); 18-й Международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (DAMDID / RCDL-2016) (Ершово, Москва, Россия); международной конференции по ядерной спектроскопии и структуре ядра «Ядро-2016» (Саров, Россия); малом трехстороннем совещании по теоретической физике (Кошице, Словакия); 11-й конференции «Новые возможности для улучшения программного обеспечения пользовательских групп синхротронных, нейтронных и мюонных источников» (Копенгаген, Дания); 32-м совещании коллаборации HADES (Париж, Франция); 7-й Международной конференции по оптической спектроскопии, лазерам и их применениям (Каир, Египет); совещании коллаборации NOVA (Багамы, США); 6-м Международном совещании Союза по управляемым компактными ускорителями нейтронным источникам (UCANS-VI) (Сиань, Китай); 6-й Международной конференции по делению и свойствам нейтрон-избыточных ядер (Санибел, США); конференции «Медленный контроль» (Варшава, Польша); 1-м Российском кристаллографическом конгрессе «От конвергенции наук к природоподобным технологиям» (Москва, Россия); 25-й Российской конференции по ускорителям частиц (RuPAC-2016) (Санкт-Петербург, Россия); 59-м совещании коллаборации PANDA (Дармштадт, Германия); 27-м совещании коллаборации реакторного нейтринного эксперимента «Daya Bay» (Тайбэй, Китай (Тайвань)); Международном совещании по суперсимметрии в интегрируемых системах (SIS'16) (Ганновер, Германия).

**СПРАВКА О РАЗВИТИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И СВЯЗЕЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 2016 Г.**

1.	Краткосрочные командировки в ОИЯИ специалистов из стран-участниц (не считая российских специалистов)	1175
2.	Командировки в ОИЯИ специалистов из других стран, в том числе из стран ассоциированного участия	832 351
3.	Командировки специалистов ОИЯИ в страны-участницы (без командировок по России)	1133
4.	Командировки сотрудников ОИЯИ в другие страны, в том числе в страны ассоциированного участия	1717 224
5.	Конференции, школы, совещания, проведенные ОИЯИ	101
6.	Новые соглашения о сотрудничестве (меморандумы о намерениях), приложения к существующим	16

**ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ,
ПРОВЕДЕННЫХ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2016 Г.***

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	26-е заседание Объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ	Париж	18–19 января	10
2.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	20–22 января	60
3.	23-я Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование»	Дубна	25–30 января	254
4.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	28–29 января	64
5.	Дни ОИЯИ в Латинской Америке	Гавана	1–5 февраля	120
6.	119-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	18–19 февраля	66
7.	Совещание пользователей проекта «xFitter» «Партонные распределения для Стандартной модели и за ее пределами»	Дубна	18–20 февраля	33
8.	Дни ОИЯИ в Словакии. Открытие выставки, посвященной 60-летию ОИЯИ	Кошице, Братислава, Словакия	22–25 февраля	95
9.	29-е совещание рабочей группы Европейской экономической комиссии ООН Международной координационной программы по растительности	Дубна	29 февраля – 5 марта	93
10.	Совещание рабочей группы по финансовым вопросам ОИЯИ при председателе КПП	Дубна	10–11 марта	28
11.	20-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов (ОМУС-2016)	Дубна	14–18 марта	202
12.	29-е рабочее совещание коллаборации FCAL	Дубна	21–22 марта	32
13.	Дни физики в Дубне	Дубна	27–29 марта	200
14.	Дни Чехии в ОИЯИ	Дубна	29–31 марта	95
15.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Дубна	1–2 апреля	110
16.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	4–5 апреля	131
17.	Дни ОИЯИ в Болгарии. Круглый стол. Открытие выставки, посвященной 60-летию ОИЯИ	София	7–9 апреля	100

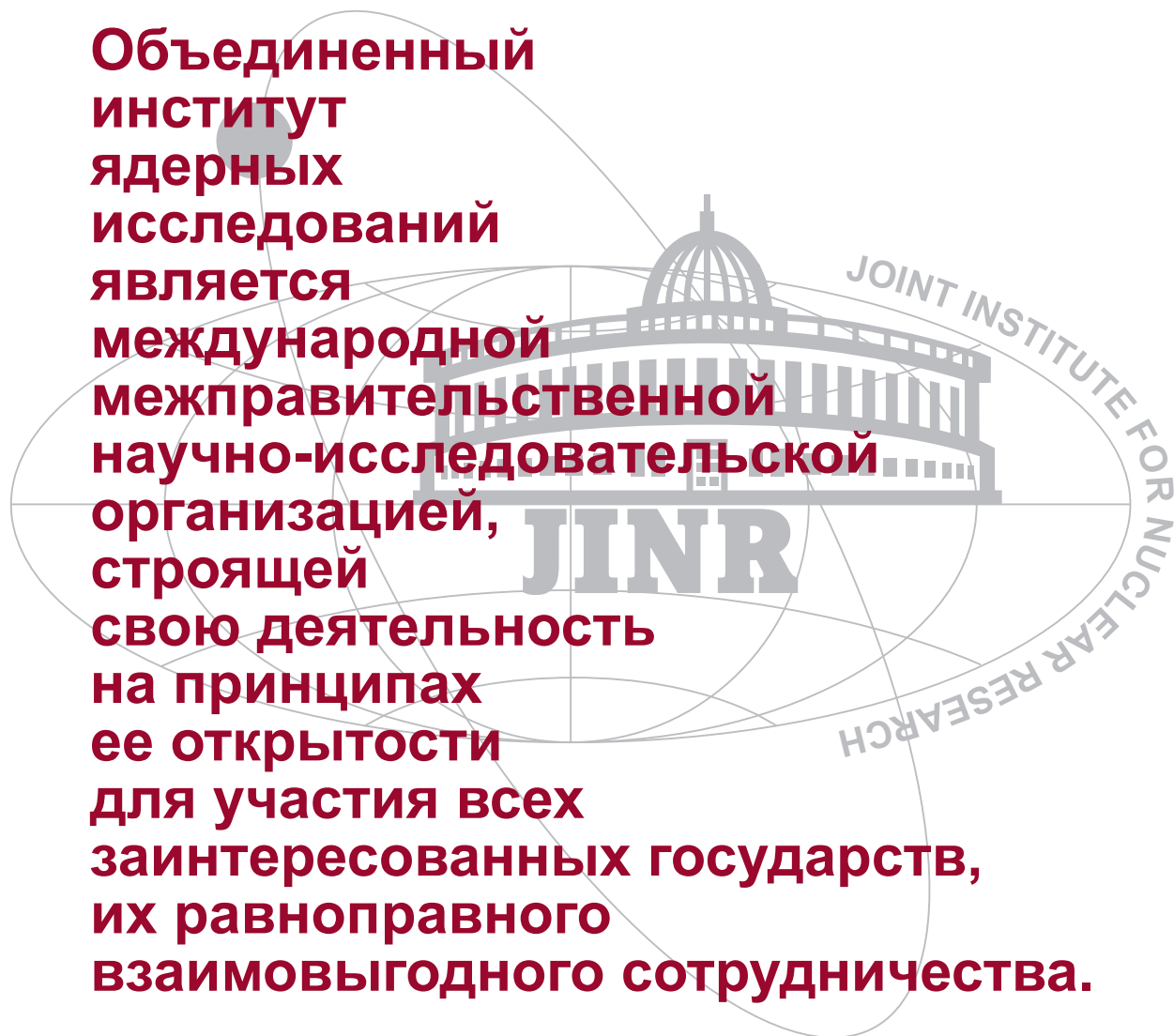
*Ряд конференций проведен совместно с другими организациями, многие мероприятия были посвящены 60-летию ОИЯИ. Проводились также заседания Научно-технического совета (8) и Технического совета ОИЯИ (3). Кроме того, ОИЯИ содействовал организации и проведению 25-й Российской конференции по ускорителям частиц (RuPAC-2016), Байкальской трехсторонней конференции по вопросам астрофизики и некоторых других мероприятий.

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
18.	20-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применение»	Дубна	9–24 апреля	54
19.	Научная сессия Отделения физических наук Российской академии наук	Дубна	11 апреля	115
20.	Международная сессия-конференция «Физика фундаментальных взаимодействий» Секции ядерной физики Отделения физических наук РАН	Дубна	12–15 апреля	431
21.	День ОИЯИ в Венгрии	Будапешт	14 апреля	35
22.	Совещание по фотоумножителям и электронике JUNO / Европейское совещание по проекту JUNO	Дубна	16–19 апреля	76
23.	Рабочая встреча по выработке политики Европейского стратегического форума по исследовательским инфраструктурам (ESFRI) и решению сопутствующих вопросов	Дубна	20 апреля	23
24.	10-е Международное совещание «Применение лазеров и накопительных устройств в исследовании атомных ядер» («Лазер-2016»)	Познань, Польша	16–19 мая	95
25.	Рабочее совещание коллаборации COMET	Минск	16–20 мая	82
26.	9-я Весенняя школа по ядерной физике «Дни ОИЯИ в Болгарии»	Боровец, Болгария	16–20 мая	60
27.	Первый этап международной студенческой практики (для студентов АРЕ)	Дубна	23 мая – 11 июня	32
28.	24-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-24)	Дубна	24–27 мая	126
29.	19-е рабочее совещание по компьютерной алгебре	Дубна	24–25 мая	50
30.	19-й Международный семинар по физике высоких энергий «Кварки-2016»	Санкт-Петербург, Россия	29 мая – 4 июня	242
31.	Международная конференция «Современные направления в радиобиологии и физиологии»	Дубна	1–2 июня	26
32.	Дни ОИЯИ в Молдове	Кишинев	1–3 июня	40
33.	3-я Международная конференция по малоугловому рассеянию нейтронов (к 80-летию со дня рождения Ю. М. Останевича)	Дубна	6–9 июня	123
34.	Дни ОИЯИ в Монголии	Улан-Батор	6–9 июня	60
35.	6-я Международная конференция по современной физике (ICSP-VI)	Улан-Батор	7–10 июня	60
36.	5-я Школа-конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ «Алушта-2016»	Алушта, Крым	6–12 июня	89
37.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	7–10 июня	57
38.	Дни ОИЯИ в Казахстане. Совещание «Достижения и перспективы ядерно-физических исследований на ускорителе тяжелых ионов DC-60»	Астана	14–18 июня	40
39.	24-я Международная конференция «Интегрируемые системы и квантовые симметрии» (ISQS-24)	Прага	14–18 июня	80
40.	Европейская школа по физике высоких энергий (школа ЦЕРН–ОИЯИ)	Скайкампен, Норвегия	15–28 июня	130
41.	Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ	Дубна	19–25 июня	34
42.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	20–21 июня	70
43.	Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	23–24 июня	66

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
44.	Школа для учителей физики из Москвы	Дубна	26 июня – 1 июля	19
45.	Совещание технического консультативного совета по проекту «Байкал-GVD»	Дубна	27–30 июня	20
46.	Совместное ЛТФ ОИЯИ и SKLTP AN KHP совещание по физике сильновзаимодействующих систем	Дубна	28 июня – 3 июля	56
47.	Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	30 июня – 1 июля	70
48.	Летняя школа «Социокультурная морфология малого города: авторы, практики, учреждения (Дубна)»	Дубна	3–12 июля	60
49.	Второй этап международной студенческой практики	Дубна	4–25 июля	89
50.	Международное рабочее совещание по физике малочастичных систем (FBS-Dubna-2016)	Дубна	4–7 июля	43
51.	7-я Международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2016)	Дубна	4–9 июля	248
52.	16-я Международная Байкальская школа по физике элементарных частиц и астрофизике	Большие Коты, Россия	8–15 июля	74
53.	20-я Школа молодых ученых и специалистов	Дубна	15–17 июля	50
54.	Гельмгольцевская международная летняя школа «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков»	Дубна	18–30 июля	81
55.	Школа для польских учителей физики	Дубна	24–30 июля	15
56.	Международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы»	Дубна	31 июля – 7 августа	48
57.	34-я Всероссийская конференция по космическим лучам (RCRC-2016)	Дубна	15–19 августа	150
58.	10-е совместное APCTP–ЛТФ ОИЯИ–RCNP–RIKEN совещание по ядерной и адронной физике	Вако, Япония	17–21 августа	80
59.	Совещание коллаборации NA62	Дубна	22–27 августа	80
60.	Школа в ЦЕРН для старшекласников из РФ	Женева, Швейцария	22–27 августа	19
61.	Студенческий тренинг «Исследование перспективных материалов методами нейтронного рассеяния»	Дубна	27 августа – 4 сентября	35
62.	Гельмгольцевская международная летняя школа «Космология, струны и новая физика»	Дубна	29 августа – 10 сентября	75
63.	8-й Международный симпозиум по физике экзотических состояний ядер (EXON'2016)	Казань, Россия	5–10 сентября	140
64.	Третий этап международной студенческой практики для студентов из Белоруссии, Кубы, Сербии и ЮАР	Дубна	5–23 сентября	32
65.	19-я ежегодная конференция коллаборации RDMS CMS	Варна, Болгария	6–11 сентября	60
66.	Международное совещание «Ускорительный комплекс NICA: проблемы и решения»	Созополь, Болгария	10–17 сентября	40
67.	Международное совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы и суперсимметрии»	Тяньцзинь, Китай	19–24 сентября	56

Номер	Наименование мероприятия	Место проведения	Время проведения	Количество участников
68.	23-й Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика»	Дубна	19–24 сентября	204
69.	120-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	22–23 сентября	61
70.	72-е заседание совета Отделения ядерной физики Европейского физического общества	Дубна	26–30 сентября	26
71.	Международная конференция «Новые тенденции в физике высоких энергий»	Будва, Черногория	3–8 октября	90
72.	4-е Международное совещание «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона»	Дубна	6 октября	55
73.	Заседание рабочей группы по финансовым вопросам при председателе КПП	Баку	11–15 октября	37
74.	Дни ОИЯИ в Азербайджане	Баку	12–14 октября	37
75.	Дни ОИЯИ в Армении	Ереван	18–22 октября	30
76.	7-я школа ОИЯИ–ЦЕРН по информационным технологиям «Грид и административно-управленческие системы ЦЕРН»	Дубна	24–28 октября	94
77.	Школа в ЦЕРН для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ	Женева, Швейцария	30 октября – 6 ноября	49
78.	Совещание рабочей группы по теории адронной материи при экстремальных условиях	Дубна	31 октября – 3 ноября	79
79.	Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок»	Дубна	7–11 ноября	80
80.	Круглый стол «Актуальные проблемы общей и космической радиобиологии и астробиологии. Генетические и эпигенетические эффекты ионизирующих излучений»	Дубна	9–11 ноября	62
81.	Совещание «Перспективы развития сотрудничества FAIR–NICA в области науки и образования»	Дармштадт, Германия	16 ноября	44
82.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Краков, Польша	18–19 ноября	86
83.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Краков, Польша	21–22 ноября	86
84.	Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	Дубна	28 ноября – 4 декабря	61
85.	Форум «ЮАР–ОИЯИ: 10 лет вместе»	Претория, ЮАР	28–29 ноября	85
86.	16-я сессия Объединенного координационного комитета по сотрудничеству ЮАР и ОИЯИ в рамках форума «ЮАР–ОИЯИ: 10 лет вместе»	Претория, ЮАР	1 декабря	85
87.	Совместное совещание ОИЯИ – iThemba LABS	Кейптаун, ЮАР	2 декабря	85
88.	19-я ежегодная конференция «Наука. Философия. Религия»	Дубна	5–6 декабря	52
89.	Рабочее совещание по проекту TANGRA	Дубна	8–9 декабря	26
90.	Международный семинар «Биология и материалы» (BIOMAT)	Дубна	12–13 декабря	49

**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, 18–19 февраля. 119-я сессия Ученого совета ОИЯИ





Дубна, 26 марта. Торжественное заседание, посвященное 60-летию
Объединенного института ядерных исследований



Дубна, 5 апреля.
Праздничные мероприятия,
посвященные
60-летию ОИЯИ





Краков
(Польша),
21–22 ноября.
Сессия КПП
ОИЯИ





Гавана (Куба),
1–5 февраля.
Дни ОИЯИ
в Латинской Америке

Словакия, 22–25 февраля. Дни ОИЯИ в Словакии, посвященные 60-летию Института





София (Болгария), 7–9 апреля. Дни ОИЯИ, посвященные 60-летию Института

Улан-Батор (Монголия), 6–9 июня. Участники Дней ОИЯИ в Монголии

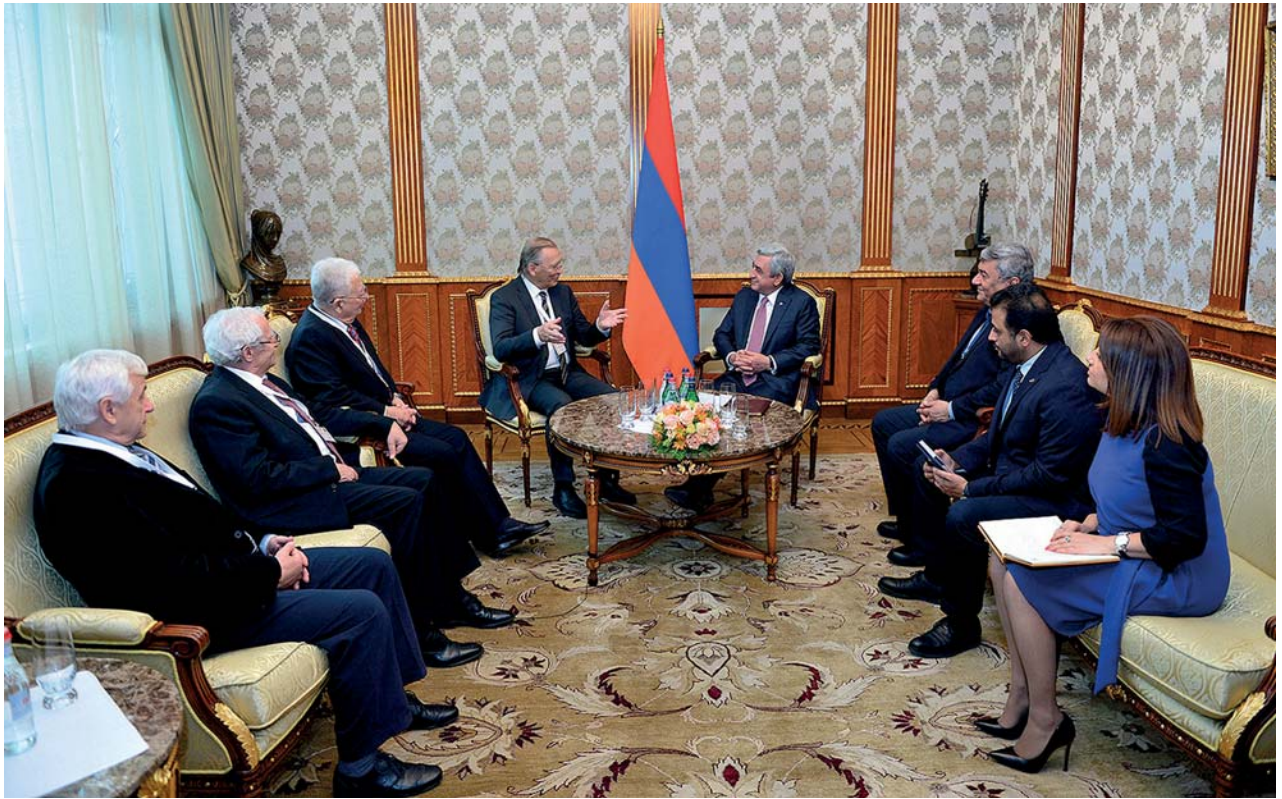




Астана (Казахстан), 14–18 июня. Участники праздничных мероприятий, посвященных 60-летию ОИЯИ

Баку (Азербайджан), 12–14 октября. Участники Дней ОИЯИ в Азербайджане





Ереван (Армения), 18–22 октября. Дни ОИЯИ в Армении, посвященные 60-летию ОИЯИ

Претория (ЮАР), 1 декабря.

Участники 16-й сессии Объединенного координационного комитета по сотрудничеству ЮАР и ОИЯИ в рамках форума «ЮАР–ОИЯИ: 10 лет вместе», посвященного 60-летию Института





Дубна, 25 марта. Церемония закладки первого камня мегасайенс проекта НИСА

Дубна, 1–2 апреля. Заседание Финансового комитета ОИЯИ





Дубна, 20–22 января. Заседание Программно-консультативного комитета по ядерной физике



Дубна, 30 июня – 1 июля.
Сессия ПКК по физике конденсированных сред.
Председатель ПКК
В. Канцер знакомится
со стендовыми докладами
молодых ученых

Дубна, 28–29 января. Заседание Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред. Слева: с работами молодых ученых знакомится член комитета Р. Саладино (Италия). Справа: член ПКК Э. Бурзо (Румыния) вручил диплом Академии наук Румынии Д. П. Козленко (ЛНФ)





Дубна, 26–30 сентября. 72-е заседание совета Отделения ядерной физики Европейского физического общества, посвященное 60-летию ОИЯИ



Москва, 13 апреля. Подписание Соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и МАГАТЭ



Будва (Черногория), 3–8 октября. Международная конференция
«Новые тенденции в физике высоких энергий»

Дармштадт (Германия), 16 ноября. Участники совещания
«Перспективы развития сотрудничества NICA–FAIR в области науки и образования»





Скайкампен (Норвегия), 15–28 июня. Организаторы и слушатели Европейской школы по физике высоких энергий, посвященной 60-летию ОИЯИ

Казань (Россия), 5–10 сентября.
Участники Международного симпозиума по физике экзотических состояний ядер «EXON'2016»



Дубна, 1 ноября.
Презентация Музея
истории науки
и техники ОИЯИ



Дубна, 30 августа. Экскурсия в лаборатории ОИЯИ
для журналистов Альянса руководителей региональных СМИ России (АРС-ПРЕСС) и пресс-конференция





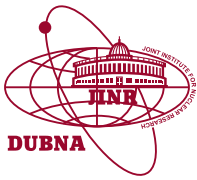
Дубна, 24 июля. Открытие памятника Д. И. Менделееву на городской набережной

2016

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММЫ ОИЯИ**

JOINT INSTITUTE
FOR NUCLEAR
RESEARCH

IINR



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2016 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 исследовательских центрах с участием ОИЯИ. По результатам проведенных исследований опубликовано около 500 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций. Ряд исследований был выполнен в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ, Бразилии, Германии, Египта, 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 2016 г. более 600 ученых приняли участие в 11 международных конференциях, совещаниях и школах, организованных ЛТФ в Дубне и странах-участницах ОИЯИ. Международное сотрудничество ЛТФ было поддержано грантами полномочных представителей Болгарии, Чехии, Польши, Словакии, Венгрии, Румынии, 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 теоретическим отделом ЦЕРН, Азиатско-Тихоокеанским центром теоретической физики (Республика Корея), Институтом теоретической физики АН КНР. 19 исследовательских проектов и 4 конференции и школы были поддержаны грантами РФФИ. Особое внимание уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа по теоретической физике» (DIAS-TH). Более 130 аспирантов и молодых ученых участвовали в школах, организованных DIAS-TH. Лаборатория играет роль учебного центра для молодых ученых и студентов из многих стран. В настоящее время треть научных кадров лаборатории составляют молодые ученые и аспиранты. Помимо основной программы сотрудничества в лаборатории на долгосрочной основе работают несколько молодых исследователей из стран, не являющихся странами-участницами ОИЯИ: Аргентины, Индии, Японии, Мексики и Таджикистана.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теория фундаментальных взаимодействий

В 2016 г. работа проводилась в рамках следующих проектов:

- Стандартная модель и ее расширения;
- партонные распределения в КХД для современных и будущих ускорителей;
- физика тяжелых и экзотических адронов;
- адронная материя в экстремальных условиях.

Проведено систематическое изучение лидирующих ультрафиолетовых расходимостей для амплитуд рассеяния на массовой поверхности в калибровочных теориях с максимальной суперсимметрией в $D = 6, 8$ и 10 измерениях. Произведено суммирование лидирующих ультрафиолетовых расходимостей с помощью дифференциальных уравнений, являющихся обобщением уравнений ренормгруппы на неперенормируемые теории. Получено численное

решение этих уравнений в общем случае в $D = 6, 8$ и 10 измерениях. Главным моментом является то, что суммирование бесконечных рядов для лидирующих и подлидирующих расходимостей не улучшает ситуацию и не позволяет устранить регуляризацию и получить конечный ответ. Это означает, что, несмотря на многочисленные сокращения расходящихся диаграмм, эти теории остаются неперенормируемыми [1].

Исследовано динамическое нарушение киральной симметрии в $(2 + 1)$ -мерной КЭД с N четырехкомпонентными фермионами. Вычислены ведущий и следующий за ним порядки $1/N$ -разложения. Анализ проведен в произвольной нелокальной калибровке. Пересуммирование с учетом константы перенормировки волновой функции дает сильное подавление калибровочной зависимости критического числа фермионного аромата $N_c(\xi)$, где ξ — калибровочный параметр. Динамическое нарушение киральной симметрии происходит для $N < N_c(\xi)$. Полученные результаты свидетельствуют о том, что динамическое нарушение киральной симметрии имеет место для целых значений $N \leq 3$. Использование соответствия между результатами в редуцированной QED_{4,3} и в QED₃ позволяет получить также точное уравнение для щели в графене в инфракрасной лоренц-инвариантной неподвижной точке, где система описывается эффективной теорией релятивистского типа. Эти результаты находятся в хорошем согласии со значениями, найденными в моделях с мгновенным кулоновским взаимодействием [2].

Получены представления в виде интегралов по грассманианам для древесных калибровочно-инвариантных амплитуд (реджеонных амплитуд) с произвольным числом ног, с одной из них вне массовой поверхности для случая максимальной суперсимметричной теории Янга–Миллса и обычной глюодинамики. Сделано обобщение данного результата на случай произвольного числа ног вне массовой поверхности. Получено описание амплитуд вне массовой поверхности на языке вспомогательной суперсимметричной цепочки [3].

Получены поправки на конечный размер для основного и возбужденных состояний в обобщенной модели Дикке [4].

В рамках Стандартной модели (СМ) выполнен расчет лидирующих четырехпетлевых поправок в бета-функцию сильной константы связи. Кроме КХД-вкладов было учтено юкавское взаимодействие топ-кварков, а также самодействие бозонов Хиггса. Численный анализ найденных поправок показал, что на масштабах, превышающих электрослабую шкалу, они на порядок больше полученного недавно пятипетлевого результата в рамках КХД [5].

В рамках ковариантной модели кварков исследована четырехкварковая структура недавно открытых заряженных $Z_c(3900)$, $Z(4430)$ и экзотических $X_b(5568)$ состояний. Установлено, что ток те-

тракваркового типа, который широко используется в ряде работ, ведет к значительному подавлению мод с DD^* -мезонами в конечном состоянии. В противоположность этому оказалось, что ток молекулярного типа обеспечивает усиление данных мод в 6–7 раз по сравнению с модами $J/\psi\pi$ и $\eta_{c\rho}$ в конечном состоянии в полном соответствии с недавними экспериментальными данными, полученными коллаборацией BES-III [6].

В рамках одного из возможных расширений СМ, в котором появляются вклады с «правыми» векторными (аксиальными) токами, «левыми» и «правыми» псевдоскалярными (скалярными), а также тензорными токами, были исследованы полулептонные распады B -мезона $B \rightarrow D(D^*) + \tau^- + \nu_\tau$ в связи с поиском возможных эффектов «новой физики». На основе сравнения с измеренными величинами отношений брэнчингов тау-лептонной и мюонной мод были получены ограничения на соответствующие коэффициенты Вильсона для данных операторов [7].

В молекулярных ионах водорода получены поправки во вклады в энергию в порядках $m\alpha^6$, $m\alpha^7$, учитывающие вибрационное движение ядер [8].

Вычислены энергии ионизации H_2^+ , HD^+ и D_2^+ , необходимые для определения масс легких ядер из прецизионной спектроскопии H_2 , HD и т. д. Вычислены уточненные значения фундаментальных переходов в ионах водорода, которые позволяют со значимой точностью определять такие фундаментальные константы, как константа Ридберга, радиус протона и отношение масс протона и электрона [9].

Проведен детальный статистический анализ реакторных данных по проверке одного из следствий квантово-полевой теории нейтринных осцилляций — нарушения классического закона обратных квадратов для зависимости скорости счета антинейтринных событий от расстояния. Найдено значение параметра нарушения $L_0 = 1,5–3,5$ м, которое соответствует взвешенному по спектру значению средней дисперсии импульса внешних in- и out-пакетов порядка 0,5–0,8 эВ [10].

В рамках правил сумм на световом конусе предложен теоретический подход для вычисления нульклонного аксиального формфактора для виртуальных в районе $Q^2 = 1–10$ ГэВ с учетом неведущих поправок по константе связи, что актуально в связи с появлением новых экспериментальных возможностей в изучении электроорождения пиона на пороге при больших передачах импульса [11].

Показано существование тороидальных структур в распределении завихренности в соударениях тяжелых ионов, названных фемтовихревыми слоями. Установлена их связь с поляризацией гиперонов, недавно обнаруженной экспериментально [12].

С использованием КХД-анализа данных HERMES для множественности рождения положительных и отрицательных пионов в полуинклюзивных неполяризованных процессах определены функ-

ции фрагментации u - и анти- u кварков в пионы и функции фрагментации глюонов. Анализ указывает на то, что разные представления данных HERMES (x, z) и (Q^2, z) не эквивалентны, тем самым несогласованы [13].

Ширина распада $\tau \rightarrow K^- \pi^0 \nu_\tau$ рассчитана в рамках модели Намбу–Иона-Лазинио с учетом вкладов промежуточных векторного $K^*(892)$ - и скалярного $K^*(800)$ -мезонов. Показано, что основной вклад в ширину этого распада дают подпроцессы с промежуточным W -бозоном и векторным $K^*(892)$ -мезоном. Скалярный канал с промежуточным $K^*(800)$ -мезоном дает незначительный вклад. Показано, что вклад подпроцессов с промежуточным $K^{*'}(1410)$ -мезоном также пренебрежимо мал [14].

Исследован вклад глоболов в уравнение состояния горячей глюонной материи ниже и выше T_c . Показано, что большие изменения масс скалярных и псевдоскалярных глоболов вблизи T_c определяют термодинамику $SU(3)$ -калибровочной теории. Представлены аргументы в обоснование того, что эти глоболы становятся безмассовыми при $T_G \approx 1,1T_c$, что критично для понимания поведения масштабной аномалии, найденной в решеточных вычислениях [15].

Предложен механизм спонтанного радиационного нарушения конформной симметрии в конформно-инвариантной версии СМ. Показано, что явление размерной трансмутации Коулмена–Вайнберга в СМ приводит к возникновению конечных вакуумных средних и, следовательно, масс скалярного и спинорных полей. Получена естественная связь между энергетическими масштабами масс топ-кварка и бозона Хиггса. Механизм Коулмена–Вайнберга был также исследован для случая суперсимметричной системы скалярного и спинорного полей [16].

Построен и протестирован новый генератор событий THESEUS для описания столкновений релятивистских тяжелых ионов, основанный на комбинации трехжидкостной гидродинамической модели и модели UrQMD, описывающей взаимодействие в конечном состоянии. В настоящее время этот генератор является единственным обеспечивающим симуляцию событий в диапазоне энергий NICA и FAIR с учетом уравнения состояния адронной материи, допускающим фазовый переход первого рода в отличие от обычно изучаемого перехода типа «кроссовер». В качестве первых результатов рассчитаны быстрое распределения протонов и наблюдаемые, касающиеся потока частиц [17].

Представлены результаты вычисления топологической восприимчивости при ненулевой температуре в рамках решеточной КХД с четырьмя динамическими ароматами кварков. Различные методы сглаживания, градиентный вильсоновский поток и охлаждение применялись к глюонным конфигурациям до вычисления восприимчивости. Показано, что результат практически не зависит от метода сглаживания.

При высокой температуре топологическая восприимчивость уменьшается неожиданно слабо [18].

Развит подход к описанию физического вакуума КХД как среды, описываемой в терминах статистического ансамбля почти всюду однородных абелевых (анти)самодуальных глюонных полей. Такие поля играют роль конформизирующей среды для заряженных по цвету полей и определяют механизм реализации киральных симметрий $SU_L(N_f) \times SU_R(N_f)$ и $U_A(1)$. Основанная на таком ансамбле глюонных полей адронизация ведет к эффективному мезонному действию, представленному в явной аналитической форме. Сильные, электромагнитные и слабые взаимодействия мезонов описываются нелокальными n -точечными вершинными функциями, которые вычисляются как кварк-глюонные петли, усредненные по ансамблю вакуумных глюонных полей. Получены новые систематические результаты для спектра и констант распадов радиально возбужденных легких, тяжело-легких мезонов и тяжелых кваркониев. Переходные формфакторы $F_{P\gamma^*\gamma^*}$ псевдоскалярных мезонов изучены совместно со спектром масс. Показано, что при асимптотически большом переданном импульсе Q^2 формфактор $Q^2 F_{\pi\gamma^*\gamma^*}(Q^2)$ стремится к постоянному значению. Асимптотика согласуется с данными коллаборации Belle в большей степени, чем с данными BaBar. В то же время для случая симметричной кинематики $Q^2 F_{P\gamma^*\gamma^*}(Q^2)$ получена асимптотика, совпадающая с ограничением гипотезы факторизации [19].

Теория структуры ядра и ядерных реакций

В 2016 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 помощью самосогласованных расчетов с силами Скирма f_- , учитывающих связь между одно- и двухфононными конфигурациями, рассчитаны g -факторы для нижайших состояний $2_{1,2}^+$ в $^{132,134,136}\text{Te}$. Получено хорошее согласие с имеющимися экспериментальными данными. Для состояния 2_1^+ в ^{136}Te найденный g -фактор оказывается отрицательным $(-0,18)$, что свидетельствует о нейтронной природе этого состояния. Напротив, для состояния 2_2^+ в ^{136}Te предсказывается большое положительное значение g -фактора $(+0,64)$. Это указывает на преимущественно протонный характер данного состояния, что соответствует состоянию со смешанной симметрией с сильно нарушенной F -спиновой симметрией [20].

Приближение случайной фазы с силами Скирма обобщено на случай ненулевых температур для вычисления силовой функции гамов-теллеровских (ГТ)

переходов в нейтральном канале для ядер, находящихся в нагретом веществе сверхновой. С использованием различных параметризаций сил Скирма исследовано влияние температуры ядра на распределение силы ГТ-переходов в ^{56}Fe и ^{82}Ge . Показано, что рассчитанные сечения и скорости слабых процессов с участием нагретых ядер не сильно зависят от параметров взаимодействия. В то же время из-за большой роли тепловых эффектов в разблокировке низкоэнергетических и экзотермических ГТ-переходов найденные сечения неупругого рассеяния нейтрино на нагретых ядрах оказываются существенно больше, чем предсказанные в других подходах [21].

Построен двухмерный коллективный гамильтониан, описывающий возбуждения в ядрах с нарушенной аксиальной симметрией, связанные с киральной симметрией и колебаниями с изгибом. Симметрии, нарушенные в приближении среднего поля, восстановлены в данном гамильтониане. Эта новая модель применена к системе из трехосного ротатора, связанного с протонной частицей и нейтронной дыркой на подболочке $h_{11/2}$. Угловые моменты и энергии состояний получены путем диагонализации гамильтониана. Результаты согласуются с точными решениями модели частица–ротатор при высоких частотах вращения [22].

С использованием усовершенствованной модели точки разрыва изучены изотопические тенденции зарядовых распределений осколков вынужденного деления четно-четных изотопов Th. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с имеющимися экспериментальными данными. С увеличением числа нейтронов происходит переход от симметричного к асимметричному делению. Показано, что это связано с изменением поверхности потенциальной энергии предразрывной конфигурации. Изменение формы массового распределения с ростом энергии возбуждения обсуждается для делящихся ядер ^ATh . Обнаружено, что при высоких энергиях возбуждения существует неожиданно большой вес асимметричных мод при делении нейтронодефицитных изотопов Th [23].

Рассмотрены возможности прямого получения ядер изотопов трансфермиевых элементов $^{259,260}\text{Md}$, $^{260,261}\text{No}$, $^{261-264}\text{Lr}$, $^{264,265}\text{Rf}$, $^{264-268}\text{Db}$, $^{266-269}\text{Sg}$, $^{266-271}\text{Bh}$, $^{267-274}\text{Hs}$ и $^{270-274}\text{Mt}$ в различных асимметричных реакциях горячего слияния. Впервые предсказаны функции возбуждения образования этих изотопов в αxn - и pxn -испарительных каналах [24].

Предложен новый метод извлечения вероятностей полной передачи P_{tr} и передачи одного и двух нейтронов $P_{1n,2n}$ из экспериментальных данных, полученных в реакциях передачи и захвата (слияния). Для системы $^{40}\text{Ca} + ^{96}\text{Zr}$ обнаружена почти экспоненциальная зависимость извлеченных вероятностей передачи одного и двух нейтронов на задние углы от расстояния минимального сближения. Показано, что при энергиях немного ниже кулоновского барьера

отношение вероятностей передачи одного и двух нейтронов P_{1n}/P_{2n} приближается к единице [25].

Исследована вероятность образования и распада двойной ядерной системы (ДЯС) в широкой области относительных угловых моментов. В рамках модели ДЯС изучены массовые и угловые распределения фрагментов квазиделения в столкновении ионов $^{78}\text{Kr} (10A \text{ МэВ}) + ^{40}\text{Ca}$. Анализ показал возможность вращения системы на 180° , так что продукты реакции с массовыми числами, близкими к массе ядра-снаряда, с большой вероятностью вылетают в переднюю полусферу, что может объяснить явление, наблюдавшееся в недавно проведенном эксперименте ISODEC [26].

В универсальном пределе низких энергий исследована трехчастичная система, состоящая из двух тождественных фермионов массы m , взаимодействующих посредством потенциала нулевого радиуса с третьей частицей массы m_1 . Показано, что для однозначного задания самосопряженного трехчастичного гамильтониана в интервале $8,619 < m/m_1 \leq 13,607$ требуется вводить дополнительный трехчастичный параметр, описывающий волновую функцию в окрестности точки тройного соударения. Зависимость энергии трехчастичного состояния от отношения масс частиц и трехчастичного параметра для наиболее важного случая $L^P = 1^-$ вычислена и качественно проанализирована на простейшей модели. Такая же проблема исследована для произвольных значений L^P . При этом для двух тождественных фермионов рассмотрены состояния с нечетными L и P , а для двух тождественных бозонов — состояния с четными L и P . Установлено, что дополнительный трехчастичный параметр для задания гамильтониана требуется вводить для отношений масс m/m_1 больше некоторого критического значения, специфического для каждого L^P -сектора [27].

Предсказаны геометрические (индуцированные конформацией) резонансы в атомно-ионных системах, рассчитана зависимость их положения от атомной массы и энергии столкновения, получены аналитическая и полуаналитическая формулы для положения геометрического резонанса в «длинноволновом приближении и пределе нулевой энергии». Обсуждаются приложения, например, для измерения длины ионно-атомного рассеяния, температуры ансамбля атомов в присутствии ионной примеси и др. Обнаружено, что небольшая анизотропия удерживающей ловушки заметно увеличивает константы неупругих процессов в рассеянии холодных атомов [28].

Для гамильтониана H , который задается как J -самосопряженная блочно-операторная 2×2 -матрица, сформулированы условия, обеспечивающие возможность аналитического продолжения одного из дополнений Шура операторной 2×2 -матрицы $H-E$ на нефизические листы комплексной плоскости энергии E . Доказаны теоремы о факторизации продолженного дополнения в смысле Маркуса–

Мацаева. Установлено, что в фешбаховской спектральной ситуации операторный корень аналитического продолжения дополнения Шура на соответствующий нефизический лист энергии порождает для H пару J -ортогональных инвариантных подпространств [29].

Обсуждается природа фазовых переходов в горячей и плотной ядерной материи в рамках эффективной модели Намбу–Иона–Лазинио с петлей Полякова с двумя ароматами кварков. Эта модель является одной из немногих моделей, которые описывают свойства кирального фазового перехода и перехода конфайнмент–деконфайнмент. Обсуждаются параметры модели и дополнительные взаимодействия, влияющие на структуру фазовой диаграммы и положение критических точек. Рассмотрено влияние мезонных корреляций на термодинамические свойства кварк-мезонной системы. Дано представление о том, как менялась модель с изменением взглядов на структуру фазовой диаграммы [30].

Теория конденсированных сред

Исследования по теме «Теория конденсированных сред» в 2016 г. продолжались в рамках следующих проектов:

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

Исследована ранее предсказанная в ряде работ возможность реализации в оксидах иридия топологической квантовой спиновой жидкости. Предсказан новый тип магнитного основного состояния, который был назван «структура триплетных димеров на эффективной треугольной решетке». Предсказание может быть проверено с помощью нейтронной дифракции и нейтронной магнитной спектроскопии [31].

Разработана новая теоретическая модель для объяснения структурных свойств альгината натрия низкой вязкости из данных по малоугловому рассеянию. Обнаружено, что добавление соли ускоряет процесс застывания, вызывая коллапс, укорачивающий цепочки альгината натрия, и происходит переход из шероховатой структуры, подобной поверхностному фракталу, в структуру массового фрактала [32].

В новой группе материалов $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{21}$ исследована функция распределения времен релаксации. Обнаружено, что стандартный подход, основанный на анализе скорости релаксации, не дает адекватного описания экспериментальных данных даже в случае спектра возбуждений с большой шириной. Поэтому для получения функции распределения предложена оригинальная процедура. Обнаружено, что терморелаксация при $x = 12$ ясно указывает на существование пространственно-неоднородной фазы в виде волны спиновой плотности в качестве основного состояния данного материала при низких температурах [33].

Развита теория высокотемпературной сверхпроводимости в купратах в рамках расширенной модели Хаббарда в пределе сильных корреляций [34]. Вычислены спектр спиновых возбуждений, намагниченность, восприимчивость и температура Нееля для квазидвумерной компас-модели Гейзенберга, предложенной для описания иридатов, в модели Китаева–Гейзенберга на гексагональной решетке [35].

Изучено разрушение дальнего антиферромагнитного порядка в системах с сильными электронными корреляциями в рамках модели Кондо–Гейзенберга. С помощью квантового метода Монте-Карло получены спиновые корреляционные функции при различных уровнях допирования и значениях константы связи λ . Найден критический уровень допирования, и показано восстановление дальнего порядка при уменьшении λ [36].

Изучено влияние как концентрации, так и различного характера распределения вакансионных дефектов на устойчивость краевых состояний в полубесконечном листе графена с краем типа «зигзаг». Рассмотрены три типа распределения: гауссово, равномерное и периодическое. В том случае, когда вакансии расположены на расстоянии один или два атома, их взаимное влияние приводит к появлению характерных субпиков в локальной плотности состояний. Показано, что краевые состояния разрушаются более эффективно в случае, когда вакансии расположены на расстоянии, не превышающем критической длины, характеризующей взаимное влияние дефектов [37].

Показано, что экспериментально наблюдаемое возрастание модуля Юнга в монослойном графене при низкой концентрации точечных дефектов приводит к заметному увеличению теплопроводности в широком температурном интервале [38].

Исследована фазовая динамика СКВИДа, состоящего из джозефсоновских переходов с топологически нетривиальными барьерами, и проведен ее сравнительный анализ с обычным СКВИДом. Показано, что в случае СКВИДа с нетривиальными барьерами ветвь вольт-амперной характеристики, соответствующая резонансной частоте, смещается на $\sqrt{2}$ по напряжению [39].

Исследована энтропия запутанности фон Неймана и щель Шмидта в свободном от вихрей основном состоянии модели Китаева с учетом различных геометрий для подсистем. Обнаружено, что в случае квадратной/прямоугольной и цилиндрической геометрий подсистем энтропия запутанности проявляет свойства фазового перехода от бесщелевой к щелевой фазе. Результаты показывают, что, хотя бесщелевая и щелевая фазы в модели Китаева топологически различны, природа энтропии запутанности и щели Шмидта зависит от геометрии подсистемы относительно полной системы [40].

Рассмотрены статистические системы, состоящие из атомов, взаимодействующих друг с другом через

неинтегрируемые потенциалы взаимодействия. Разработана новая итерационная процедура, исходящая из скоррелированного приближения среднего поля, которая позволяет последовательно получать приближения высших порядков [41].

Введено объединяющее понятие, расширяющее полуклассическую картину Хеллера, которая устанавливает связь между мерой локализации и вероятностью возврата. С использованием метода рекурсивного проецирования изучена зависимость меры локализации от начального состояния и от силы многочастичных взаимодействий [42].

Построено представление в виде матричного произведения для стационарных состояний полностью асимметричного процесса с простым исключением (ПАППИ) на конечном кольце в случае обобщенной динамики в дискретном времени с двумя вероятностями перескока. Получены и исследованы точные конечно-размерные выражения для нормировки вероятностного распределения, потока частиц и парной корреляционной функции в режимах динамического притяжения и отталкивания. Выведено явное аналитическое выражение для парной корреляционной функции в пределе необратимой агрегации [43].

Квантовое уравнение Янга–Бакстера (УЯБ) и соотношение звезда–треугольник определяют точно решаемые модели статистической механики. Наиболее сложное решение УЯБ (R-матрица) определяется интегральным оператором с эллиптическим гипергеометрическим ядром, и оно описывает модели с непрерывными значениями спинов. Найден принципиально новый класс конечномерных R-матриц, построенный из эллиптических тэта-функций с двумя различными модулярными параметрами. Он связан с конечномерными представлениями эллиптического модулярного дубля и определяется двумерными решетками дискретных значений спинов. Это приводит к новым дискретным интегрируемым системам статистической механики, физические свойства которых еще не исследованы, за исключением случаев 8-вершинной модели Бакстера и ее склянинского обобщения на высшие спины. Эти решения УЯБ были получены с помощью оператора, сплетающего эквивалентные представления имеющейся алгебры симметрий. Для специальных значений спинов этот оператор имеет конечномерные инвариантные пространства, описанные явным образом [44].

Рассмотрен рост и внутренняя структура кластера посещенных ротор-рутером вершин при блуждании на полубесконечном цилиндре. Показано, что ширина поверхности кластера стремится к стационарному значению по степенному закону с параметрами, близкими к стандартным показателям класса универсальности Кардара–Паризи–Жанга (КПЖ), а последовательность вершин, характеризующих замкнутые контуры, образует спираль на поверхности цилиндра [45].

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.

Построены действия $N = 4$ суперчастиц в пространстве AdS3, в том числе с высшими производными. Показано, что идея использования метода нелинейных реализаций вполне применима также и к искривленным пространствам, если можно определить координаты суперпространства и суперполя так, чтобы фермионные координаты однородно преобразовывались нарушенной суперсимметрией. Рассмотрен нерелятивистский предел данных систем [46].

Предложено обобщение специальной лагранжевой геометрии для многообразий Калаби–Яу, использованной в SYZ-конструкции для объяснения явления зеркальной симметрии, на случай произвольных алгебраических многообразий. Доказана конечность многообразий модулей SpBS лагранжевых подмногообразий, построены первые примеры [47].

В подходе гармонического суперпространства рассмотрена шестимерная $N = (1, 0)$ суперсимметричная модель абелева калибровочного мультиплетта во взаимодействии с гипермультиплетом. Вычислена расходящаяся часть однопетлевого эффективного действия. Показано, что соответствующие контрчлены содержат чистый вклад от калибровочного мультиплетта наряду со смешанным вкладом калибровочного мультиплетта и гипермультиплетта. На уровне одной петли теория конечна на массовой поверхности в секторе калибровочного мультиплетта и содержит неустраняемые расходимости в смешанном секторе [48].

Введен новый тип нерелятивистской $N = 8$ суперсимметричной механики, связанный с реализациями на мировой линии супергруппы $SU(2|2)$, трактуемой как деформация плоской $N = 8, d = 1$ суперсимметрии. Построены различные $d = 1$ $SU(2|2)$ суперпространства, и развита соответствующая суперполевая техника. Для $SU(2|2)$ мультиплетов $(3, 8, 5)$, $(4, 8, 4)$ и $(5, 8, 3)$ вне массовой оболочки построены и изучены наиболее общие суперполевые и компонентные действия. Для простейшей модели $(5, 8, 3)$ проведено квантование [49].

Изучены черные дыры с волосами в обобщенной модели Эйнштейна–Скирма. Показано, что в пределе БПС-модели отсутствуют решения с «волосатыми» черными дырами, хотя модель допускает гравитирующие солитоны (наряду с плоскими). В качестве примера показано отсутствие черных дыр с волосами в модели Скирма $L_2 + L_6 + L_0$ [50].

Шредингеровская проблема собственных значений для потенциала Уиттекера–Хилла и периодического комплексного потенциала Q_i изучена с ис-

пользованием их реализаций в двумерной конформной теории поля. Показано, что гамильтониан H_1 является PT -симметричным при определенном выборе параметров и обладает вещественным спектром в режиме слабой связи. Таким образом, H_1 может рассматриваться как еще одна новая модель для проверки постулатов PT -симметричной квантовой механики [51].

Представлены новые модели $SU(2|1)$ -суперсимметричной механики, основанные на калибровании систем с динамическим $(1, 4, 3)$ и полудинамическим $(4, 4, 0)$ супермультиплетами. Новое $N = 4$ суперрасширение $d = 1$ многочастичной системы Калоджеро–Мозера получено калиброванием $U(n)$ -изометрии матричной $SU(2|1)$ -гармонической суперполевой модели [52].

Предложен новый механизм инфляции, в котором гравитация неминимально взаимодействует с классическим однородным, изотропным $SU(2)$ полем Янга–Миллса по рецепту Горндзеки. Эта общепризнанная калибровочно-ковариантная теория Янга–Миллса с действием, зависящим от кривизны, свободна от духов. Показано, что действие этой теории приводит к уравнениям второго порядка для гравитации и поля Янга–Миллса. Границей пространства решений этих уравнений является решение де Ситтера, которое за конечное время притягивает траектории. Тем самым обеспечивается как инфляция, так и мягкий выход из нее. Добавление в теорию поля Хиггса приводит к двухступенчатому инфляционному сценарию, в котором инфляция на планковском масштабе, обусловленная полем Янга–Миллса, естественным образом готовит требуемые начальные условия для инфляции на масштабе Великого объединения, обусловленной полем Хиггса [53].

Исследована модифицированная телепараллельная гравитация с функцией $f(T, T_G)$ в действии, которая зависит от двух аргументов: скаляра кривизны T и аналога инварианта Гаусса–Бонне T_G . В отличие от обычной телепараллельной гравитации $f(T)$ эта теория содержит высшие производные, из-за которых могут возникнуть разнообразные нестабильности. Показано, что для стабильно-

сти пространства Минковского в такого рода теориях необходимо выполнение следующих условий: $f_T(0, 0) < 0$, $f_{T_G T_G}(0, 0) > 0$. Проверено выполнение этих ограничений для некоторых типов функций, предложенных ранее другими авторами [54].

Получены явные формулы для пондеромоторных сил в макроскопической электродинамике движущихся сред в подходах Минковского и Абрагама. Найдено компактное выражение для силы Абрагама в случае движущихся сред с произвольной зависимостью скорости среды от координат и времени и для нестационарного внешнего электромагнитного поля. Найдена сила Лоренца, с которой внешнее электромагнитное поле в среде действует на ток проводимости [55].

Изучено влияние конечной температуры на поверхностные плазмоны в графене. При этом использован вычисленный ранее в $(2 + 1)$ -измерении соответствующий поляризационный тензор для электромагнитных возмущений. Рассмотрена модель с ненулевой массовой щелью, но нулевым химическим потенциалом. Показано, что плазмоны могут существовать в обеих поляризациях электромагнитного поля, TE и TM . Обнаружено, что для TE -поляризации область значений импульсов, при которых дисперсионная функция действительна, ограничена снизу, а для TM -поляризации — сверху. Влияние температуры на поверхностные плазмоны сравнивается с аналогичным воздействием химического потенциала [56].

Показано, что решения уравнения Бельтрами трехмерной гидродинамики могут быть рассмотрены как инстантоны $N = 2$ суперсимметричной нелинейной сигма-модели на четырехмерном локально гиперкэлеровом мировом пространстве с четырехмерным гиперкэлеровым пространством отображения, так что они являются триголоморфными отображениями мирового пространства и пространства отображения. В результате этого классификация решений трехмерного уравнения Бельтрами сведена к перечислению триголоморфных отображений, что представлено в терминах топологической нелинейной сигма-модели [57].

ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TH)

В рамках DIAS-TH в 2016 г. были проведены три международных школы и одно рабочее совещание:

- 20-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применения» (1–30 апреля);
- Гельмгольцевская международная летняя школа «Квантовая теория предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков» (18–30 июля);
- международная школа «Перспективные методы

современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы» (30 июля – 6 августа);

- Гельмгольцевская международная летняя школа «Космология, струны и новая физика» (28 августа – 10 сентября).

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

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

Было организовано 11 конференций, рабочих совещаний и школ:

- 20-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применения» (1–30 апреля, Дубна);
- международная сессия-конференция СЯФ ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий» (12–15 апреля, Дубна);
- 24-й Международный коллоквиум «Интегрируемые системы и квантовые симметрии» (14–18 июня, Дубна);
- совместное рабочее совещание ЛТФ ОИЯИ и КЛТФ КАН «Физика сильного взаимодействия» (28 июня – 3 июля, Дубна);
- международное рабочее совещание «Малочастичные системы» (4–7 июля, Дубна);
- Гельмгольцевская международная летняя школа «Квантовая теория предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков» (18–30 июля, Дубна);

- международная школа «Перспективные методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы» (30 июля – 6 августа, Дубна);

- Гельмгольцевская международная летняя школа «Космология, струны и новая физика» (28 августа – 10 сентября, Дубна);

- международное рабочее совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы и суперсимметрия» (19–24 сентября, Тяньцзинь, Китай);

- 23-й Международный Балдинский семинар «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» (19–24 сентября, Дубна);

- совещание рабочей группы «Теория адронной материи при экстремальных условиях» (31 октября – 3 ноября, Дубна).

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2016 г. на главном вычислительном сервере ЛТФ theor2.jinr.ru установлены новые, более производительные, процессоры, а оперативная память расширена до 512 ГБ. Вводом в строй новых сетевых коммутаторов завершена модернизация до скорости 1 Гбит/с всех подключений ПК в сети ЛТФ. Связь между основными коммутаторами и серверами теперь осуществляется линиями на 10 Гбит/с. Сервер видеотрансляций в конференц-зале перенесен на более производительное оборудование, что позволило

улучшить качество транслируемого видео и обеспечить подключение большего количества зрителей. Для повышения качества видеотрансляций из аудитории 4-го этажа установлена новая видеочка Full HD PTZ. Обновлено программное обеспечение на серверах и для ПК в сети ЛТФ: Mathematica, Intel Parallel Studio XE, Maple, Origin Pro. Приобретены дополнительные сетевые лицензии на Maple и Origin Pro.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Borlakov A. T., Kazakov D. I., Tolkachev D. M., Vlasenko D. E. // JHEP. 2016. V. 12. P. 154. arXiv:1610.05549. 2016.
2. Kotikov A. V., Shilin V. I., Teber S. // Phys. Rev. D. 2016. V. 94. P. 056009; Kotikov A. V., Teber S. // Phys. Rev. D. 2016. V. 94. P. 114010; 114011.
3. Bork L. V., Onishchenko A. I. arXiv:1607.02320 [hep-th]; 1610.09693 [hep-th].
4. Pogosov W. V., Bork L. V., Onishchenko A. I., Shapiro D. S. arXiv:1612.01774 [cond-mat.stat-mech].
5. Bednyakov A. V., Pikelner A. F. // Phys. Lett. B. 2016. V. 762. P. 151.
6. Goerke F., Gutsche T., Ivanov M. A., Korner J. G., Lyubovitskij V. E., Santorelli P. // Phys. Rev. D. 2016. V. 94. P. 094017.
7. Ivanov M. A., Korner J. G., Tran C. T. // Phys. Rev. D. 2016. V. 94. P. 094028.
8. Korobov V. I., Koelemeij J. C. J., Karr J.-Ph., Hilico L. // Phys. Rev. Lett. 2016. V. 116. P. 053003.
9. Karr J.-Ph., Hilico L., Koelemeij J. C. J., Korobov V. I. // Phys. Rev. A. 2016. V. 94. P. 050501(R).
10. Naumov D. V., Naumov V. A., Shkirmanov D. S. // Part. Nucl. 2016. V. 47. P. 1884.
11. Anikin I. V., Braun V. M., Offen N. // Phys. Rev. D. 2016. V. 94. P. 034011.
12. Baznat M. I., Gudima K. K., Sorin A. S., Teryaev O. V. // Phys. Rev. C. 2016. V. 93. P. 031902.
13. Leader E., Sidorov A. V., Stamenov D. B. // Phys. Rev. D. 2016. V. 93. P. 074026.
14. Volkov M. K., Pivovarov A. A. // Mod. Phys. Lett. A. 2016. V. 31. P. 1650043.

15. Kochelev N. // Eur. Phys. J. A. 2016. V. 52. P. 186.
16. Arbuzov A. B., Nazmitdinov R. G., Pavlov A. E., Per-
vushin V. N., Zakharov A. F. // Europhys. Lett. 2016.
V. 113. P. 31001;
- Arbuzov A. B., Cirilo-Lombardo D. J. // Phys. Lett. B.
2016. V. 758. P. 125.
17. Batyuk P., Blaschke D., Bleicher M., Ivanov Yu.,
Karpenko Iu., Merts S., Nahrgang M., Petersen H., Ro-
gachevsky O. // Phys. Rev. C. 2016. V. 94. P. 044917.
18. Trunin A., Burger F., Ilgenfritz E. M., Lombardo M. P.,
Müller-Preussker M. // J. Phys. Conf. Ser. 2016.
V. 668. P. 012123.
19. Nedelko S. N., Voronin V. E. // Phys. Rev. D. 2016.
V. 93. P. 094010; arXiv:1612.02621 [hep-ph].
20. Severyukhin A. P., Arsenyev N. N., Pietralla N., Wer-
ner V. // Phys. At. Nucl. 2016. V. 79. P. 469.
21. Dzhiyev A. A., Vdovin A. I., Marinez-Pinedo G., Wam-
bach J., Stoyanov Ch. // Phys. Rev. C. 2016. V. 94.
P. 015805(13).
22. Chen Q. B., Zhang S. Q., Zhao P. W., Jolos R. V.,
Meng J. // Phys. Rev. C. 2016. V. 94. P. 044301.
23. Paşca H., Andreev A. V., Adamian G. G., Antonen-
ko N. V. // Phys. Rev. C. 2016. V. 94. P. 064614.
24. Hong J., Adamian G. G., Antonenko N. V. // Phys.
Rev. C. 2016. V. 94. P. 044606.
25. Scamps G., Sargsyan V. V., Adamian G. G., Anto-
nenko N. V., Lacroix D. // Phys. Rev. C. 2016. V. 94.
P. 064606.
26. Nasirov A., Kayumov B., Oh Y. // Nucl. Phys. A. 2016.
V. 946. P. 89.
27. Kartavtsev O. I., Malykh A. V. // Europhys. Lett. 2016.
V. 115. P. 36005.
28. Melezhhik V. S., Negretti A. // Phys. Rev. A. 2016.
V. 94. P. 022704;
- Shadmehri S., Melezhhik V. S., Saeidian S. // Phys.
Rev. A. 2016. V. 93. P. 063616.
29. Albeverio S., Motovilov A. K. // Math. Notes. 2016.
V. 100. P. 761.
30. Kalinovsky Yu. L., Toneev V. D., Friesen A. V. // Phys.
Usp. 2016. V. 59. P. 367.
31. Nishimoto S., Katukuri V., Yushankhai V., Stoll H.,
Roessler U., Hozoi L., Rousochatzakis I., van den
Brink J. // Nature Commun. 2016. V. 7. P. 10273.
32. Badita C. R., Arangel D., Radulescu A., Anitas E. M. //
Rom. Rep. Phys. 2016. V. 68. P. 1115.
33. Sahling S., Remenyi G., Lorenzo J. E., Monceau P.,
Katkov V. L., Osipov V. A. // Phys. Rev. B. 2016.
V. 94. P. 144107.
34. Plakida N. M. // Physica. C. 2016. V. 531. P. 39.
35. Vladimirov A. A., Ihle D., Plakida N. // JETP. 2016.
V. 149. P. 1232.
36. Ivantsov I., Ferraz A., Kochetov E. // Phys. Rev. B.
2016. V. 94. P. 235118.
37. Glebov A. A., Katkov V. L., Osipov V. A. // JETP. Lett.
2016. V. 104. P. 860.
38. Krasavin S. E., Osipov V. A. // Europhys. Lett. 2016.
V. 113. P. 66002.
39. Рахмонов И. Р., Шукринов Ю. М., Давуд Р. // Письма
в ЖЭТФ. 2016. Т. 103. С. 444.
40. Mandal S., Maiti M., Varma V. K. // Phys. Rev. B.
2016. V. 94. P. 045421.
41. Yukalov V. I. // Phys. Rev. E. 2016. V. 94. P. 012106.
42. Kohen D., Yukalov V. I., Ziegler K. // Phys. Rev. A.
2016. V. 93. P. 042101.
43. Aneva B. L., Brankov J. G. // Phys. Rev. E. 2016.
V. 94. P. 022138.
44. Chicherin D., Derkachov S. E., Spiridonov V. P. // Com-
mun. Math. Phys. 2016. V. 345. P. 507.
45. Papoian V. V., Poghosyan V. S., Priezzhev V. B. //
J. Stat. Mechanics: Theory and Experiment. 2016.
P. 073209.
46. Kozyrev N., Krivonos S., Lechtenfeld O. // Phys.
Rev. D. 2016. V. 93. P. 065024.
47. Тюрин Н. А. // Изв. РАН. Сер. матем. 2016. Т. 80,
№ 6. С. 274.
48. Buchbinder I. L., Ivanov E. A., Merzlikin B. S., Stepa-
nyantz K. V. // Phys. Lett. B. 2016. V. 763. P. 375.
49. Ivanov E., Lechtenfeld O., Sidorov S. // JHEP. 2016.
V. 1611. P. 031.
50. Kichakova O., Shnir Ya., Wereszczynski A. // Phys.
Rev. D. 2016. V. 94. P. 024060.
51. Piatek M., Pietrykowski A. R. // JHEP. 2016. V. 1607.
P. 131.
52. Fedoruk S., Ivanov E. // JHEP. 2016. V. 1611. P. 103.
53. Gal'tsov D. V., Davydov E. A. // Phys. Lett. B. 2016.
V. 753. P. 622.
54. Tretyakov P. V. // Mod. Phys. Lett. A. 2016. V. 31.
P. 1650085.
55. Nesterenko V. V., Nesterenko A. V. // J. Math. Phys.
2016. V. 57. P. 092902.
56. Bordag M., Pirozhenko I. G. // Intern. J. Mod. Phys. B.
2016. V. 30. P. 1650120.
57. Fre P., Grassi P. A., Sorin A. S. // Fortsch. Phys. 2016.
V. 64. P. 151.



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

Деятельность Лаборатории физики высоких энергий в 2016 г. была сосредоточена на осуществлении и дальнейшем развитии проекта NICA (подпроектов «Нуклотрон–NICA», MPD и BM@N) и на участии

в текущих исследованиях на нуклотроне и в различных экспериментах ускорительных центров мирового класса.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСА NICA

Развитие ускорительного комплекса ЛФВЭ в 2016 г. было направлено на дальнейшее создание систем и элементов комплекса NICA.

В ходе двух сеансов на ускорителе нуклотрон велись работы, направленные как на расширение возможностей ускорительного комплекса при реализации текущей исследовательской программы, так и на проверку оборудования и режимов работы новых элементов комплекса NICA — бустера и коллайдера.

Важнейшим результатом 2016 г. при реализации мегапроекта стало подписание 27 апреля между Правительством Российской Федерации и международной межправительственной научно-исследовательской организацией Объединенный институт ядерных исследований Соглашения о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA.

Проект «Нуклотрон–NICA»

Строительные работы по созданию комплекса. В рамках строительных работ, выполняемых компанией «Strabag», завершены все подготовительные работы и начато сооружение инфраструктуры колец коллайдера и здания установки MPD.

Инжекционный комплекс легких ионов и поляризованных пучков. В 2016 г. достигнут значительный прогресс в модернизации и развитии инжекционного комплекса легких ионов и поляризованных частиц:

- Совместно с ИТЭФ и МИФИ разработан и изготовлен в ВНИИТФ (Снежинск) новый предускоритель RFQ для линейного ускорителя ЛУ-20. Си-

стема контроля и диагностическая система для него созданы при участии специалистов из ИЯИ РАН. В 2016 г. новый предускоритель был введен в эксплуатацию и успешно работал во время сеансов нуклотрона [1, 2].

- Успешно завершен ввод в эксплуатацию нового источника поляризованных ионов (SPI). Во время сеансов нуклотрона в 2016 г. SPI использовался для создания неполяризованных и поляризованных дейтронов. Поляризация пучка составляла $\sim 70\%$ в векторной моде, а интенсивность пучка достигала $\sim 10^9$ дейтронов/цикл [3, 4].

- В ходе 52-го и 53-го сеансов работы нуклотрона введено в эксплуатацию, протестировано и отлажено оборудование для измерения поляризации пучка.

Инжекционный комплекс тяжелых ионов. В октябре введен в эксплуатацию, испытан и признан готовым к работе новый линейный ускоритель тяжелых ионов (HILac), созданный для инжекционного комплекса NICA в сотрудничестве с немецкой компанией Bevatech OHG. HILac — первый ускоритель тяжелых ионов нового поколения в странах-участницах ОИЯИ. Высокочастотная система питания HILac, основанная на твердотельных транзисторных усилителях с уровнем мощности ~ 1 МВт, использована впервые в мире. Для исследования характеристик HILac использовался пучок C^{2+} , полученный на лазерном источнике (отношение заряда к массе соответствует ионам золота в зарядовом состоянии 32^+). Полученная энергия пучка и коэффициент передачи оказались близки к проектным параметрам [5, 6].

В соответствии с планом ведутся работы по созданию ESIS-источника тяжелых ионов «Крион-6Т». Создан и успешно протестирован новый сверхпроводящий соленоид для работы при магнитном поле 6,2 Тл. Начало работы источника в инжекционной цепи тяжелых ионов запланировано на конец 2017 г.

Фабрика сверхпроводящих магнитов и испытательный цех. 28 ноября в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина проведена официальная церемония запуска высокотехнологичной линии по сборке и сертификации сверхпроводящих магнитов для бустера и коллайдера NICA, а также ускорителя SIS100 (FAIR). Всего должно быть создано 360 магнитов для комплекса NICA и 310 магнитов для ускорителя SIS100. В 2016 г. были изготовлены все ярма для магнитов бустера и началось их производство. Были изготовлены и протестированы 13 магнитов.

Мобильная криогенная мишень. В 2016 г. в ЛФВЭ создана новая мобильная криогенная мишень, которая может быть заполнена жидким водородом, дейтерием или гелием-4. Мишень планируется использовать в экспериментах на пучках нуклотрона.

Установка MPD

В 2016 г. практически завершены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по подсистемам MPD. По большинству подсистем подготовлены технические проекты, в настоящее время они проходят экспертную оценку DAC (экспертного совета по созданию детектора). Идет подготовка к серийному производству элементов детектора.

Статус изготовления магнитов MPD. Продолжаются работы в рамках контракта, подписанного между ASG Superconductors S.p.A. (Италия) и ОИЯИ. Статус готовности подсистем представлен в таблице.

Статус TPC. 30 октября введена в эксплуатацию чистая комната для сборки TPC. Разработан проект оборудования для сборки TPC, начато его производство. Начато производство считывающих камер, 4 из 24 камер изготовлены, одна протестирована. Продолжаются работы по разработке электроники FEE

и по созданию газовой и лазерной систем, а также системы охлаждения.

Статус TOF. Подготовлена зона для массового производства TOF. В тесном сотрудничестве с НИИ ЯП БГУ и «Артмаш» (Минск, Белоруссия) изготовлены и доставлены в ОИЯИ все 28 корпусов модулей TOF. Начато их массовое производство. Планируется, что до конца 2017 г. будут собраны 40 mRPC для четырех модулей. Всего для MPD должно быть изготовлено 28 модулей TOF.

Статус ECAL. Существенный прогресс в 2016 г. достигнут в создании ECAL, в частности:

- разработана новая модификация модуля;
- найдены организации, потенциальные производители основных элементов ECAL;
- подписано соглашение между ОИЯИ и Университетом Цинхуа об участии группы физиков Цинхуа в эксперименте MPD, подготовке контракта о массовом производстве модулей ECAL для MPD в Китае и о производстве первых 10 тестовых модулей;
- разработаны и включены в программное обеспечение новые методы анализа данных — кластеризация, реконструкция событий и идентификация частиц.

Прогресс в создании кремниевого трекера STS. В 2016 г. в рамках реализации проекта STS выполнены следующие работы:

- начаты серийные поставки сенсоров из CIS (Германия) и Hamamatsu (Япония) для второй ступени BM@N;
- собраны в ЦЕРН 40 нецентральных рамок из углеродного волокна типа «Иголкин» для BM@N;
- запущена первая тестовая станция для пучковых испытаний собираемых модулей, три техника обучены процедуре сборки модулей;
- подписан Меморандум о взаимопонимании, об участии группы CBM STS в создании четырех широкоапертурных кремниевых станций для BM@N;
- проведены переговоры с коллегами из ЦЕРН о возможном сотрудничестве по созданию систем, основанных на инновационных сенсорах MAPS для ALICE и NICA-MPD.

Тип работ	Подрядчик	Сроки	Статус
Производство криостата и генеральная ответственность	ОИЯИ – «ASG Superconductors S.p.A.», Генуя, Италия	2015–2018	В процессе
Консультации по производству криостата	ОИЯИ – «Нева-магнит», Санкт-Петербург, Россия	2015–2018	В процессе
Производство ярма MPD и контроль сборки	ОИЯИ – «Vitcovic Heavy Machinery», Острава, Чешская Республика	2016–2017	В процессе
Штамповка элементов для ярма MPD	ОИЯИ – «Спецмаш», Казань, Россия	2015–2016	Завершено
Разработка системы перемещения MPD	ОИЯИ – ТГУ, Тбилиси, Грузия	2016	Завершено

Установка BM@N

Установка BM@N является первым этапом проекта NICA и в настоящее время находится в стадии подготовки к набору данных в 2019 г. В июле и декабре проведены два технических сеанса на нуклотроне на пучках дейтронов. В 2016 г. введена в эксплуатацию и успешно испытана во время этих сеансов первая конфигурация центральной трековой системы BM@N, которая включает шесть GEM-станций и одну плоскость кремниевого детектора

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА НУКЛОТРОНЕ

DSS

В 2016 г. в рамках проекта DSS получены следующие результаты:

- На станции внутренней мишени введена в эксплуатацию обновленная версия поляриметра. В ходе 52-го сеанса работы нуклотрона проведено определение поляризации пучка, основанное на измерении асимметрии в дейтрон-протонном упругом рассеянии.

- Выполнен анализ данных, полученных на внутренней мишени, по угловой зависимости сечения упругого дейтрон-протонного рассеяния при значениях энергии дейтрона 1300 и 1400 МэВ. Предварительные результаты представлены на международных конференциях.

- Продолжался анализ данных по дейтрон-протонному безмезонному развалу в компланарной

со стриповым считыванием. Пять GEM-детекторов имеют размер 66×41 см, и один детектор имеет размер 163×45 см, GEM-детектор такого размера произведен и испытывается впервые. В 2017 г. планируется оборудовать BM@N еще 6–8 такими детекторами. Кроме того, на установке BM@N введены в эксплуатацию большие дрейфовые камеры, калориметр малых углов, элементы времяпролетной системы идентификации адронов, детекторы, определяющие профиль и структуру пучка, а также система запуска и интегрированная система сбора данных.

геометрии, набранных на внутренней мишени при энергии 400 МэВ. Предварительные результаты представлены на международных конференциях.

- В рамках релятивистской модели многократного рассеяния, учитывающей насыщение дельта-изобары в промежуточном состоянии, проведены теоретические расчеты для анализа полученных экспериментальных данных по дейтрон-протонному упругому рассеянию.

Alpom-2

В ходе сеансов работы нуклотрона проведены измерения анализирующей способности в реакциях $p + \text{CH}_2$ и $n + \text{CH}_2$ в диапазоне значений энергии до 7,5 ГэВ/с и 4,5 ГэВ/с соответственно. Впервые получены результаты по асимметрии нейтронов (рис. 1).

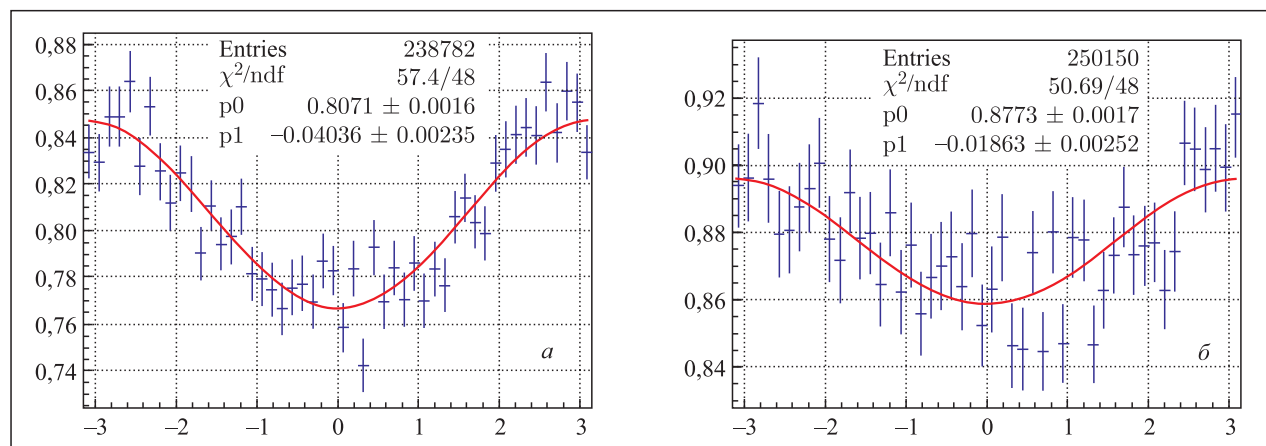


Рис. 1. Протонная (а) и нейтронная (б) асимметрия

УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ В ДРУГИХ УСКОРИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ

Эксперименты на Большом адронном коллайдере

ALICE. Новые результаты для 1Д-фемтоскопических корреляций рождения пар K^+K^- в Pb–Pb-

столкновениях при энергии 2,76 ТэВ (на пару нуклонов) сравнивались с предсказаниями модели Р.Ледницкого и В.Любошица (Sov. J. Nucl. Phys. 1982. V. 35). На рис. 2, а показана типичная кор-

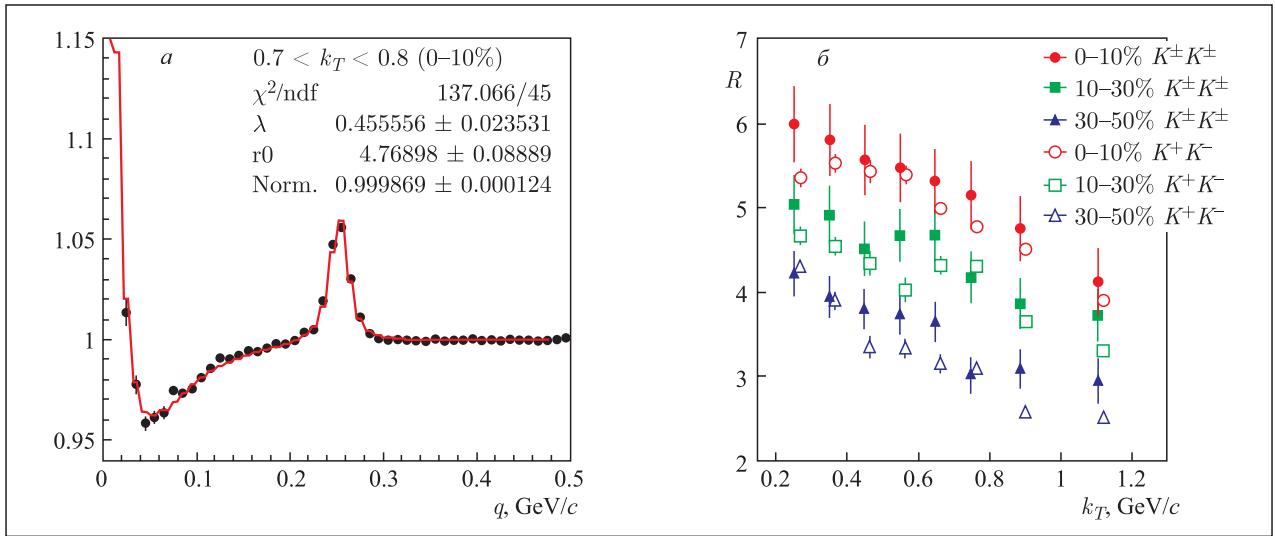


Рис. 2. а) Корреляционная функция для пар K^+K^- . Кривая — предсказание Ледницкого–Любошица. б) Радиусы источника и пар идентичных каонов k_T

реляционная функция для K^+K^- . Кривая представляет результат фитирования формулой Ледницкого–Любошица, видно, что она хорошо описывает данные, включая пик ϕ -мезона. На рис. 2, б показаны радиусы источника эмиссии для пар K^+K^- и для пар идентичных каонов в зависимости от поперечного импульса пар k_T . Для анализа идентичных пар используется метод квантовой статистики, а для K^+K^- учитывается только взаимодействие в конечном состоянии. Видно хорошее согласие двух методов [7, 8].

С участием группы ОИЯИ были получены новые данные по рождению J/ψ и ρ^0 в ультрапериферических столкновениях Pb–Pb при энергии 5,02 ТэВ. Изучен пик резонанса J/ψ , и получено сечение его рождения с учетом фона [9, 10].

На пучках электронов ускорителей PS и SPS ЦЕРН проводилось тестирование модулей электромагнитного калориметра PHOS ALICE в диапазоне значений энергии 1–160 ГэВ. Работа проводилась с целью выбора оптимального варианта модернизации фотоприемников и электроники. Цель модернизации — обеспечить работу калориметра при комнатной температуре без ухудшения энергетического разрешения и улучшить временное разрешение. В настоящее время PHOS работает при температуре -28°C и имеет разрешение по времени пролета $\sigma_t = 4\text{--}5$ нс.

Кремниевые фотоумножители площадью 6×6 мм (четыре параллельно соединенных SiPM размером 3×3 мм) показали энергетическое разрешение несколько хуже, чем APD 10×10 мм, но значительно лучше, чем APD 5×5 мм. Увеличение площади SiPM в два раза позволило бы получить такое же разрешение, как 10×10 мм.

Временное разрешение для SiPM составляет $\sigma_t = 0,15$ нс для энергии 1 ГэВ. Возможно использование

двух SiPM в качестве фотодетекторов: один для диапазона 0–10 ГэВ, другой для диапазона 10–160 ГэВ.

CMS. В 2016 г. группа ОИЯИ принимала участие в наборе данных, их обработке и физическом анализе на пучках протонов LHC с энергией 13 ТэВ и светимостью до $1,52 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. По результатам анализа данных 2015 г. получены новые ограничения на массы новых резонансов. Так, на уровне достоверности 95% установлен новый нижний предел на массу спин-1 Z' , он составил 3,37 ТэВ. Предварительные результаты анализа данных 2016 г., зарегистрированных в канале димеонов с интегральной светимостью 13 фб^{-1} , расширяют это ограничение до 3,75 ТэВ.

Эксперименты в ЦЕРН на протонном суперсинхротроне

COMPASS. При значительном вкладе группы ОИЯИ в глубоконеупругом рассеянии были измерены множественности заряженных пионов и неидентифицированных адронов. Данные были получены на мюонном пучке с энергией 160 ГэВ и на изоскалярной мишени (${}^6\text{LiD}$).

Получены и опубликованы наиболее точные измерения множественностей заряженных каонов в глубоконеупругом рассеянии [11]. Экспериментальные данные перекрывают следующую кинематическую область: $1 < Q^2 < 60 \text{ (ГэВ/с)}^2$, $0,004 < x < 0,4$, $0,1 < y < 0,7$, $0,20 < z < 0,85$ и $W^2 > 5 \text{ (ГэВ/с)}^2$ по инвариантной массе рожденных адронов. Результаты по сумме множественностей K^+ и K^- , проинтегрированных по z , для области больших значений x , отнесенные к нестранным функциям фрагментации, показывают превышение над полученными ранее значениями DSS-аппроксимации [3] (рис. 3).

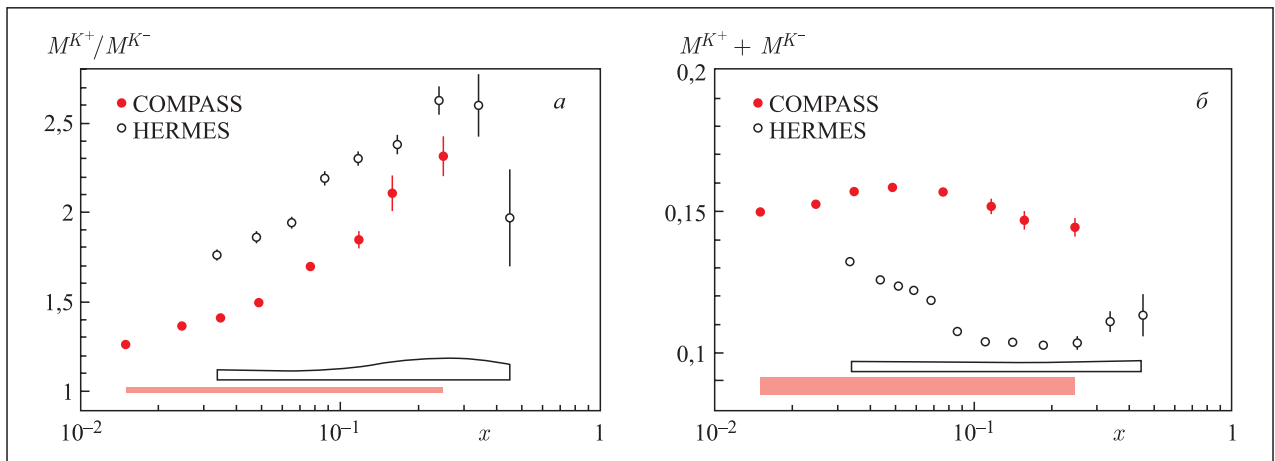


Рис. 3. *а*) Распределение множественностей, проинтегрированных по z , M^{K^+}/M^{K^-} . *б*) Сумма множественностей, проинтегрированных по z , $M^{K^+} + M^{K^-}$: красные кружки — данные COMPASS; пустые кружки — данные HERMES

Одним из главных достижений группы ОИЯИ является завершение работ по сборке и запуску нового электромагнитного калориметра ECAL0 в экспериментальную установку COMPASS (рис. 4). Этот калориметр типа «шашлык» (сцинтиллятор, свинец), предложенный и разработанный группой ОИЯИ, является уникальным прибором. В нем вместо традиционных фотоэлектронных умножителей применены самые современные фотоприемники — микропиксельные лавинные фотодиоды (МЛФД) с ультравысокой плотностью пикселей (до 15 тыс./мм²).

NA61/SHINE. Группа ЛФВЭ занималась обработкой и анализом экспериментальных данных о рождении легких ядер в центральных взаимодействиях Pb + Pb. Во время набора данных были измерены спектры поперечных импульсов, быстротные распределения и выходы частиц. Анализ данных показал,

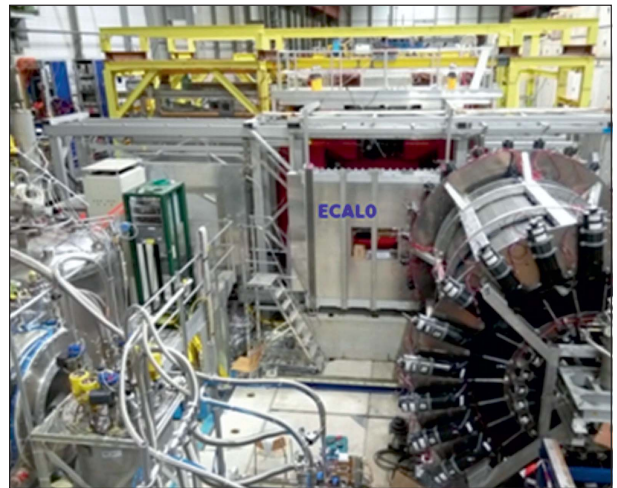


Рис. 4. ECAL0 в установке COMPASS

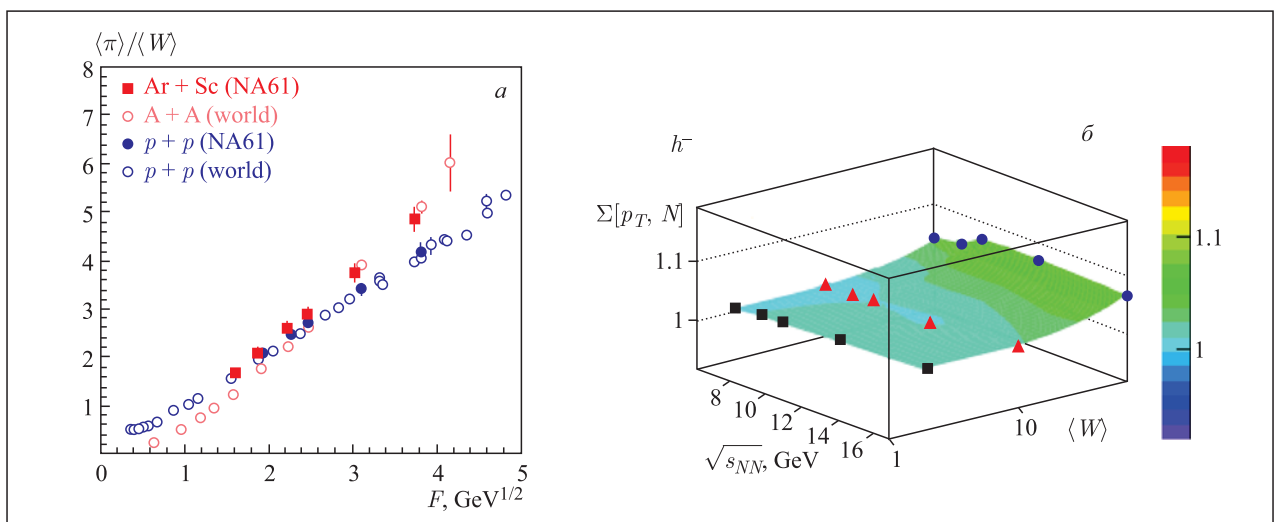


Рис. 5. *а*) Средняя множественность пионов, деленная на среднее число взаимодействующих нуклонов, как функция F (энергии столкновения Ферми). *б*) $\Sigma[p_T, N]$ в неупругих $p + p$ (серые квадраты), 0–5% $Ve + Ve$ (красные треугольники) и 0–5% $Ar + Sc$ (голубые кружки) столкновениях. Данные получены в эксперименте NA61/SHINE при быстротах $0 < y_\pi < y_{beam}$ и $p_T < 1,5$ ГэВ/ c

что полученные результаты сопоставимы с предсказаниями статистических моделей. Полученные в фазовом пространстве распределения для легких ядер были сравнены с протонными распределениями в рамках коалесцентного подхода. Были определены параметры коалесценции B_2 и B_3 и радиус коалесценции для d и ${}^3\text{He}$ как функции поперечной массы при всех значениях энергии [12].

Продолжалось детальное изучение флуктуаций в столкновениях $p + p$, $\text{Xe} + \text{Xe}$ и $\text{Ag} + \text{Sc}$ (рис. 5). Флуктуации поперечных импульсов в наблюдаемых взаимодействиях не показали структур, которые могли бы быть связаны с критической точкой [13].

Эксперименты на релятивистском коллайдере тяжелых ионов BNL

STAR. Группа ОИЯИ в коллаборации STAR принимает участие в анализе данных BES-I. Ею был предложен и использован оригинальный метод анализа данных для поиска новых явлений в ядерной материи при столкновениях тяжелых ионов. Предварительные данные STAR (рис. 6) покрывают широкий кинематический и динамический диапазон рождения частиц, энергию столкновения $\sqrt{s_{NN}} = 7\text{--}200$ ГэВ, центральность столкновений 5–80% и диапазон импульса $p_T = 0,2\text{--}12$ ГэВ/с.

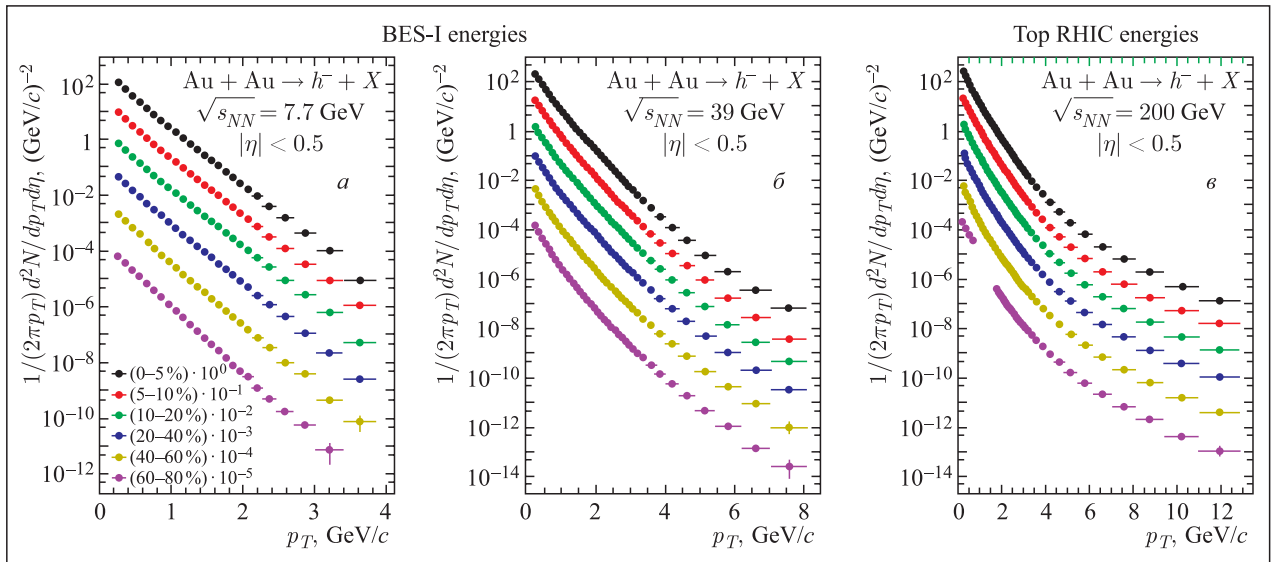


Рис. 6. Распределение поперечного импульса отрицательно заряженных рожденных частиц при энергии BES-I 7,7 ГэВ (а), 39 ГэВ (б) и при энергии RHIC 200 ГэВ (в) как функция центральности

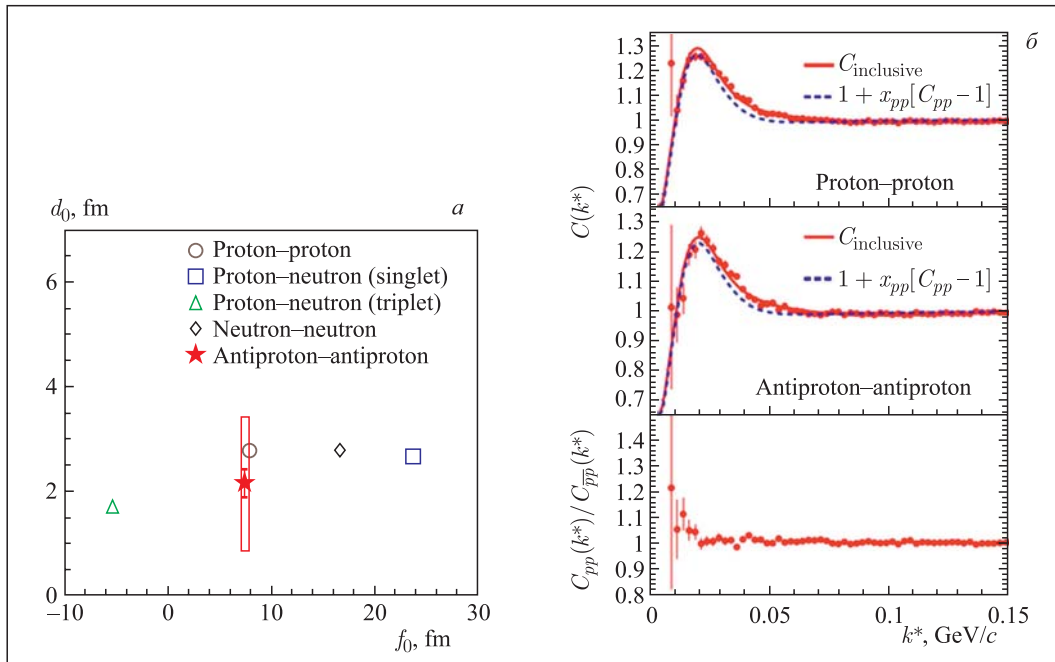


Рис. 7. а) Зависимость эффективного диапазона d_0 от длины рассеяния f_0 . б) Корреляции функции пар $N-N$ и $\bar{N}-\bar{N}$

Эти данные (рис. 6) демонстрируют сильную зависимость от энергии и центральности, экспоненциальное поведение спектров при низких значениях p_T и энергии $\sqrt{s_{NN}}$ и степенное поведение спектров при высоких значениях p_T и энергии $\sqrt{s_{NN}}$. Видно, что разница выходов частиц при различных значениях энергии сильно растет с увеличением поперечного импульса.

Новые, очень важные, результаты были получены при участии группы ОИЯИ в измерениях взаимодействий между антипротонами. Анализировались корреляции пар антипротонов, рожденных во взаимодействии ионов золота, при энергии 200 ГэВ на нуклон [14]. Измерены два ключевых параметра, которые характеризуют соответствующее сильное взаимодействие, а именно длина рассеяния f_0 и эффективный диапазон d_0 (рис. 7, а). Проведенное прямое измерение взаимодействия между двумя антипротонами, простейшей системы антинуклонов (ядер), является фундаментальным для понимания

СОБЫТИЯ

Подписание Соглашения между правительством Московской области и ОИЯИ и церемония закладки первого камня для мегасайенс проекта NICA

25 марта в ЛФВЭ было подписано Соглашение о сотрудничестве между правительством Московской области и Объединенным институтом ядерных исследований. Соглашение подписали губернатор Московской области А. Ю. Воробьев и директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев.

Международная сессия-конференция секции ядерной физики Отделения физических наук РАН «Физика фундаментальных взаимодействий»

С 12 по 15 апреля в ОИЯИ Отделением физических наук РАН и Объединенным институтом ядерных исследований проведена международная сессия-конференция ЯФ ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий».

Программа сессии-конференции охватывала основные аспекты теоретической и экспериментальной физики частиц и смежных проблем в ядерной физике, астрофизике и космологии.

Международное рабочее совещание коллаборации NA62

22–27 августа в ЛФВЭ состоялось международное рабочее совещание коллаборации NA62. Совещание проводится ежегодно в одном из 32 институтов 12 стран, участвующих в коллаборации. Более 60 экспертов посетили совещание в Дубне; обсуждались наиболее насущные проблемы, с которыми столкнулась коллаборация, и планы деятельности в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Один

структуры более сложных антиядер и их свойств (рис. 7, б).

Эксперименты на FAIR

СВМ. В 2016 г. в рамках подготовки проекта СВМ были достигнуты следующие результаты:

- выполнено моделирование для центральных и периферийных Au + Au-взаимодействий при энергии 4.4 ГэВ с целью изучения легких ядерных фрагментов (дейтронов, трития и т. д.);

- продолжено моделирование распадов векторных мезонов с использованием подхода «vector-finding» для восстановления треков мюонов в MUCN СВМ;

- выполнены радиационные тесты кремниевых фотодетекторов разных производителей (Ketek, Zecotek, Hamamatsu) и регистрирующей электроники для детекторов определения центральности и плоскости реакции установки СВМ.

день семинара был посвящен совещанию руководящего комитета коллаборации.

Международный Балдинский семинар

XXIII Международный Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» прошел 19–24 сентября в большом конференц-зале Лаборатории физики высоких энергий. Семинар был посвящен памяти Александра Михайловича Балдина, которому в 2016 г. исполнилось бы 90 лет.

Семинар собрал рекордное количество участников — 250 физиков из 22 стран. Были представлены 157 докладов: 57 — на пленарных сессиях, а 100 — на параллельных секциях. Доклады были посвящены результатам исследований в большинстве ведущих физических центров, таких как ЦЕРН, GSI (Германия), BNL (США) и мн. др. Семинар поддерживается грантами РФФИ и дирекции ОИЯИ. Более четверти участников семинара — молодые ученые.

Международное совещание «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклофона»

6 октября в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина состоялось 4-е Международное совещание «Перспективы экспериментальных исследований на пучках нуклотрона».

Обсуждались нынешнее состояние и перспективы развития нуклотрона, предоставляющего уникальные возможности для проведения исследований на релятивистских ионных пучках в диапазоне кинетической энергии от сотен МэВ до нескольких ГэВ на нуклон.

По итогам общей дискуссии, завершившей совещание, представителями стран-участниц и потребителями пучков нуклотрона согласован итоговый документ, определяющий развитие пользовательской политики и ускорительного комплекса в ближайшее время.

Международный семинар ВЮМАТ

12–13 декабря в Лаборатории физики высоких энергий впервые прошел международный семинар «Биология и материалы» (ВЮМАТ), который был

посвящен прикладным исследованиям на комплексе NICA. Прежде всего это касается радиобиологии, взаимодействия ионных пучков с материалами, а также облучения микросхем, тестирования микроэлектроники для космических приложений. На семинаре присутствовали 60 участников из Белоруссии, Германии, Египта, Италии, Польши, Чехии, российских исследовательских центров. В формате круглого стола обсуждались возможности совместных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Trubnikov G., Butenko A. et al.* Commissioning of New Proton and Light Ion Injector for Nuclotron–NICA // Proc. of IPAC2016, Busan, Korea, 2016.
2. *Trubnikov G., Butenko A. et al.* Commissioning of New Light Ion RFQ Linac and First Nuclotron Run with New Injector // RuPAC2016, St. Petersburg, Russia, 2016.
3. *Kovalenko A.D. et al.* Current Results on Implementation of the Nuclotron/NICA R&D Program with Polarized Beams. Presented at SPIN2016, Urbana/Champagne, IL, USA, Sept. 2016.
4. *Krivenkov D.O. et al.* Polarimetry at Nuclotron. Presented at SNP School 2016, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Nov. 2016.
5. *Butenko A.V., Trubnikov G.V. et al.* The Heavy Ion Linac at the NICA Project // Proc. of LINAC2014, Geneva, Switzerland, 2014.
6. *Butenko A.V., Trubnikov G.V. et al.* Commissioning of Heavy Ion Linear Accelerator (HILAC) of the NICA Project // Proc. of RuPAC2016, St. Petersburg, Russia, 2016.
7. *Adam J. et al. (ALICE Collab.)*. Centrality Dependence of Pion Freeze-Out Radii in Pb–Pb Collisions at $(s_{NN})^{1/2} = 2.76$ TeV // Phys. Rev. C. 2016. V. 93. P. 024905.
8. *Adam J. et al. (ALICE Collab.)*. Multipion Bose–Einstein Correlations in pp , p –Pb and Pb–Pb Collisions at LHC // Phys. Rev. C. 2016. V. 93. P. 054908.
9. *Adam J. et al. (ALICE Collab.)*. Differential Studies of J/ψ and $\psi(2S)$ Production at Forward Rapidity in Pb–Pb Collisions at $(s_{NN})^{1/2} = 5.02$ TeV // JHEP. 2016. V. 1605. P. 179.
10. *Adam J. et al. (ALICE Collab.)*. J/ψ Suppression at Forward Rapidity in Pb–Pb Collisions at $(s_{NN})^{1/2} = 5.02$ TeV. arXiv:1606.08197. 2016.
11. *COMPASS Collab.* Multiplicities of Charged Kaons from Deep-Inelastic Muon Scattering Off an Isoscalar Target. CERN-EP/2016-206; hep-ex/1608.06760; Phys. Lett. B (submitted).
12. *Anticic A., Baatar B., Kolesnikov V.I., Malakhov A.I., Melkumov G.L. et al.* Production of Deuterium, Tritium, and ^3He in Central Pb + Pb Collisions at 20A, 30A, 40A, 80A, and 158A GeV at the CERN Super Proton Synchrotron // Phys. Rev. C. 2016. V. 94. P. 044906.
13. *Aduszkiewicz A., Baatar B., Kolesnikov V.I., Malakhov A.I., Matveev V., Melkumov G.L. et al.* Multiplicity and Transverse Momentum Fluctuations in Inelastic Proton–Proton Interactions at the CERN Super Proton Synchrotron. arXiv:1510.00163v4 [hep-ex]. 2016.
14. *ALICE Collab.* Nature. 2015. V. 527. P. 345.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ, АСТРОФИЗИКА

В 2016 г. коллаборацией «Байкал» сделан важный шаг в достижении поставленной цели — создании нейтринного телескопа кубокилометрового масштаба (проект НТ-1000). За период зимней экспедиции с февраля по апрель была завершена поставка первого полномасштабного кластера в составе восьми гирлянд трехсекционного состава (288 оптических модулей). В процессе работ по сборке кластера была экспериментально продемонстрирована возможность создания гирлянд беспрецедентной для проекта длиной — 525 м. Начаты сбор данных и накопление статистики событий.

Так как в 2017 г. планируется установить второй полномасштабный кластер гирлянд, в 2016 г. требовалось подготовить, кроме всего прочего, 288 новых оптических модулей. В 2016 г. в ОИЯИ была запущена производственная линия для ежегодного изготовления 300–600 оптических модулей, чего должно быть достаточно для обеспечения всех потребностей эксперимента. Произведено 233 оптических модуля, и 144 из них уже успешно протестированы. Кроме того, начато тестирование оптических модулей в составе секций из 12 оптических модулей — минимальной единицы системы сбора данных на специально созданных для этого стендах.

Одно из существенных достижений 2016 г. — это установка нового управляющего центра нейтринного телескопа на оз. Байкал, изготовление систем электроснабжения, управления, первичной обработки и хранения данных. В первичную обработку данных входит объединение данных, поступающих с отдельных секций, в события, временная и амплитудная калибровка детектора, а также получение из акустической подсистемы координат оптических модулей в зависимости от времени. Все это выполнено для данных 2016 г.

В 2016 г. группой ЛЯП в составе коллаборации **Daya Bay** после удвоения набранной статистики (1230 сут набора данных) и обновления некоррели-

рованной неопределенности эффективности детектирования с 0,2 до 0,13 % были уточнены значения осцилляционных параметров: $\sin^2 2\theta_{13} = 0,841 \pm 0,0033$, $\Delta m_{ee}^2 = (2,45 \pm 0,08) \cdot 10^{-3} \text{ эВ}^2$ [1]. В результате наиболее точно измерены оба осцилляционных параметра.

Разработана теория осцилляций нейтрино с волновыми пакетами, предсказывающая потерю когерентности и подавление осцилляций нейтрино с увеличением расстояния. Впервые получены экспериментальные ограничения на параметры когерентности нейтрино, верхняя граница относительной неопределенности энергии волнового пакета составила $\sigma_{\text{rel}} < 0,20$ (95%-й уровень достоверности) [2], что эквивалентно нижней границе на пространственный размер $\sigma_x < 10^{-11}$ см (95%-му уровню достоверности). Этот результат получен на основе данных эксперимента «Daya Bay», набранных за 621 сут.

В рамках проекта **JUNO** разработана сканирующая станция для проведения измерений дифференциальных (зональных) характеристик крупногабаритных ФЭУ диаметром 50 см по поверхности фотокатода. Ведутся работы по отладке программного обеспечения и изготовлению нескольких копий установки для поставки в Китай для массового тестирования ФЭУ. Создана конструкция и изготовлен прототип механической рамы детекторов топ-трекера, а также разработана методика контроля характеристик сцинтиллятора трекера с помощью космических мюонов. Разработаны метод и программное обеспечение для определения оптимального объема, содержащего изотопы гелия и лития, рожденные в результате взаимодействия мюонов с веществом установки **JUNO**. Данная оптимизация необходима для увеличения эффективного объема детектора при регистрации нейтринных взаимодействий.

В 2016 г. по данным детектора **Borexino** опубликованы ограничения на нейтринные потоки, связанные с гамма-всплесками [3]. Закончен анализ се-

зонных вариаций сигнала в «Borexino», подтверждающий солнечное происхождение наблюдаемого нейтринного сигнала.

На основе статистики (1422 ± 67) кг · сут данных, набранных на прототипе детектора «DarkSide», получены ограничения на WIMP-нуклонное спинопозависимое сечение. Данное сечение составляет меньше $2 \cdot 10^{-44}$ ($8,6 \cdot 10^{-44}$, $8,0 \cdot 10^{-43}$) см^2 для частиц WIMP с массой 100 ГэВ (100 ГэВ, 10 ТэВ) на 90%-м уровне достоверности [4].

В течение 2016 г. в эксперименте **NO ν A** при активном участии сотрудников ОИЯИ проводился анализ статистики, соответствующей интегральной интенсивности $6,05 \cdot 10^{20}$ протонов на мишени. В результате этого анализа получены новые результаты измерений параметров осцилляций мюонных нейтрино [5–7], в частности первое указание (на уровне $2,5\sigma$) на немаксимальное смешивание θ_{23} .

Из этих новых данных следует, что вероятность осцилляций $\nu\mu \rightarrow \nu_e$ установлена на уровне достоверности более 8σ . Также оказалось, что результаты измерений **NO ν A** лучше соответствуют гипотезе нормальной иерархии, а гипотеза обратной иерархии с параметром нарушения лептонной CP-четности $\delta_{\text{CP}} = \pi/2$ исключается на уровне достоверности 3σ .

На 2016 г. использованная в анализе статистика соответствует примерно одному проектному году из шести запланированных. Набор и анализ данных в эксперименте продолжается, запланирована работа с антинейтринным пучком, что позволит более надежно разделить эффекты иерархии масс нейтрино, δ_{CP} и октанта θ_{23} .

Физики ЛЯП ОИЯИ принимают активное участие в эксперименте **NA61/SHINE** (ЦЕРН). В 2016 г. завершен анализ данных и опубликованы важные результаты по прецизионному измерению выходов адронов во взаимодействиях протонов с тонкой углеродной мишенью и с точной копией мишени нейтринного эксперимента T2K [8, 9]. Эти данные необходимы для предсказания спектров и потоков нейтрино и антинейтрино в экспериментах на ускорительном комплексе J-PARC, что позволит улучшить точность определения параметров нейтринных осцилляций в эксперименте T2K.

Эксперимент **NEMO-3** в Моданской подземной лаборатории (LSM, Франция) был направлен на исследование $2\nu 2\beta$ - и $0\nu 2\beta$ -процессов. Было изучено 7 изотопов (^{100}Mo , ^{82}Se , ^{130}Te , ^{116}Cd , ^{150}Nd , ^{96}Zr , ^{48}Ca) с одновременной записью энергии и треков событий двойного бета-распада. За счет своей большей массы выделялись результаты по исследованию ^{100}Mo и ^{82}Se [10, 11]. За время набора данных не наблюдалось событий безнейтринного двойного бета-распада, были получены только ограничения на эффективную массу нейтрино, которые являются од-

ними из лучших в мире в настоящее время, особенно для изотопов ^{100}Mo и ^{82}Se .

Как развитие **NEMO-3** разрабатывается эксперимент нового поколения **SuperNEMO** по поиску безнейтринного двойного бета-распада. Первой фазой является первый модуль **SuperNEMO**, называемый демонстратор, который находится в данный момент в стадии завершения. Он будет содержать 7 кг ^{82}Se . Демонстратор должен будет достичь чувствительности **NEMO-3** по периоду $0\nu 2\beta$ -полураспада в течение пяти месяцев. Если не будет фона в области $0\nu 2\beta$ -распада при наборе данных в течение 2,5 лет (экспозиция 17,5 кг · лет), чувствительность по периоду полураспада увеличится до $T(0\nu) > 6,5 \cdot 10^{24}$ лет (90%-й уровень достоверности) и, соответственно, чувствительность по эффективной массе нейтрино — до $\langle m, \beta\beta \rangle < 200\text{--}400$ мэВ. Последние части демонстратора будут готовы к сборке в начале 2017 г. Набор данных начнется во второй половине 2017 г.

Эксперимент **EDELWEISS** направлен на прямое детектирование слабовазаимодействующих массивных частиц (WIMP) из галактического гало, считающихся основными кандидатами на роль темной материи. 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. Благодаря эффективному подавлению фона, высокому энергетическому разрешению и низкому порогу регистрации эксперимент **EDELWEISS** особенно чувствителен к области так называемых «легких» WIMP с массами ниже $10 \text{ ГэВ}/c^2$, в которой чувствительность конкурирующих экспериментов, использующих массивные детекторы с Хе и Аг, невелика.

В 2016 г. коллаборация **EDELWEISS** опубликовала первые результаты поиска «легких» WIMP: для WIMP с массой $4 \text{ ГэВ}/c^2$ получено ограничение на взаимодействие WIMP–нуклон на уровне $1,6 \times 10^{-39} \text{ см}^2$ (90%-й уровень достоверности) [12, 13]. Результаты, полученные **EDELWEISS-3**, полностью закрывают области предположительной регистрации частиц темной материи в ряде других экспериментов. Ограничение на сечение взаимодействия WIMP–нуклон позволило проверить положительные результаты, полученные с тем же ядром (Ge) в эксперименте **CoGeNT**.

Целью проекта **νGeN** является детектирование когерентного рассеяния нейтрино при помощи низкороговых HPGe-детекторов, разработанных в ЛЯП ОИЯИ (Дубна) в коллаборации с BSI (Рига). Эксперимент проводится на Калининской атомной электростанции (КАЭС). Поток антинейтрино более $5,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ позволит осуществить поиск когерентного рассеяния с чувствительностью, достаточ-

ной для его наблюдения. В рамках проекта создаются и исследуются низкопороговые полупроводниковые детекторы из различных материалов (HPGe, CZT, SiC) с целью создания новых детекторов с энергетическим порогом ~ 200 эВ и ниже, что откроет перспективу изучения когерентного рассеяния нейтрино на ядрах в деталях.

В 2016 г. после дополнительных тестов в Дубне спектрометр ν GeN был доставлен и собран под реактором третьего энергоблока КАЭС. В настоящее время идет ввод установки в эксплуатацию. После интеграции всех систем, включающих активную и пассивную защиты, систему набора данных, систему, позволяющую изменять расстояние между спектрометром и реактором (подъемную платформу), в эксперименте начнется набор данных, направленный на детектирование когерентного рассеяния нейтрино на ядрах германия.

В июне 2016 г. на совещании коллаборации GERDA были представлены данные, набранные за первые полгода работы установки GERDA (фаза II). Был достигнут намеченный рекордный уровень фона в 0,001 отсчета/(кэВ·кг·лет). Первые данные GERDA (фаза II) проанализированы совместно с накопленными в фазе I (общая экспозиция 34,4 кг·лет). Установлен новый предел на период полураспада ^{76}Ge по безнейтринному каналу $T_{1/2}(0\nu) > 5,3 \cdot 10^{25}$ лет (90%-й уровень достоверности). Чувствительность эксперимента составила $4,0 \cdot 10^{25}$ лет [14]. Беспрецедентный уровень фона позволяет рассчитывать на отсутствие фоновых событий в энергетическом интервале вплоть до достижения планируемой экспозиции в 100 кг·лет к 2018 г. Таким образом, GERDA является первым «бесфоновым» экспериментом по поиску двойного безнейтринного бета-распада. После набора необходимой статистики чувствительность GERDA (фаза II) составит 10^{26} лет.

В конце 2016 г. создана новая международная коллаборация с рабочим названием NG-Ge76 (Next Generation Ge76), целью которой является воплощение в жизнь эксперимента нового поколения по поиску двойного безнейтринного бета-распада ^{76}Ge , оперирующего с сотнями килограмм обогащенного германия. Первой фазой данного проекта будет про-

ведение измерений с 200-кг германиевых детекторов в модифицированной установке GERDA.

В эксперименте TAIGA черенковский гамма-телескоп площадью ~ 10 м² и апертурой $\pm 5^\circ$ позволит существенно улучшить чувствительность эксперимента и понизить его порог до 1,5 ТэВ при измерении энергетического спектра известных гамма-источников. Главная ответственность ОИЯИ в эксперименте TAIGA — проектирование, изготовление и тесты механической части гамма-телескопов. В 2016 г. первый телескоп был изготовлен, протестирован и отправлен в долину Тунка [15].

Детектор NUCLEON запущен на околоземную орбиту в декабре 2014 г. в составе спутника «Ресурс-П» №2. Получены предварительные результаты измерения зарядового состава космических ливней от ядер лития до ядер железа при энергии $E > 100$ ТэВ, а также энергетических спектров протона, He, C, O и Fe. Эти результаты находятся в удовлетворительном согласии с данными других экспериментов, в частности при сравнении с соответствующими измерениями в экспериментах ATIC, SOCOL, CREAM, TRACER и AMS-2 [16].

Запуск детектора TUS на орбиту Земли произведен 28 апреля в составе спутника «Михаил Ломоносов». В настоящее время детектор работает в режиме летных испытаний. Неожиданностью оказалось обнаружение нового типа фоновых событий, которые не были замечены ранее в полетах спутников «Татьяна» и «Татьяна-2»: регистрация очень коротких и мощных импульсов, происходящих в нескольких соседних каналах фотоприемника. В ЛЯП ОИЯИ была создана программа визуализации регистрируемых детектором событий. Из портрета события можно однозначно заключить, что в момент времени, соответствующий примерно 200-му временному такту, произошло взаимодействие космической частицы с веществом УФ-фильтра с образованием нескольких вторичных заряженных частиц, которые распространялись в веществе УФ-фильтра и дали вспышку света, зарегистрированную фотодетектором в нескольких ФЭУ, расположенных вдоль следа образовавшихся вторичных частиц [17].

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Группой сотрудников ОИЯИ в рамках эксперимента ATLAS проведены исследования по поиску «новой физики» в резонансах высокой массы в мюонном и электронном каналах распада. Для поиска использовались данные протон-протонных соударений 13 фб^{-1} , полученных при энергии 13 ТэВ в с. ц. м. в 2015 и 2016 гг. Никаких значимых откло-

нений от Стандартной модели не обнаружено. Верхний предел при 95%-м уровне достоверности на сечение рождения с учетом вероятности распада на пару лептонов в зависимости от модели был поставлен в интервале массы от 3,36 до 4,05 ТэВ.

Исследована возможность поиска суперсимметричных частиц глюино в их распаде с конечным

состоянием, содержащим электрон или мюон, несколько адронных струй и большое значение потерянной поперечной энергии в событиях протон-протонных соударений при энергии 13 ТэВ в с. с. м. Объем данных, собранных в 2015 г., соответствует интегральной светимости $3,2 \text{ фб}^{-1}$. Было применено шесть различных наборов критериев отбора. Для всех шести отборов данные хорошо согласуются с предсказаниями Стандартной модели. Самое большое отклонение составляет $2,1\sigma$ [18].

Проведены исследования по поиску новых резонансов с массой более 250 ГэВ, распадающихся на Z -бозон и фотон. Z -бозон рассматривался как в распадах на легкие заряженные лептоны (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$), так и в распадах на адроны. Показано, что данные хорошо согласуются с ожидаемым фоном во всем спектре рассматриваемых масс, предел на сечение рождения с учетом вероятности распада на $Z\gamma$ для узкого скалярного бозона поставлен в интервале масс от 250 ГэВ до 2,75 ТэВ [19].

В рамках проекта **Mu2e** в 2016 г. проведены НИОКР по калориметрии: испытана матрица кристаллов CsI на электронных пучках в ЕрФИ (Ереван, Армения) и INFN (Фраскати, Италия) по результатам испытания в ЕрФИ на ЛУЭ-75 получено энергетическое разрешение 6,4 % при 35-МэВ электронном пучке. Также проводится НИР по фотодетекторам для кристаллов BaF_2 , разрабатывается фотодетектор, чувствительный к быстрой компоненте спектра кристалла в диапазоне до 260 нм и не чувствительный к медленной компоненте с пиком на 310 нм. В качестве фотоприемников, подходящих для выделения только быстрой компоненты излучения кристаллов BaF_2 , применены фотокатоды с верхним p -эмиттерным слоем $\text{AlGaIn}:\text{Mg}$. AlGaIn -фотокатод с массовой долей Al $x = 0,3$ был объединен в одном устройстве с микроканальной пластиной. Тестирование на ^{60}Co показало $\text{FWHM} \sim 10\%$ [20–22].

По мюонной вето-системе исследован светосбор с экструдированных сцинтилляционных пластин при заполнении отверстий вокруг волокон различными наполнителями. Разработано оригинальное решение заполнения отверстий оптической смолой или каучуком. Светосбор со стрипов, заполненных SKTN-MED(E) с 1,2-мм оптическими волокнами, до 1,8 раз выше по сравнению с «сухим» случаем [23].

В 2016 г. в эксперименте **BES-III** был продолжен набор данных в области резонансов чармония. Успешно завершён анализ распада $D^+ \rightarrow K^-\pi^+e^+\nu_e$ с использованием данных, полученных в эксперименте BES-III в 2010–2011 гг. в области рождения резонанса $\psi(3770)$. Используя практически свободный от примеси фоновых событий набор из 18 262 распадов, удалось измерить относительную вероятность распада: $B(D^+ \rightarrow K^-\pi^+e^+\nu_e) = (3,71 \pm 0,03 \pm 0,08)\%$. Для диапазона $0,8 < m_{K\pi} <$

$1,0 \text{ ГэВ}/c^2$ относительная вероятность распада составила $B(D^+ \rightarrow K^-\pi^+e^+\nu_e) = (3,3 \pm 0,03 \pm 0,07)\%$. Парциально-волновой анализ показал, что наряду с доминирующим вкладом $K^{*-}(892)^0$ присутствует вклад S-волны, составляющий $(6,05 \pm 0,22 \pm 0,18)\%$, а вклад других компонент пренебрежимо мал. Измерены свойства резонанса $K^{*}(892)^0$ и значения адронных формфакторов. Кроме того, выполнено модельно-независимое измерение формфакторов $K^{*}(892)^0$ в спиральном базисе [24].

В 2016 г. группой ЛЯП ОИЯИ в рамках эксперимента **COMPASS** были получены результаты по наблюдению фоторождения экзотического чармония $X(3872)$ в эксклюзивной реакции $\gamma^*N \rightarrow X(3873)N'\pi^\pm$. Этот результат является принципиально важным для понимания природы экзотических состояний XYZ , изучение которых было начато на электрон-позитронных и адронных коллайдерах. По результатам проделанной работы готовится публикация. Группа принимала активное участие в проведении анализа качества данных сеанса 2016 г. Исследуется возможность их использования для изучения экзотических чармониев.

В 2016 г. кроме создания технического проекта мюонной системы **PANDA** группой ЛЯП ОИЯИ был сооружен прототип этой системы. Он представляет собой слоистый стальной поглотитель (пробегную систему) общей массой около 10 т, который воспроизводит все структуры мюонной системы. В зазоры поглотителя вставлены 272 детектора метровой длины (8-проволочные мини-дрейфовые трубки, MDT). Кроме сигналов с проволок считываются сигналы с полосковых электродов (стрипов шириной 1 см), расположенных перпендикулярно проволокам. Общее число считываемых каналов — около 4000 (2000 — проволоки и 2000 — стрипы). Система сбора данных построена на основе аппаратуры и программного обеспечения проекта COMPASS. Проведены три настроечных сеанса прототипа на тестовом пучке Т9 протонного синхротрона (PS) в ЦЕРН. Начиная с 2017 г. запланированы сеансы по прямой калибровке прототипа, т.е. измерения отклика различных структур к мюонам, пионам и протонам.

В сеансах набора статистики в эксперименте **PEN** было зарегистрировано около $2,3 \cdot 10^7$ распадов $\pi^+ \rightarrow e^+\nu$ и более $1,5 \cdot 10^8$ распадов $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$, а также большое количество радиационных распадов мюонов и пионов [25]. В настоящее время проводится анализ данных методом максимального правдоподобия с использованием слепой идентификации для определения нового экспериментального значения $R_{e/\mu}^\pi$. Ожидаемая точность измерения вероятности распада $5 \cdot 10^{-4}$. Результаты обработки планируется получить в 2017 г. Полная обработка данных по распаду $\pi^+ \rightarrow e^+\nu\gamma$ позволит уточнить значения формфакторов F_V и F_A структурно-зависимой амплитуды, а

из данных по радиационному распаду $\mu > e\nu\nu\gamma$ уточнить значение параметра Мишеля η .

Эксперимент по поиску распада $\mu^+ \rightarrow e^+\gamma$ проводится международной коллаборацией **MEG** на мюонном пучке ускорителя PSI в Швейцарии. Окончательный результат основан на анализе полного набора данных, полученных в эксперименте: $7,5 \cdot 10^{14}$ мюонов, остановленных в мишени. Никакого значимого превышения количества зарегистрированных событий над уровнем ожидаемого фона обнаружено не было, что позволило определить новое значение верхнего предела относительной вероятности распада $B(\mu^+ \rightarrow e^+\gamma\gamma) < 4,2 \cdot 10^{13}$ (90%-й уровень достоверности), дающее наиболее сильное ограничение на существование этого распада на настоящее время [26]. Идентифицировано $\sim 13\,000$ распадов $\mu^+ \rightarrow e^+\nu_\mu\nu_e\gamma$ из общего числа $1,8 \cdot 10^{14}$ распадов положительных мюонов, и измерена относительная вероятность распада $(6,03 \pm 0,14(\text{стат.}) \pm 0,53(\text{сист.})) \cdot 10^{-8}$ для $E_e > 45$ МэВ и $E_\gamma > 40$ МэВ в соответствии со Стандартной моделью [27]. Прецизионное измерение этого распада позволяет провести временную калибровку, а также обеспечить нормализацию и контроль качества эксперимента MEG.

В рамках проекта **GDH&SPASCHARM** выполнен первый в мире успешный эксперимент с активной поляризованной мишенью. Поляризация протонов мишени составила $\approx 65\%$, время поддержания поляризации при температуре 45 мК в магнитном поле 0,4 Тл около 100 ч. На пучке поляризованных меченых фотонов ускорителя MAMI измерены поляризационные наблюдаемые в реакциях фоторождения π^0 - и π^+ -мезонов, а также асимметрия сечения комптоновского рассеяния, позволяющая извлечь модельно-независимые данные о спиновых поляризуемостях протона.

Выполнено исследование реакции $\gamma p \rightarrow \pi^0 p$ при энергиях фотонов от 425 до 1445 МэВ с использованием поперечно-поляризованной протонной мишени и продольно-поляризованного пучка. Впервые измерена асимметрия пучок–мишень и получены новые прецизионные данные для мишенной асимметрии. В эксперименте использованы система мечения фотонов по энергии ускорителя MAMI и фотонные спектрометры Crystal Ball и TAPS. Новые данные

дают информацию о вкладах различных барионных резонансов в сечение [28].

Для реакции фоторождения η -мезонов на квазисвободных протонах и нейтронах впервые измерены дважды поляризационная наблюдаемая и спинозависимые сечения $\sigma_{1/2}$ и $\sigma_{3/2}$. Измерения проводились на пучке циркулярно поляризованных меченых фотонов ускорителя MAMI с использованием продольно-поляризованной мишени на основе дейтерированного бутанола. Результаты показывают, что узкая структура, ранее наблюдавшаяся в η -фоторождении на нейтроне, проявляется только в сечении $\sigma_{1/2}$ и, следовательно, связана со спиновой амплитудой 1/2, соответствующей вкладам нуклонных резонансов $N_{1/2}^- (S_{11})$ и $N_{1/2}^+ (P_{11})$. Полученные результаты хорошо согласуются с недавними модельными предсказаниями [29].

Выполнены прецизионные измерения фотонной асимметрии Σ для реакции $\gamma p \rightarrow \pi^0 p$ в диапазоне энергий 320–650 МэВ. Измерения проводились коллаборацией A2 на фотонном пучке ускорителя MAMI. Полученные результаты значительно улучшают существующие мировые данные и хорошо согласуются с предсказаниями моделей MAID, SAID и Бонн–Гатчина. Обнаружено указание на интерференцию между слабыми F -волнами и резонансами $N(1520)_{3/2}^-$ и $N(1535)_{1/2}^-$ [30].

Целью проекта **COMET** является поиск на ускорителе J-PARC безнейтринной конверсии мюона в электрон, которая может быть объяснена лишь за пределами Стандартной модели. С участием группы ЛЯП в 2016 г. был проведен комбайн-тест в Университете Тохоку (Япония) на электронном 1,3-ГэВ пучке. В тесте были использованы как прототип электромагнитного калориметра, так и прототип строу-трекера. Прототип калориметра состоял из 16 модулей кристаллов LYSO из ОИЯИ. Каждый модуль состоял из четырех кристаллов, в сумме в прототипе было 64 кристалла. До теста в Тохоку все кристаллы были исследованы дубненской группой ЛЯП, при исследовании был определен наиболее оптимальный вариант выбора материала для оборачивания кристаллов. Продолжались работы по исследованию свойств 20-мкм строу-трубок в ЛЯП ОИЯИ.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В 2016 г. достигнуто существенное усовершенствование методики применения **прецизионного лазерного инклинометра** благодаря использованию вакуумированного образца. В измерениях 2015 г. показана необходимость компенсации углового шумового движения лазерного луча в инклинометре. Этот шум

ограничивал частотный диапазон и не позволял регистрировать микросейсмические колебания с частотой ниже 10^{-3} Гц. В 2016 г. предложен и реализован инновационный способ он-лайн компенсации шума углового движения лазерного луча при помощи реперного лазерного луча. Создана и испытана система

учета колебаний лазерного луча по двум угловым координатам, которая эффективно компенсирует шумовое блуждание лазерного луча в диапазоне частот от $5 \cdot 10^{-6}$ до 10^{-1} Гц. Чувствительность инклинометра в области низких частот увеличена более чем в 30 раз; спектральная плотность достигла 10^{-8} рад/Гц^{1/2} на частоте $5 \cdot 10^{-5}$ Гц. Это позволило достичь результата принципиального значения: зарегистрированы угловые колебания поверхности Земли от гравитационного воздействия Луны и Солнца в двух угловых координатах.

В ходе реализации договора между Институтом физики плазмы (ИФП) Китайской академии наук (Хэфэй, КНР) и ОИЯИ в НЭОНУ ЛЯП разработан проект сверхпроводящего изохронного циклотрона **SC202**, предназначенного для лечения онкологических заболеваний с помощью протонных пучков. Циклотрон будет ускорять протоны до энергии 200 МэВ с максимальной интенсивностью пучка 1 мкА. Планируется изготовить в Китае два ускорителя, один из которых будет работать в новом Медицинском центре в г. Хэфэе, другой придет на смену фазотрону Медико-технического комплекса ЛЯП ОИЯИ.

К настоящему времени разработан физический проект сверхпроводящего изохронного протонного циклотрона SC202. Проведены расчеты и выбраны параметры трех систем: магнитной, ускоряющей и вывода пучка, рассчитана динамика пучка из источника до выхода из циклотрона [31–33]. Разработанный в ЛЯП ОИЯИ проект SC202 одобрен экспертной комиссией в г. Хэфэе в октябре. Производство ускорителя начнется в 2017 г. В 2018 г. планируется осуществить пуск первого экземпляра циклотрона в г. Хэфэе. Результаты разработки циклотрона SC202 будут применены при организации массового производства циклотронов в ИФП (Китай).

В секторе электронного охлаждения ЛЯП завершено изготовление магнитной системы специализированного канала монохроматических позитронов, предназначенного для **позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС)**. Разработан новый вариант криогенного источника медленных монохроматических позитронов с замкнутым циклом охлаждения на основе гелиевого криокулера. Достигнута температура подложки 6 К. Получен поток монохроматических позитронов $1,6 \cdot 10^6 e^+ \cdot c^{-1}$. Источник использован при проводке позитронов через специализированный канал монохроматических позитронов. За 2016 г. проведено 6 сеансов спектроскопии на пучке позитронов. Исследованы материалы Zr, Cu, Ag и графит после облучения тяжелыми ионами, а также образцы нержавеющей стали после воздействия пескоструйного аппарата.

Основные усилия в области **НИР новых полупроводниковых детекторов** в 2016 г. были сконцен-

трированы в двух направлениях: исследования пиксельных детекторов на основе арсенида галлия и микросхемы считывания Medipix и исследования спектральной рентгеновской компьютерной томографии с помощью микротомографа MARS.

Четыре пиксельных детектора с сенсором из GaAs:Cr и микросхемой считывания Timerix были изготовлены группой ОИЯИ в сотрудничестве с ИЭПФ ЧТУ (Прага), ТГУ (Томск) и ЦЕРН. Качество соединения оказалось очень высоким — 99,8% успешно соединенных пикселей. Эти детекторы после калибровки были установлены в шахте установки ATLAS на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН в рамках проекта ATLAS–GaAsPix для мониторинга радиационного фона.

На базе источника синхротронного излучения ВЭПП-3М (ИЯФ СО РАН, Новосибирск) проведено исследование характеристик пиксельного детектора с сенсором из GaAs:Cr и микросхемой считывания Timerix. Измерено энергетическое разрешение детектора, которое составило 1% при энергии 18 кэВ. Проведено сканирование пикселей детектора для измерения их чувствительности и эффекта распределения наведенного заряда. Также начата разработка прототипа собственной электроники считывания для детектора на основе микросхемы Timerix с использованием ПЛИС Altera Cyclone 5 SoC. В настоящее время ведется отладка процедуры передачи данных на компьютер и установки рабочих параметров микросхемы.

В течение 2016 г. было разработано новое программное обеспечение для управления микротомографом MARS, что значительно повысило надежность работы. Кроме того, с помощью нового программного обеспечения была оптимизирована процедура остановки вращения гантри, что дало возможность уменьшить вибрации и сократить общее время сканирования. Для увеличения динамического диапазона при получении рентгеновских изображений была реализована возможность суммирования нескольких снимков для каждой проекции. Была разработана программа моделирования микротомографа на основе пакета Geant4, которая применяется для создания и оптимизации алгоритмов идентификации материалов. В сотрудничестве с МФТИ разработано программное обеспечение для моделирования микротомографа с использованием коммерческих облачных ресурсов.

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.

Совместно с Медицинским радиологическим научным центром (Обнинск) и радиологическим от-

делением МСЧ-9 проводились регулярные сеансы протонной терапии по клиническому исследованию эффективности при лечении различных новообразований. В течение года проведено семь лечебных циклов суммарной продолжительностью 30 недель. На медицинском протонном пучке курс фракционированного лучевого лечения прошел 61 пациент, при этом общее количество протонных терапевтических облучений (полей) превысило 4500. Кроме того, на гамма-аппарате «Рокус-М» были пролечены еще 33 пациента.

Продолжались работы по разработке и созданию программно-аппаратного комплекса для макета многоплесткового коллиматора протонного пучка на 4 пары пластин. Макет послужит прообразом полномасштабного варианта устройства на 33 пары пластин, необходимого для реализации так называемого динамического метода облучения протонным пучком различных новообразований. Почти завершено создание основных компонентов трехмерной программы компьютерного моделирования конформной протонной лучевой терапии. Разработанный вариант программы успешно прошел дозиметрическую верификацию с использованием гетерогенного фантома Алдерсона и радиохромных пленок, и в настоящее время проводится его клиническая апробация.

Совместно с сотрудниками отдела радиационной дозиметрии Института ядерной физики (Прага, Чехия) и Центра протонной терапии в Праге (РТС) проводились работы по сравнению дозных распре-

делений за пределами облучаемой мишени в кабине протонной терапии ЛЯП ОИЯИ и на сканирующем клиническом протонном пучке в РТС с использованием термолюминесцентных детекторов и радиохромных пленок. Эти исследования важны для оценки риска возникновения вторичных опухолей в результате протонной терапии. В результате измерений было показано, что поглощенные дозы за пределами первичного пучка в Дубне оказались немного выше, чем в РТС, в результате рассеяния протонов на элементах системы формирования пучка в кабине. Совместно с сотрудниками Института медико-биологических проблем и ЛРБ ОИЯИ проводились работы по изучению воздействия протонов с различными значениями ЛПЭ на биологические объекты [34].

Создано новое устройство для радиационной защиты биологических объектов на основе лазерного модуля с длиной волны 532 нм. Устройство было использовано для проверки предположения о том, что при радиозащитном действии малых доз лазерного излучения с длиной волны 633 нм первичными фоторецепторами являются цитохром с-оксидазы. Эксперименты, проведенные на клетках фибробластов мышей, показали, что радиозащитный эффект наблюдается в дозовом интервале лазерного облучения примерно от 0,4 до 0,85 мДж/см². Максимальный радиозащитный эффект наблюдается при плотности энергии лазерного облучения около 0,56 мДж/см² [35].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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).
2. *An F. P. et al.* Study of the Wave Packet Treatment of Neutrino Oscillation at Daya Bay. arXiv:1608.01661 [hep-ex]; Eur. Phys. J. C (submitted).
3. *Agostini M. et al.* A Search for Low-Energy Neutrino and Antineutrino Signals Correlated with Gamma-Ray Bursts with Borexino // *Astropart. Phys.* 2017. V. 86. P. 11–17.
4. *Agnes P. et al.* Results from the First Use of Low Radioactivity Argon in a Dark Matter Search // *Phys. Rev. D.* 2016. V. 93. P. 081101.
5. *Adamson P. et al. (NOvA Collab.).* First Measurement of Electron Neutrino Appearance in NOvA // *Phys. Rev. Lett.* 2016. V. 116, No. 15. P. 151806.
6. *Adamson P. et al. (NOvA Collab.).* First Measurement of Muon-Neutrino Disappearance in NOvA // *Phys. Rev. D.* 2016. V. 93, No. 5. P. 051104.
7. *Vahle P. (on behalf of the NOvA Collab.).* New Results from NOvA // XXVII Intern. Conf. on Neutrino Physics and Astrophysics, London, July 4–9, 2016.
8. *Abgrall N. et al. (NA61/SHINE Collab.).* Measurements of π^\pm , K^\pm , K_0^S , Λ and Proton Production in Proton–Carbon Interactions at 31 GeV/c with the NA61/SHINE Spectrometer at the CERN SPS // *Eur. Phys. J. C.* 2016. V. 76. P. 84.
9. *Abgrall N. et al. (NA61/SHINE Collab.).* Measurements of π^\pm Differential Yields from the Surface of the T2K Replica Target for Incoming 31 GeV/c Protons with the NA61/SHINE Spectrometer at the CERN SPS // *Eur. Phys. J. C.* 2016. V. 76. P. 617.
10. *Arnold R. et al.* Measurement of the Double-Beta Decay Half-Life and Search for the Neutrinoless Double-Beta Decay of ⁴⁸Ca with the NEMO-3 Detector // *Phys. Rev. D.* 2016. V. 93. P. 112008.
11. *Arnold R. et al.* Measurement of the $2\nu\beta\beta$ Decay Half-Life of ¹⁵⁰Nd and a Search for $0\nu\beta\beta$ Decay Processes with the Full Exposure from the NEMO-3 Detector // *Phys. Rev. D.* 2016. V. 94. P. 072003.
12. *Armengaud E. et al. (EDELWEISS Collab.).* Constraints on Low-Mass WIMPs from the EDELWEISS-III Dark Matter Search // *J. Cosmol. Astropart. Phys.* 2016. V. 05. P. 019.
13. *Hehn L. et al. (EDELWEISS Collab.).* Improved EDELWEISS-III Sensitivity for Low-Mass WIMPs

- Using a Profile Likelihood Approach // *Eur. Phys. J. C.* 2016. V. 76. P. 548.
14. *GERDAQ Collab.* Search of Neutrinoless Double Beta Decay with the GERDA Experiment // *Nucl. Part. Phys. Proc.* 2016. V. 273–275. P. 1876.
 15. *Gress O. et al.* // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2016 (in press); <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2016.08.031>.
 16. *Tkachev L. et al.* Preliminary Results of the Cosmic Ray Study in the NUCLEON Space Experiment // *PoS (ICHEP2016)*. 2016. P. 792.
 17. *Grinyuk A. et al.* The TUS Orbital Detector Simulation // *Nucl. Instr. Meth. A* (submitted).
 18. *ATLAS Collab.* Search for Gluinos in Events with an Isolated Lepton, Jets, and Missing Transverse Momentum at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector // *Phys. J. C.* 2016. V. 76. P. 565.
 19. *ATLAS Collab.* Search for Heavy Resonances Decaying to a Z Boson and a Photon in pp Collision at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector // *Phys. Lett. B.* 2017. V. 764. P. 11.
 20. *Atanov N. et al.* Design and Status of the Mu2e Electromagnetic Calorimeter // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2016. V. 824. P. 695.
 21. *Atanov N. et al.* Measurement of Time Resolution of the Mu2e LYSO Calorimeter Prototype // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2016. V. 812. P. 104.
 22. *Atanov N. et al.* Energy and Time Resolution of a LYSO Matrix Prototype for the Mu2e Experiment // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2016. V. 824. P. 684.
 23. *Artikov A. et al.* Optimization of the Light Yield by Injecting an Optical Filler into the Co-Extruded Hole of the Plastic Scintillation Bar // *J. Instr.* 2016. V. 11. P. T05003.
 24. *Ablikim M. et al.* // *Phys. Rev. D.* 2016. V. 94, No. 3. P. 032001.
 25. *Pocanic D. et al.* arXiv:1403.7416.
 26. *The MEG Collab.* Search for the Lepton Flavour Violating Decay $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ with the Full Dataset of the MEG Experiment // *Eur. Phys. J. C.* 2016. V. 76. P. 434.
 27. *The MEG Collab.* Measurement of the Radiative Decay of Polarized Muons in the MEG Experiment // *Eur. Phys. J. C.* 2016. V. 76. P. 108.
 28. *Annand J.R.M. et al.* T and F Asymmetries in π^0 Photoproduction on the Proton // *Phys. Rev. C.* 2016. V. 93, No. 5. P. 055209.
 29. *Witthauer L. et al.* Insight into the Narrow Structure in η Photoproduction on the Neutron from Helicity-Dependent Cross Sections // *Phys. Rev. Lett.* 2016. V. 117. P. 132502.
 30. *Gardner S. et al.* Photon Asymmetry Measurements of $\gamma p \rightarrow \pi^0 p$ for $E_\gamma = 320\text{--}650$ MeV // *Eur. Phys. J. A.* 2016. V. 52. P. 333.
 31. *Shirkov G. et al.* Hadron Therapy Research and Application at JINR // XXV Rus. Part. Accel. Conf., St. Petersburg, Russia, 2016.
 32. *Gurskiy S.V. et al.* Research and Development of a Compact Superconducting Cyclotron SC200 for Proton Therapy // IPAC'16, the Seventh Intern. Part. Accel. Conf., Pohang Accel. Lab., Korea, 2016.
 33. *Karamysheva G. et al.* Compact Superconducting Cyclotron SC200 for Proton Therapy // The 21st Intern. Conf. on Cyclotrons and Their Applications, Zürich, Switzerland, 2016.
 34. *Sahoo G.S. et al.* Measurement of LET (Linear Energy Transfer) Spectra Using CR-39 at Different Depths of Water Irradiated by 171 MeV Protons: A Comparison with Monte Carlo Simulation // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2016. V. 818. P. 14.
 35. *Voskanyan K.Sh. et al.* Effects of Hypofractionated and Standard Fractionated Irradiation of Mice Heads with Gamma-Rays and Protons on Their Peripheral Blood Parameters and Behavior // *J. Phys. Science and Application.* 2016. V. 6, No. 3. P. 30–36.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г. Н. ФЛЕРОВА

В 2016 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 2016 г. составило 15 724 ч. Основные направления исследований в отчетном году:

- развитие ускорительного комплекса лаборатории, в том числе создание «Фабрики сверхтяжелых элементов»;

DRIBs-III.

УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПУЧКОВ ИОНОВ СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ

Создание ускорительного комплекса «Фабрика сверхтяжелых элементов» на базе циклотрона ДЦ-280. Новый экспериментальный корпус фабрики был подготовлен для монтажа оборудования ускорителя. В соответствии с планом-графиком монтажных и пусконаладочных работ 15 сентября начата сборка циклотрона ДЦ-280. В декабре закончен монтаж магнита циклотрона, проведена юстировка магнитной структуры. Выполнены работы по подготовке системы магнитных измерений, которые планируется провести в начале 2017 г. Подготовлено инженерное оборудование циклотрона для монтажа в новом корпусе. Практически полностью закончен монтаж системы водяного охлаждения, полностью прошел стендовые испытания ионный источник. Комплексные пусконаладочные работы планируется начать в конце 2017 г. [1].

Развитие существующего ускорительного комплекса ЛЯР. Основное время работы циклотрона У-400 было использовано для выполнения программы исследований по синтезу и изучению свойств ряда новых изотопов сверхтяжелых элементов на пучках ^{48}Ca . Выполнены исследования по получению пучков ионов ^{50}Ti из ионного источника методом MIVOC (Metal Ions from the Volatile Compounds). Разработанный метод позволил получить

- синтез и изучение свойств ядер, находящихся на границах стабильности;

- изучение взаимодействий тяжелых ионов с конденсированными средами, а также прикладные исследования.

Эти направления исследований были представлены в трех лабораторных темах, завершившихся в отчетном году.

стабильный пучок ускоренных ионов $^{50}\text{Ti}^{5+}$ на циклотроне У-400 с энергией 5,3 МэВ/нуклон, интенсивностью около 10 емкА (рис. 1) и провести два длительных физических эксперимента с использованием пучка ионов ^{50}Ti . Этим же методом получен из ионного источника интенсивный пучок Сг (рис. 2).

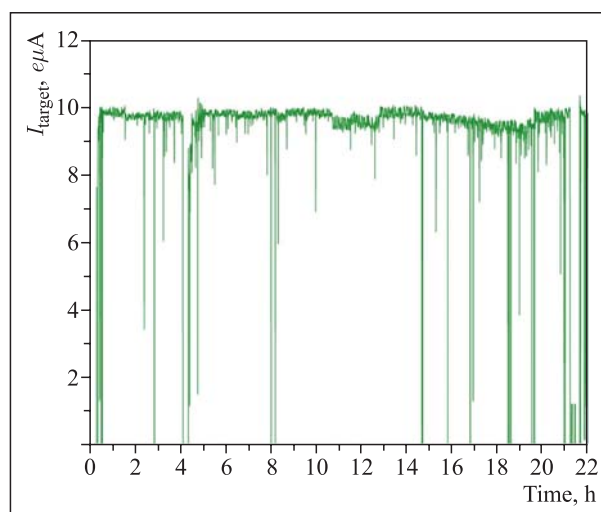


Рис. 1. Интенсивность пучка ускоренных ионов ^{50}Ti , выведенного из ускорителя У-400

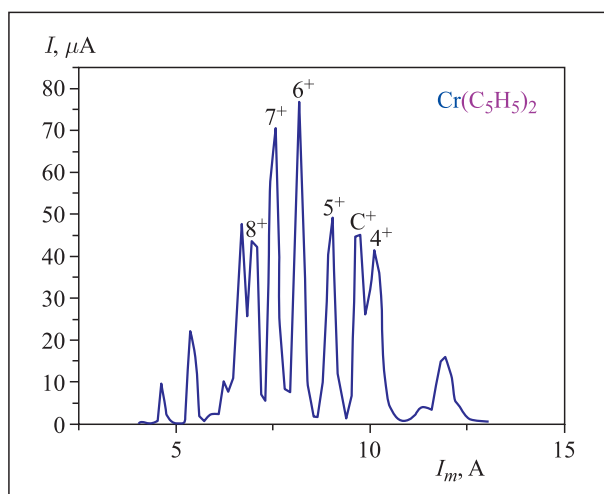


Рис. 2. Зарядовый спектр ионов хрома, полученный из источника ECR4M на ускорителе У-400

На циклотроне У-400М был установлен второй ионный источник электронно-циклотронного резонанса со сверхпроводящими обмотками, работающий на частоте 18 ГГц. С помощью этого источника получены ионы Fe^{17+} , Xe^{30+} , Bi^{37+} с энергией 15–30 МэВ/нуклон. Пучки ускоренных ионов были использованы для выполнения программы физических экспериментов, в частности для тестирования радиационной стойкости электронных компонентов.

Модернизированный циклический имплантатор ИЦ-100 используется для выполнения программы прикладных исследований на интенсивных пучках ионов от С до W с энергией 1,0–1,2 МэВ/нуклон. Ионы, ускоренные на ИЦ-100, использованы для калибровки детекторов при подготовке экспериментов на ускорителях У-400 и У-400М ЛЯР, а также на экспериментальных установках других лабораторий.

Создание экспериментальных установок комплекса «Фабрика сверхтяжелых элементов». Новый газонаполненный сепаратор ядер отдачи (DGFRS-II) находится в стадии изготовления. Контракт на изготовление сепаратора был заключен в 2015 г. с компанией «SigmaPhi». Контрактом предусмотрена поставка сепаратора в середине 2017 г.

Начаты работы по проектированию предсепаратора для изучения химических свойств сверхтяжелых элементов с временами жизни более 1 с. Прорабатывается возможность создания сепаратора с использованием сверхпроводящих магнитов.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЯДЕР НА ГРАНИЦАХ СТАБИЛЬНОСТИ

Синтез новых элементов. 28 ноября Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC) принял окончательное решение [5] о наименовании химических элементов Периодической

Фрагмент-сепаратор ACCULINNA-2. Продолжены работы по созданию нового фрагмент-сепаратора ACCULINNA-2. В 2015 г. сепаратор был полностью смонтирован, проведены вакуумные тесты и магнитные измерения. В декабре 2015 г. состоялся пробный пуск установки с проводкой первичного пучка ^{32}S . В 2016 г. завершено строительство экспериментальной кабины в фокальной плоскости сепаратора. Выполнена подготовка к сооружению биологической защиты в районе производящей мишени установки. Необходимые для этого бетонные блоки закуплены и доставлены в ЛЯР.

Создание сепаратора на основе резонансной лазерной ионизации (установка GaLS). Продолжены работы по созданию установки GaLS, предназначенной для сепарации продуктов реакций передач методом селективной лазерной ионизации [2]. В 2016 г. завершена комплектация лазерной подсистемы установки GaLS. Ее монтаж должен быть завершен в начале 2017 г. Закуплено и доставлено в ЛЯР необходимое вакуумное оборудование. Завершено проектирование масс-сепаратора. Началось изготовление магнита сепаратора. Вакуумная камера сепаратора изготовлена, протестирована и доставлена в ЛЯР. Первый вариант конструкции газовой ячейки установки GaLS разработан и изготовлен на опытном производстве ЛЯР. В сотрудничестве с iThemba LABS (ЮАР) разработана система транспорта продуктов реакций и запущено изготовление ее прототипа.

Масс-спектрометр MASHA. Начаты работы по созданию новой конструкции ЭЦР-источника и горячей ловушки, направленные на повышение эффективности сепарации таких летучих элементов, как ртуть. 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. К настоящему времени подготовлено техническое задание на новую конструкцию, изготовлен макет новой камеры ЭЦР-источника.

Разработана установка для измерения абсолютных сечений реакций слияния с тяжелыми ионами. Выполнены модельные расчеты, закуплено необходимое оборудование, подготовлены чертежи. Основные результаты работы группы сепаратора MASHA опубликованы в [3, 4].

таблицы Д. И. Менделеева с номерами 115, 117 и 118, приоритет открытия которых был признан в конце 2015 г. за ОИЯИ в сотрудничестве с научными центрами США. Были утверждены следующие названия:

Периодическая таблица элементов Д. И. Менделеева (2016 г.)

Бор 5 B 10,81 Boron		Углерод 6 C 12,011 Carbon		Азот 7 N 14,007 Nitrogen		Кислород 8 O 15,999 Oxygen		Фтор 9 F 18,998 Fluorine		Неон 10 Ne 20,18 Neon	
Алюминий 13 Al 26,982 Aluminium		Кремний 14 Si 28,085 Silicon		Фосфор 15 P 30,974 Phosphorus		Сера 16 S 32,06 Sulfur		Хлор 17 Cl 35,45 Chlorine		Аргон 18 Ar 39,948 Argon	
Никель 28 Ni 58,693 Nickel		Медь 29 Cu 63,546 Copper		Цинк 30 Zn 65,38 Zinc		Галлий 31 Ga 69,723 Gallium		Германий 32 Ge 72,630 Germanium		Мышьяк 33 As 74,922 Arsenic	
Селен 34 Se 78,971 Selenium		Бром 35 Br 79,904 Bromine		Криpton 36 Kr 83,796 Krypton		Кадмий 48 Cd 112,41 Cadmium		Индий 49 In 114,82 Indium		Олово 50 Sn 118,71 Tin	
Сурьма 51 Sb 121,76 Antimony		Теллур 52 Te 127,60 Tellurium		Йод 53 I 126,90 Iodine		Ксенон 54 Xe 131,29 Xenon		Платина 78 Pt 195,08 Platinum		Золото 79 Au 196,97 Gold	
Ртуть 80 Hg 200,59 Mercury		Таллий 81 Tl 204,38 Thallium		Свинец 82 Pb 207,2 Lead		Висмут 83 Bi 208,98 Bismuth		Полоний 84 Po (209)		Астат 85 At (210)	
Радон 86 Rn (222)		Флеровий 114 Fl (289)		Московский 115 Mc (288)		Ливерморий 116 Lv (293)		Теннессиин 117 Ts (294)		Оганессон 118 Og (294)	

Рис. 3. Часть Периодической таблицы элементов Д. И. Менделеева. Выделены элементы, синтезированные в ОИЯИ за последние 16 лет

- Moscovium (московский) и символ Mc для элемента 115;
- Tennessine (теннессиин) и символ Ts для элемента 117;
- Oganesson (оганессон) и символ Og для элемента 118.

Таким образом, все пять открытых в последние годы химических элементов, завершающих седьмой период таблицы Д. И. Менделеева, получили свои окончательные названия (рис. 3).

В 2016 г. продолжены эксперименты по синтезу изотопов элемента Og с массой 293–296 и изучению их радиоактивных свойств. Эксперименты проведены на газонаполненном сепараторе ЛЯР ОИЯИ в сотрудничестве с лабораториями в Ок-Ридже (ORNL), Ноксвилле (UT), Ливерморе (LLNL) и Нэшвилле (VU). Мишень толщиной 0,35 мг/см² была изготовлена в ORNL и состояла из смеси изотопов ²⁴⁹Cf (50,7 %), ²⁵⁰Cf (12,9 %) и ²⁵¹Cf (36,4 %). Энергия ионов ⁴⁸Ca в середине слоя мишени была увеличена на 6 МэВ по сравнению с опытом 2015 г. и составила 258 МэВ, что соответствовало ожидаемому максимуму сечений реакций полного слияния ^{249–251}Cf + ⁴⁸Ca с испарением четырех нейтронов.

Полная доза ионов ⁴⁸Ca при данной энергии — $1,1 \cdot 10^{19}$. Опыт был остановлен, поскольку поверхность мишени покрылась слоем балластного вещества, использованного при ее изготовлении. В результате эксперимента при энергии ⁴⁸Ca 252 МэВ зарегистрирована одна цепочка распада ядра ²⁹⁴Og, которое является продуктом 3n-канала реакции ²⁴⁹Cf + ⁴⁸Ca [6]. В этой же реакции четыре ядра изотопа ²⁹⁴Og в ЛЯР были синтезированы в 2002, 2005 и 2012 гг. [7]. Радиоактивные свойства всех ядер ²⁹⁴Og, ²⁹⁰Lv и ²⁸⁶Fl хорошо согласуются с ре-

зультатами, полученными как в реакции с ²⁴⁹Cf, так и в перекрестных реакциях ²⁴⁵Cm(⁴⁸Ca, 3n)²⁹⁰Lv и ²⁴²Pu(⁴⁸Ca, 4n)²⁸⁶Fl [6, 7].

Эксперименты будут продолжены в 2017 г. после изготовления новой мишени.

Химия трансактиноидов. Исследовано влияние релятивистских эффектов на химические свойства сверхтяжелых элементов Sn и Fl методом газовой термохроматографии на поверхности селена. Проведены термодинамические расчеты и тестовые эксперименты на пучке ⁴⁸Ca. Результаты показали образование стабильных селенидов легких гомологов Sn и Fl в 12-й и 14-й группах Периодической таблицы Д. И. Менделеева с противоположными трендами стабильности, что позволит впервые разделить зоны осаждения этих элементов в термохроматографической колонке [8]. В рамках сотрудничества между ЛЯР ОИЯИ и PSI (Швейцария) в октябре был выполнен совместный эксперимент на ускорителе У-400 ЛЯР по изучению адсорбции Sn и Fl на поверхностях селена и золота. Для синтеза изотопов Sn и Fl использовали реакцию ⁴⁸Ca + ²⁴²Pu, что позволило исследовать адсорбцию указанных элементов в одном эксперименте. Продукты реакции останавливались в заполненной смесью аргона и гелия камере сбора ядер отдачи и по капилляру газовой струей транспортировались в термохроматографическую колонку, состоящую из изотермической части, включающей 16 Si-PIN детекторов, покрытых селеном, и 16 Si-PIN детекторов, покрытых золотом, при температурном градиенте от +20 до –165 °. Проводится анализ полученных данных.

Спектроскопия тяжелых и сверхтяжелых ядер. Проведен эксперимент по изучению спектроскопиче-

ских свойств изотопа ^{255}Lr , синтезируемого в реакции полного слияния $^{48}\text{Ca}(^{209}\text{Bi}, 2n)^{255}\text{Lr}$, с использованием модернизированного сепаратора ядер отдачи SHELS и новой детекторной камеры, включающей в себя германиевый детектор клеверного типа и четыре монокристаллических Ge-детектора. Результаты эксперимента показали, что модернизация ионно-оптической системы сепаратора вместе с увеличением эффективности регистрации гамма-квантов для новой детекторной системы (не менее чем в три раза) привела к увеличению статистики регистрируемых распадов в 10 раз для одного и того же интегрального потока налетающих ионов.

Выполнены эксперименты по изучению свойств распадов ^{257}Db , синтезируемых в реакции полного слияния $^{50}\text{Ti}(^{209}\text{Bi}, 2n)^{257}\text{Db}$. Зарегистрировано более 1000 событий распада изотопа ^{257}Db (рис. 4). Проводится обработка экспериментальных данных.

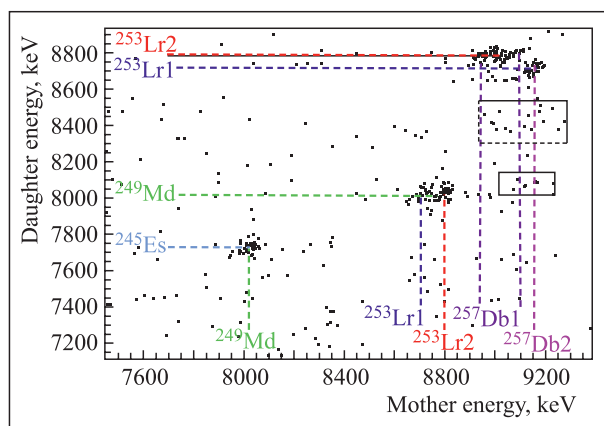


Рис. 4. Альфа-альфа-корреляции для распада изотопа ^{257}Db

С использованием пучка ^{50}Ti исследовались редкие каналы реакций с испарением протона и нескольких нейтронов в реакциях полного слияния $^{209}\text{Bi}(^{50}\text{Ti}, pxn)^{258-x}\text{Rf}$. При двух энергиях пучка зарегистрировано несколько событий, которые были отнесены к каналу $p0n$, и получен предел по сечению образования для канала $p1n$. В октябре-ноябре эксперимент был продолжен при энергии пучка ^{50}Ti , соответствующей расчетному максимуму функции возбуждения $p2n$ испарительного канала. Зарегистрировано несколько событий спонтанного деления изотопа ^{256}Rf .

Современное состояние сепаратора SHELS и некоторые результаты выполненных экспериментов представлены в работах [9, 10].

Динамика взаимодействия тяжелых ядер, деление тяжелых и сверхтяжелых ядер. В 2016 г. на установке CORSET (ускоритель У-400) выполнен ряд экспериментов, призванных оценить измененные доли квазиделения, подавляющего канал полного слияния ядер, при переходе от пучков Са к пучкам

более тяжелых ионов Тi, Сг и т.д. Эти исследования имеют важное значение, в частности, для планирования экспериментов по синтезу новых сверхтяжелых ядер с $Z > 118$. В 2016 г. изучены массово-энергетические распределения бинарных фрагментов, образующихся в реакциях $^{52}\text{Cr} + ^{232}\text{Th}$, ^{248}Cm при энергиях около кулоновского барьера. Закончен анализ массово-энергетических распределений фрагментов деления и квазиделения, образующихся в реакции $^{48}\text{Ti} + ^{238}\text{U}$ [11, 12]. Обнаружено, что при энергиях ниже кулоновского барьера вклад симметричных фрагментов для реакций $^{48}\text{Ca} + ^{244}\text{Pu}$, $^{48}\text{Ti} + ^{238}\text{U}$ и $^{52}\text{Cr} + ^{232}\text{Th}$, ведущих к образованию составной системы с $Z = 114$, совпадает в пределах погрешностей измерения. Однако при энергиях выше кулоновского барьера вклад симметричных фрагментов монотонно возрастает в случае реакции с ионами ^{48}Ca , в то время как для реакций с ионами ^{48}Ti и ^{52}Cr — не изменяется и составляет величину порядка 8–9%. Это может свидетельствовать о значительном увеличении роли процесса квазиделения при переходе от ионов Са к Тi и Сг. Также в 2016 г. на ускорителе У-400М были проведены измерения массово-энергетических и угловых распределений бинарных фрагментов реакции $^{86}\text{Kr} + ^{198}\text{Pt}$, ведущей к образованию составной системы с $Z = 114$. В этой реакции основным каналом является процесс глубоководных передач.

В рамках сотрудничества между ОИЯИ (Дубна) и IN2P3 (Франция) в июне в г. Орсе (Франция) был проведен совместный эксперимент, посвященный изучению динамики реакции $^{32}\text{S} + ^{197}\text{Au}$ при энергии налетающего иона 5,2 МэВ/нуклон [13]. Эксперимент проводился на комплексе ALTO. Энергия и множественность γ -квантов в совпадении с фрагментами реакции измерялись с помощью спектрометров ORGAM и PARIS. Бинарные фрагменты реакции регистрировались с помощью спектрометра CORSET. Множественность и энергия γ -квантов несут информацию об угловом моменте и энергии возбуждения фрагментов, а форма спектра гигантского дипольного резонанса — о деформации составной системы. Эти характеристики определяют динамику эволюции двойной ядерной системы. Полученные экспериментальные данные находятся в стадии обработки.

На сепараторе MASHA выполнен эксперимент по измерению выходов изотопов радона в реакциях многонуклонных передач $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$ и $^{48}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$. Результаты представлены на конференции «EXON-2016».

Структура экзотических ядер. В 2016 г. выполнены эксперименты, нацеленные на поиск двухпротонного канала распада первого возбужденного состояния $3/2^-$ ядра ^{17}Ne , заселяемого в реакции передачи нейтрона $p(^{18}\text{Ne}, d)^{17}\text{Ne}$ [14]. Исследовалось заселение низколежащих возбужденных состоя-

ний ^{17}Ne в диапазоне энергий возбуждения до 3 МэВ. В результате был установлен новый верхний предел отношения парциальных ширин распада первого возбужденного состояния $3/2^-$ ядра ^{17}Ne с испусканием $2p$ и гамма-квантов $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma \leq 2,5 \cdot 10^{-4}$, что примерно в 30 раз ниже значения, полученного ранее в работе *Chromik M. J. et al.* (Phys. Rev. C. 2002. V.66. P.024313). Такое значительное повышение чувствительности эксперимента было достигнуто за счет выбора реакции и применения нового метода «комбинированной массы» для реконструкции спектра возбуждений ^{17}Ne . Метод комбинированной массы позволит значительно улучшить инструментальное разрешение в экспериментах с толстой мишенью. Это делает возможным прямое экспериментальное наблюдение истинного радиоактивного $2p$ -распада из состояния $3/2^-$ ^{17}Ne . Теоретическая оценка отношения парциальных ширин $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma \sim 2,5 \cdot 10^{-6}$. Возможность прямого наблюдения таких слабых веток распада с испусканием частиц в одном эксперименте делает перспективным предложенный подход для задач ядерной астрофизики.

Завершен анализ данных эксперимента по изучению бета-задержанной эмиссии протонов изотопами ^{26}P и ^{27}S [15]. Исследования проводились на установке ACCULINNA совместно с коллегами из Варшавского университета. Ключевая особенность этих исследований, выполненных с использованием оптической времяпроекционной камеры, — прямое наблюдение событий распада в отсутствие фона. Результаты, полученные для распада изотопа ^{26}P , совпали с данными из работы *Thomas J.-C. et al.* (Eur. Phys. J. A. 2004. V.21. P.419). Определенный нами период полураспада ядра ^{27}S согласуется с данными более ранней работы *Canchel G. et al.* (Eur. Phys. J. A. 2001. V.12. P.377), в которой для регистрации протонов использовалась сборка из кремниевых детекторов с порогом регистрации $E_p > 1,5$ МэВ. В этих экспериментах уда-

лось зарегистрировать протоны с $E_p > 0,15$ МэВ, что позволило обнаружить интенсивные пики при значениях энергии 320 и 710 кэВ. В результате установлены новые значения для вероятностей ветвления по каналам βp и $\beta 2p$, которые оказались значительно (в три и более раз) выше, чем полученные ранее. Выполненные исследования показали, что техника эксперимента на основе оптической времяпроекционной камеры является предпочтительной для идентификации каналов распада и точного определения их парциальных вероятностей.

Реакции с пучками легких стабильных и радиоактивных ядер. На циклотроне У-400М с использованием сепаратора ACCULINNA проведен цикл экспериментов по измерению энергетической зависимости сечений реакций с ядрами ^6He , $^6,9\text{Li}$ в широком диапазоне энергий (10–50 МэВ/нуклон) с использованием так называемого метода трансмиссии, дополненного регистрацией гамма-квантов. Обнаружено существенное увеличение сечения в виде широкого максимума в диапазоне энергий 10–30 МэВ/нуклон (рис. 5). Данный эффект не наблюдался в реакциях с пучками ^3He , ^4He , $^7,8\text{Li}$ [16] и был объяснен влиянием кластерных степеней свободы, в том числе нейтронных, на усиление сечений в этой области энергий [17].

На фрагмент-сепараторе COMBAS проведен цикл исследований сечений взаимодействия легких нейтроноизбыточных ядер (изотопов гелия $^6,8\text{He}$ и лития $^8,9,11\text{Li}$). Были выбраны оптимальные реакции синтеза этих ядер, и получены их пучки в фокальной плоскости сепаратора. Результаты экспериментов показали, что в характеристиках реакций при взаимодействиях таких ядер при больших энергиях могут также проявляться особенности, связанные с их кластерной структурой. Получена информация о кластерной структуре ядра ^9Be . Так, для ядра ^9Be определены значения формфакторов для двух конфигураций: $^8\text{Be} + n$ и $^5\text{He} + \alpha$. Эксперименты про-

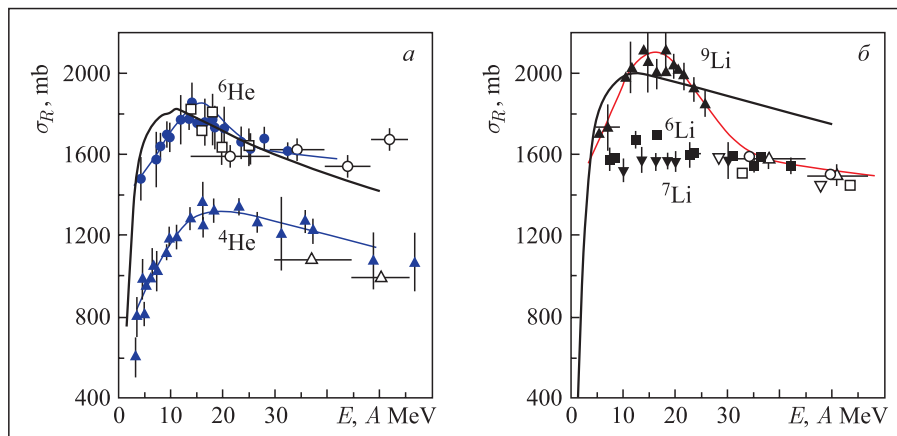


Рис. 5. Функции возбуждения полных сечений ядерных реакций $^{4,6}\text{He} + \text{Si}$ (а) и $^{6,7,9}\text{Li} + \text{Si}$ (б)

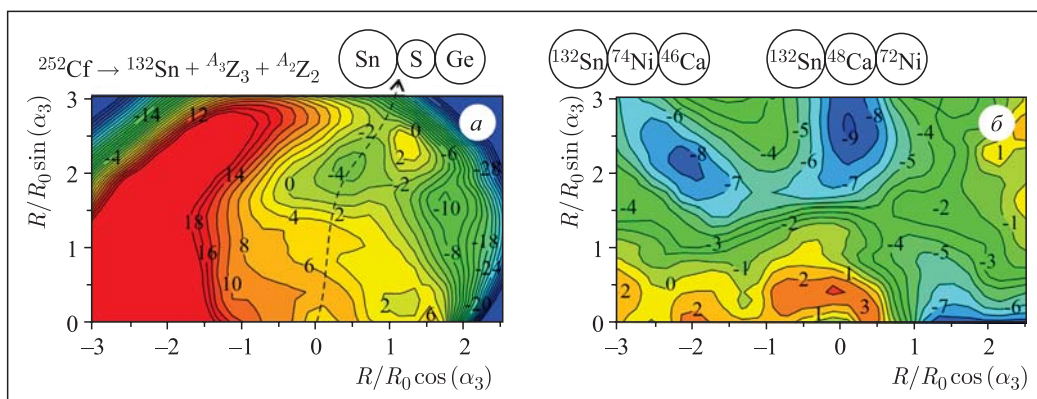


Рис. 6. Потенциальная энергия (а) и оболочечная поправка (б) для тройного деления ядра ^{252}Cf как функция удлинения ядра R и массы третьего фрагмента $\alpha_3 = \pi A_3/100$

водились на циклотроне Ювяскюльского университета (Финляндия). Измерены угловые распределения продуктов реакций для каналов $^9\text{Be}(^3\text{He}, ^4\text{He})^8\text{Be}$ и $^9\text{Be}(^3\text{He}, ^7\text{Be})^5\text{He}$. Из их анализа следует, что вклад кластерных конфигураций $n + ^8\text{Be}$ и $\alpha + ^5\text{He}$ в полное сечение реакции составляет 69 и 25 % соответственно. Проведены эксперименты по исследованию возможности существования ^5He -кластера. Измерено угловое распределение рассеяния d на ядрах ^9Be с образованием $\alpha + ^7\text{Li}$ в выходном канале. Эта реакция является суммой вкладов двух процессов: с передачей дейтрона или с передачей ^5He от мишени к снаряду. В результате расчетов сечения передачи в рамках метода DWBA получено достаточно большое значение спектроскопического фактора для системы $^9\text{Be} = \alpha + ^5\text{He}$, что подтверждает $\alpha + ^5\text{He}$ -кластерную структуру ядра ^9Be и высокую вероятность передачи ^5He как кластера [18].

Теоретическая и вычислительная физика.

Предложена трехцентровая оболочечная модель, позволяющая рассчитывать потенциальную энергию деформированного ядра в случае как бинарного, так и тройного деления [19]. Изучены особенности ландшафта потенциальной энергии при тройном делении ядра ^{252}Cf . Показано, что макроскопические

свойства потенциальной энергии препятствуют процессу тройного деления. При этом фактор запрета увеличивается с увеличением массы третьего (среднего) осколка. Истинное тройное деление тяжелых ядер с образованием фрагментов сравнимой массы возможно только благодаря оболочечным эффектам, понижающим барьер тройного деления для определенных комбинаций масс осколков. Обнаружены хорошо выраженные потенциальные долины, делающие возможным деление ядра ^{252}Cf на три тяжелых фрагмента с образованием магического оловоподобного кластера в качестве одного из них (рис. 6).

При частичной поддержке РФФИ и программы сотрудничества ОИЯИ–ЮАР расширена база знаний по низкоэнергетической ядерной физике NRV (<http://nrv.jinr.ru>) [20]. В частности, полностью обновлены базы экспериментальных данных по свойствам атомных ядер, а также переработан интерфейс разделов NRV для работы с экспериментальными данными. Расширен функционал ряда ресурсов базы знаний: добавлена возможность анализа множественностей частиц, сопровождающих распад составного ядра, образованного в реакциях слияния тяжелых ионов; реализована возможность моделирования реакций малонуклонных передач в рамках кода FRESCO и др.

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ И РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЛЯР

Изучена морфология латентных треков ионов висмута (700 МэВ, 1 ГэВ) и ксенона (167 МэВ) в монокристаллах TiO_2 [21]. Методами наноиндентирования изучено радиационное упрочнение дисперсно-упрочненных оксидами сталей ЭП450 и КР4, облученных ионами криптона и ксенона с энергиями осколков деления. Показано, что уровень упрочне-

ния составляет 20 % при дозах радиационных повреждений 0,1–1 с. н. а. [22].

Проведены детальные исследования структуры трековых мембран в нанометровом диапазоне размеров методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) высокого разрешения. Особое внимание уделено исследованию особенностей асимметричных

нанопор. Впервые обнаружена и проанализирована роль осмотических эффектов при асимметричном химическом травлении треков тяжелых ионов [23].

Исследованы поверхностные и электротранспортные свойства композитных трековых мембран с гидрофобным слоем полимера. Синтезированы композитные трековые мембраны с фотокаталитическим слоем диоксида титана, и подробно исследованы его структура и фазовый состав [24]. Полученные ре-

зультаты могут быть использованы при создании самоочищающихся фильтров для очистки воды от органических загрязнений.

Разработаны новые методы разделения и концентрирования радиоактивных изотопов ^{99}Mo (^{99}Tc), ^{210}Po , ^{225}Ac , ^{237}U , ^{236}Pu , ^{236}Np для ядерной медицины и экологических исследований.

Исследования, проводимые в ЛЯР в 2016 г., поддержаны семью грантами РФФИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dmitriev S., Itkis M., Oganessian Yu. Status and Perspectives of the Dubna Superheavy Element Factory // Proc. of the Nobel Symp. "NS160"; EPJ Web of Conf. 2016. V. 131. P. 08001.
2. Zemlyanoy S., Zagrebaev V., Kozulin E., Kudryavtsev Yu., Fedosseev V., Bark R., Janas Z. GALS — Setup for Production and Study of Multi-Nucleon Transfer Reaction Products: Present Status // J. Phys.: Conf. Ser. 2016. V. 724. P. 012057. doi:10.1088/1742-6596/724/1/012057.
3. Novoselov A. S., Rodin A. M., Motycak S., Podshibiyakin A. V., Krupa L., Belozero A. V., Vedenev V. Yu., Gulyaev A. V., Gulyaeva A. V., Kliman J., Salamatin V. S., Stepantsov S. V., Chernysheva E. V., Yukhimchuk S. A., Komarov A. B., Kamas D. Data Acquisition System for the Focal Plane Detector of the Mass Separator MASHA // Phys. Part. Nucl. Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 595.
4. Motycak S., Rodin A. M., Novoselov A. S., Podshibiyakin A. V., Krupa L., Belozero A. V., Vedenev V. Yu., Gulyaev A. V., Gulyaeva A. V., Kliman J., Salamatin V. S., Stepantsov S. V., Chernysheva E. V., Yukhimchuk S. A., Komarov A. B., Kamas D. A New Beam Diagnostic System for the MASHA Setup // Phys. Part. Nucl. Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 586.
5. IUPAC Press Release. <https://iupac.org/iupac-announces-the-names-of-the-elements-113-115-117-and-118/>.
6. Rykaczewski K. P., Roberto J. B., Brewer N. T., Utyonkov V. K. ORNL Actinide Materials and a New Detection System for Superheavy Nuclei // EPJ Web of Conf. 2016. V. 131. P. 05005.
7. Utyonkov V., Oganessian Yu., Dmitriev S., Itkis M., Moody K., Stoyer M., Shaughnessy D., Roberto J., Rykaczewski K., Hamilton J. The Discovery of Elements 113 to 118 // Proc. of the Nobel Symp. "NS160"; EPJ Web of Conf. 2016. V. 131. P. 06003.
8. 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., Malyshch O. N., Piguet D., Popov Y. A., Sabelnikov A. V., Steinegger P., Svirikhin A. I., Turle A., Vostokin G. K., Voge A., Yerebin 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.
9. Popeko A. G. et al. Separator for Heavy Element Spectroscopy — Velocity Filter SHELS // Nucl. Instr. Meth. B. 2016. V. 376. P. 140. doi:10.1016/j.nimb.2016.03.045.
10. Svirikhin A. I. et al. Spontaneous Fission of ^{256}Rf — New Data // Phys. Part. Nucl. Lett. 2016. V. 13. P. 480.
11. Kozulin E. M., Knyazheva G. N., Novikov K. V., Itkis I. M., Itkis M. G., Dmitriev S. N., Oganessian Yu. Ts., Bogachev A. A., Kozulina N. I., Harca I., Trzaska W. H., Ghosh T. K. Fission and Quasifission of Composite Systems with $Z = 108–120$: Transition from the Reactions with S and Ca Ins to Ti and Ni // Phys. Rev. C. 2016. V. 94. P. 054613.
12. Itkis I. M., Itkis M. G., Knyazheva G. N., Kozulin E. M. Fusion Probabilities in the Reactions with Actinide Nuclei Leading to the Formation of SHE // The VIII Intern. Symp. on Exotic Nuclei (EXON-2016), Kazan, Russia, Sept. 4–10, 2016 / Eds.: Yu. E. Penionzhkevich, Yu. G. Sobolev. World Sci. Publ., 2017. 8 p.
13. Harca I. M., Kozulin E., Ashaduzzaman M., Borcea C., Brambilla S., Calinescu S., Ciemala M., DeCanditiis B., Dorvaux O., Itkis I., Kirakosyan V., Knyazheva G., Kozulina N., Kolesov I., La Rana G., Maj A., Matea I., Novikov K., Petrone C., Pulcini A., Quero D., Rath P., Saveleva E., Schmitt C., Sposito G., Stezowski O., Trzaska W. H., Vardaci E., Wilson J. The Reaction $^{32}\text{S} + ^{197}\text{Au}$ near the Interaction Barrier // The VIII Intern. Symp. on Exotic Nuclei (EXON-2016), Kazan, Russia, Sept. 4–10, 2016 / Eds.: Yu. E. Penionzhkevich, Yu. G. Sobolev. World Sci. Publ., 2017. 9 p.
14. Grigorenko L. V. et al. Studies of Light Exotic Nuclei in the Vicinity of Neutron and Proton Drip Lines at FLNR JINR // Phys. Usp. 2016. V. 59. P. 321.
15. Janiak L., Sokolowska N., Bezbakh A. A., Ciemny A. A., Czyrkowski H., Dąbrowski R., Dominik W., Fomichev A. S., Golovkov M. S., Gorshkov A. V., Janas Z., Kamiński G., Knyazev A. G., Krupko S. A., Kuich M., Mazzocchi C., Mentel M., Pfützner M., Pluciński P.,

- Pomorski M., Slepniev R. S., Zalewski B.* Beta-Delayed Proton Emission from ^{26}P and ^{27}S // *Phys. Rev. C*. 2017. V. 95. P. 034315.
16. *Пенионжкевич Ю. Э.* Ядерный экзотизм // *ЯФ*. 2016. Т. 79. С. 362.
 17. *Соболев Ю. Г., Пенионжкевич Ю. Э., Азнабаев Д., Земляная Е. В., Иванов М. П., Кабдрахимова Г. Д., Кабышев А. М., Князев А. Г., Куглер А., Лашиманов Н. А., Лукьянов К. В., Май А., Маслов В. А., Мендибаев К., Скобелев Н. К., Слепнев Р. С., Смирнов В. И., Тестов Д. А.* Экспериментальное исследование энергетической зависимости полных сечений реакций $^6\text{He} + ^{\text{nat}}\text{Si}$ и $^9\text{Li} + ^{\text{nat}}\text{Si}$ // *Письма в ЭЧАЯ* (направлено).
 18. *Лукупанов С. М., Наракех М. Н., Науменко М. А., Ху Yi, Trzaska W. H., Burjan V., Kroha V., Mrázek J., Glagolev V., Piskoř Š., Voskoboynik E. I., Khlebnikov S. V., Penionzhkevich Yu. E., Skobelev N. K., Sobolev Yu. G., Tyurin G. P., Kuterbekov K., Tuleushev Yu.* Cluster Structure of ^9Be from $^3\text{He} + ^9\text{Be}$ Reaction // *J. Phys. G*. 2016. V. 724. P. 012031.
 19. *Karpov A. V.* Ternary Fission of a Heavy Nuclear System within a Three-Center Shell Model // *Phys. Rev. C*. 2016. V. 94. P. 064615.
 20. *Карпов А. В., Деникин А. С., Алексеев А. П., Загребеев В. И., Рачков В. А., Науменко М. А., Сайко В. В.* Сетевая база знаний NRV по ядерной физике низких энергий // *ЯФ*. 2016. Т. 79. С. 520.
 21. *O'Connell J., Skuratov V., van Vuuren A. J., Saifulin M., Akilbekov A.* Near Surface Latent Track Morphology of SHI Irradiated TiO_2 // *Phys. Status Solidi. B*. 2016. V. 253. P. 2144–2149.
 22. *Kornieieva K., Skuratov V., Sohatsky A., O'Connell J. H., Golovin Yu., Korenkov V., Neethling J. H.* Nanomechanical Testing of ODS Steels Irradiated with 1 MeV/amu Heavy Ions // *Philos. Mag.* 2016. V. 96. P. 3430–3441.
 23. *Apel P. Y., Bashevoy V. V., Blonskaya I. V., Lizunov N. E., Orelovitch O. L., Trautmann C.* Shedding Light on the Mechanism of Asymmetric Track Etching: an Interplay between Latent Track Structure, Etchant Diffusion and Osmotic Flow // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2016. V. 18. P. 25421–25433.
 24. *Артошина О. В., Милович Ф. О., Россоу А., Горберг Б. Л., Исхакова Л. Д., Ермаков Р. П., Семина В. К., Кочнев Ю. К., Нечаев А. Н., Апель П. Ю.* Структура и фазовый состав тонких пленок диоксида титана, нанесенных на поверхность металлизированных трековых мембран из полиэтилентерефталата методом реактивного магнетронного напыления // *Неорганические материалы*. 2016. Т. 52, № 8. С. 1–11; Препринт ОИЯИ Р14-2016-26. Дубна, 2016.



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2016 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», руководители В. Л. Аксенов, А. М. Балагуров и Д. П. Козленко; «Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования конденсированных сред», руководитель Г. М. Арзуманян);

— по нейтронной ядерной физике («Исследования в области нейтронной ядерной физики», 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», 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», руководители С. А. Куликов и В. И. Приходько).

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Основная часть научных экспериментальных работ проводилась на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2.

В 2016 г. в рамках пользовательской программы получено 238 заявок на проведение экспериментов из 19 стран мира. Свыше 30 % заявок были направлены на решение физических задач, 35 % были посвящены проблемам материаловедения, остальные 35 % охватывали исследования в области химии, геологических наук, биологии и прикладные задачи. 208 заявок было принято к реализации.

Научные результаты

1. Оксиды железа играют важную роль в формировании магнитных и других физических свойств Земли и находят широкий спектр технологических применений. Недавно в условиях комбинированного воздействия высокого давления и высоких температур был синтезирован новый оксид железа Fe_4O_5 , который предположительно может существовать в слоях верхней мантии Земли. В результате комплексного исследования физических свойств, а так-

же атомной и магнитной структуры с применением методов нейтронной дифракции в этом соединении был обнаружен новый тип зарядово-упорядоченного состояния с формированием димерных и тримерных электронных состояний. Переход в это состояние сопровождается резким скачком электрического сопротивления и последующим изменением симметрии магнитного упорядочения с коллинеарного антиферромагнитного (АФМ) на скошенное АФМ с ферромагнитным (ФМ) компонентом, а также изменением характера модуляции атомной структуры (рис. 1) [1].

Актуальной задачей современной физики конденсированного состояния и материаловедения является поиск новых мультиферроиков и магнетоэлектриков. Перспективной системой является $\text{BaMn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$, крайние члены которой — классический сегнетоэлектрик BaTiO_3 с высокой температурой Кюри ($T_C = 395$ К) и соединение BaMnO_3 , демонстрирующее гигантский магнитоэлектрический эффект и имеющее относительно высокую температуру магнитного упорядочения ($T_N = 230$ К). Исследование

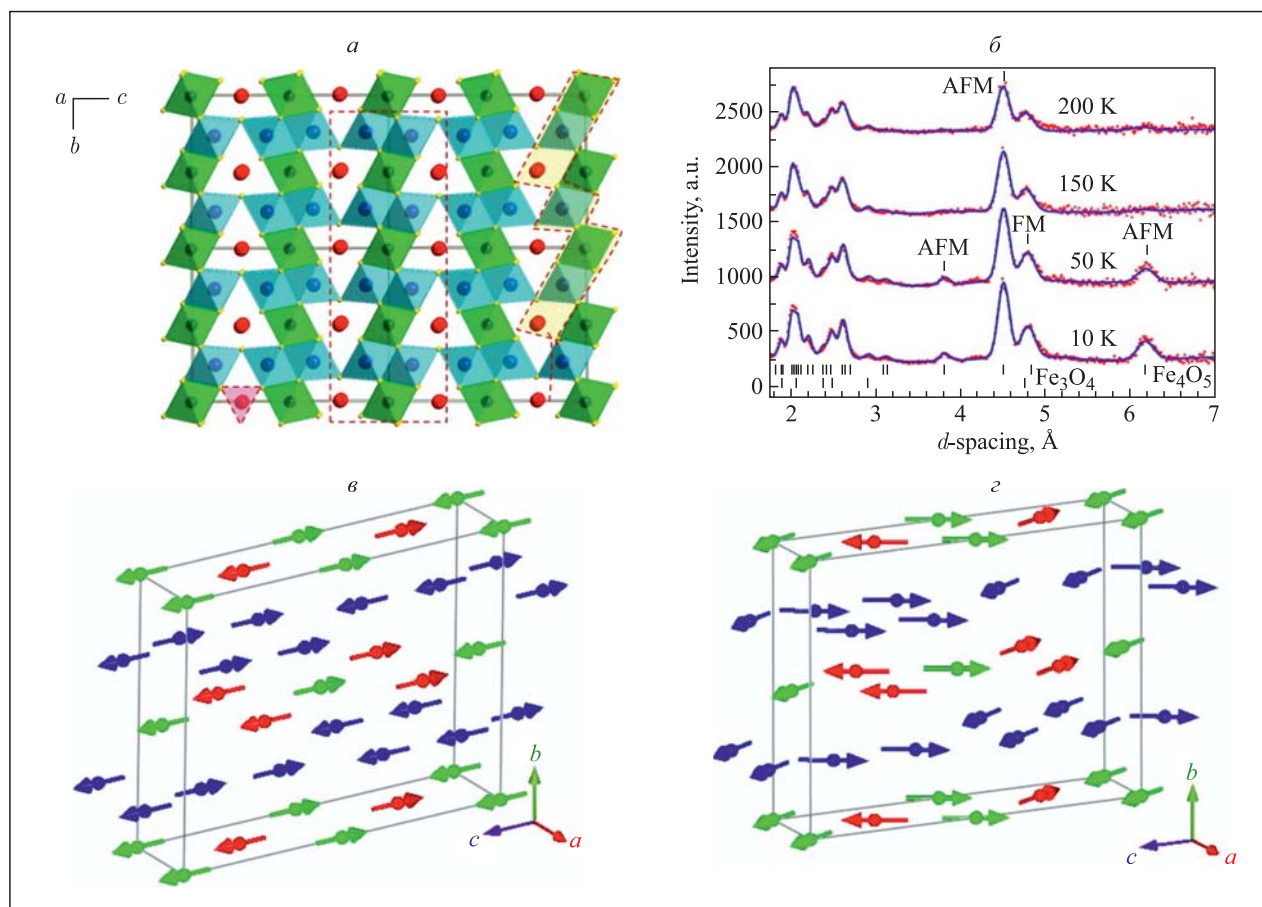


Рис. 1. Кристаллическая структура Fe_4O_5 (а), нейтронные дифракционные спектры, измеренные при различных температурах и обработанные по методу Ритвельда (б), магнитная структура при $T = 150$ К (в) и $T = 10$ К (д)

системы $\text{BaMn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ во всем концентрационном диапазоне $0 < x < 1$ выявило очень богатый структурный полиморфизм. С повышением концентрации титана наблюдалась последовательность фазовых переходов между различными ромбоэдрическими и гексагональными фазами, отличающимися соотношением кислородных октаэдров со стыковкой по углам и граням, 15R–8H–9R–10H–12R (рис. 2) [2, 3]. Обнаружено, что формирование дальнего магнитного порядка возможно только в структурах 9R, 8H, 15R и при концентрациях $\text{Ti}_x < 0,25$, причем температура Нееля имеет очень резкую концентрационную зависимость и падает с 230 до 100 К в данном диапазоне x .

В широком температурном диапазоне (20–900 °С) проведены нейтронные дифракционные исследования состава $\text{Fe}_{0,735}\text{Al}_{0,265}$ с целью определения его структурных состояний и механизма упорядочения атомов [4]. Сочетание дифракции высокого разрешения и регистрации дифракционных спектров в режиме реального времени позволило установить, что вопреки традиционным представлениям структура этого состава при комнатной температуре представляет собой фазу, лишь частично упорядоченную (B2) в отношении распо-

ложения Fe и Al в элементарной ячейке. Полностью упорядоченная фаза (типа $\text{Fe}_3\text{Al}-\text{DO}_3$) присутствует в виде когерентно встроенных в матрицу основной фазы мезоскопических по размерам (~ 200 Å) кластеров. После перевода образца в неупорядоченное состояние ($T > 740$ °С) и медленного охлаждения до комнатной температуры размеры структурно упорядоченных кластеров увеличились до ~ 900 Å. Полученные результаты указывают на необходимость дополнительного анализа равновесной фазовой диаграммы системы Fe–Al.

2. В рамках изучения структуры и стабильности магнитных наночастиц в объеме и на границах раздела проведены эксперименты по малоугловому рассеянию нейтронов (МУРН) и нейтронной рефлектометрии с горизонтальной плоскостью образца на границе раздела магнитная жидкость–кремний (рис. 3) [5]. Было обнаружено, что в объеме водной магнитной жидкости, стабилизированной олеатом натрия, находятся довольно малые и компактные агрегаты магнитных частиц (размером ~ 30 нм). При модификации магнитной жидкости биосовместимым полимером полиэтиленгликоль (ПЭГ) в объеме магнитной жидкости наблюдается кластерная реорганизация, а именно появление больших и раз-

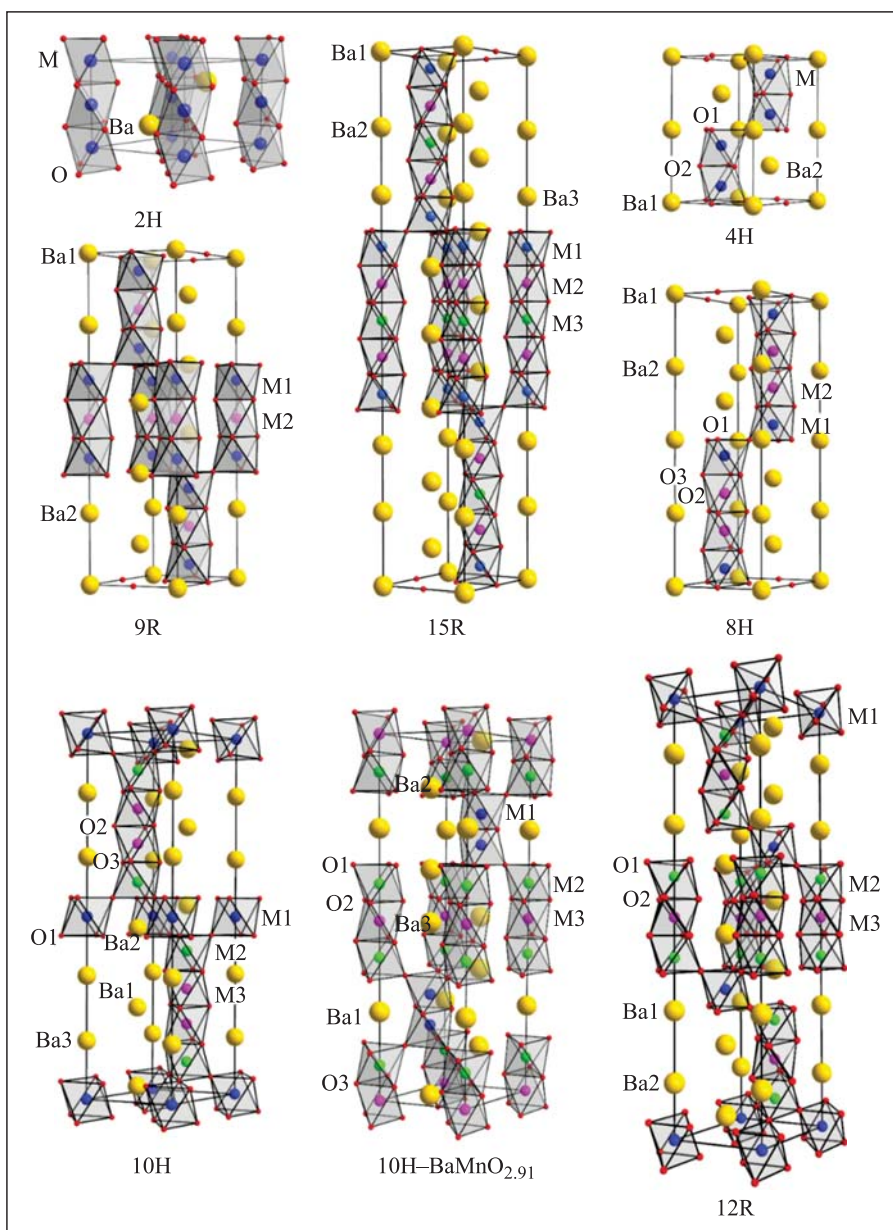


Рис. 2. Структура полиморфных фаз в системе $\text{BaMn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$

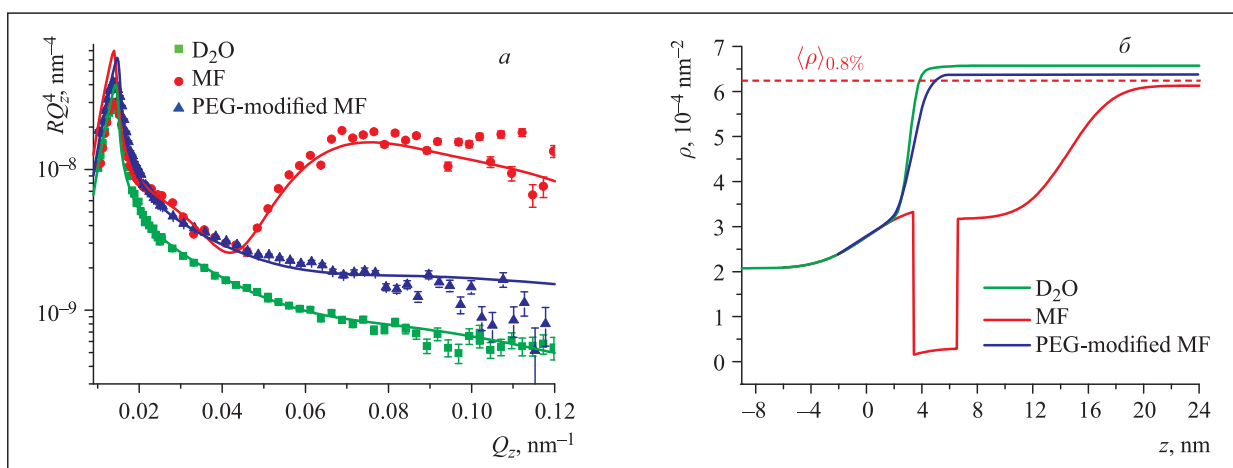


Рис. 3. а) Экспериментальные кривые отражения для тяжелой воды и магнитных жидкостей; б) полученные в результате аппроксимации профили плотности длины рассеяния

ветвленных кластеров (размером > 130 нм, фрактальной размерности 2,7). Обнаруженная реорганизация в объеме магнитной жидкости коррелирует с данными нейтронной рефлектометрии, которая указывает на образование единичного адсорбционного слоя магнитных частиц на поверхности оксидированного кремния в начальной магнитной жидкости и отсутствие каких-либо слоев на границе магнитная жидкость – кремний в случае модификации феррожидкостей полимером ПЭГ.

3. В продолжение биофизических исследований растворов фуллеренов были проведены эксперименты на водных растворах C60 и C70, включающие анализ структуры кластеров при перемещении их в физиологическую среду и исследование взаимодействия фуллерена C60 с противоопухолевыми антибиотиками [6, 7]. С помощью МУРН и теста мутагенной активности доксорубицина и смеси C60 с доксорубицином на клетках *Salmonella Typhimurium* TA98 было показано, что фуллерен C60 может выступать в качестве перехватчика антибиотика доксорубицина и формировать гетерокомплексы с этим препаратом. Исследования взаимодействия C60 с доксорубицином, включая МУРН, сканирующую электронную и атомно-силовую микроскопии, калориметрию, динамическое светорассеяние и UF-VIS-спектроскопию, были расширены и на другие ароматические препараты, обладающие схожей с доксорубицином пространственной структурой, такие как ландомицин и цисплатин. Обнаружены и описаны новые эффекты биологического взаимодействия фуллерена C60 в комбинации с различными противоопухолевыми препаратами.

4. В рамках усовершенствования работы литевых аккумуляторов проведена серия экспериментов по нейтронной рефлектометрии для изучения электрохимических границ раздела жидкий электролит – твердый электрод (см. рис.3). Из анализа зеркального отражения было выявлено образование твердоэлектролитной интерфазы (Solid-Electrolyte Interphase, SEI) на поверхности электрода (Cu), а также прослежено электроосаждение лития и рост паразитных дендритных образований в процессе работы электрохимической ячейки. Полученные профили плотности длины рассеяния перпендикулярно поверхности электрода позволили проанализировать различные режимы образования SEI, а также формирование и рост нанометровых слоев лития различной шероховатости на изначально сформированном SEI. Показано, что нейтронная рефлектометрия может эффективно использоваться для *in situ* характеристики осаждения лития на металлические электроды [8].

5. Проведены экспериментальные исследования пассивного транспорта частиц через липидную мембрану в разных фазовых состояниях липида методом неупругого рассеяния рентгеновских лучей. Известно, что пассивный перенос молекул через кле-

точную мембрану зависит от тепловых движений липидов. Тем не менее характер трансмембранного транспорта и точный механизм до конца не выяснены. Проведено измерение фононных возбуждений в липидном бислое 1,2-дипальмитоил-sn-глицеро-3-фосфохолина выше и ниже температуры главного фазового перехода. В гель-фазе впервые было показано наличие поперечных высокочастотных мод, которые прерываются, когда липид переходит в жидкую фазу. По-видимому, это прерывание связано с образованием короткоживущих нанометровых липидных кластеров и переходных пор, которые облегчают пассивный молекулярный перенос через липидный бислой. Полученные данные свидетельствуют о том, что колебания углеводородных хвостов липида обеспечивают эффективный механизм пассивного транспорта [9].

6. В сотрудничестве с Университетом им. А. Мицкевича (Познань, Польша) проведено исследование атомной и молекулярной динамики активного фармакологического ингредиента из семейства статинов — ловастатина — с помощью методов ^1H -ЯМР и неупругого рассеяния нейтронов, дополненное теоретическими *ab initio* расчетами по методу PW-DFT. Получена согласованная модель молекулярной динамики, которая в дальнейшем может быть применена к описанию динамики других альтернативных лекарственных форм и тенденций к аморфизации. Установлено, что молекулярная динамика ловастатина обусловлена движениями метиловых групп и конформационным беспорядком в метилбутаноатомом фрагменте. Колебательная динамика ловастатина была проанализирована с упором на область передачи энергии с низкими волновыми числами, экспериментально исследованную с помощью нейтронной (INS) и терагерцовой (THz-TDS) спектроскопии. Проведенные теоретические расчеты впервые позволили описать фононный спектр ловастатина в данной области с высокой точностью (рис.4). Следует отметить, что в спектры неупругого рассеяния нейтронов наибольший вклад вносят колебания водородосодержащих молекулярных групп, наиболее мобильных для подвижного фрагмента *mbt* и дающих вклад в наиболее интенсивную колебательную моду. В то же время в терагерцовые спектры основной вклад дают наиболее полярные молекулярные группы, содержащие кислород и входящие во фрагмент *lct*. Соответствующие нормальные моды колебаний показаны на рис.4. Наиболее интенсивные особенности спектров THz-TDS обусловлены модами, связанными с колебаниями водородных мостиков $\text{O} \cdots \text{O}$ в области выше 65 см^{-1} , а моды в области ниже 65 см^{-1} обусловлены колебаниями всего фрагмента *lct*. Такое сопоставление мод имеет общий характер без привязки конкретно к соединению LOV и может быть использовано в дальнейшем исследовании статинов.

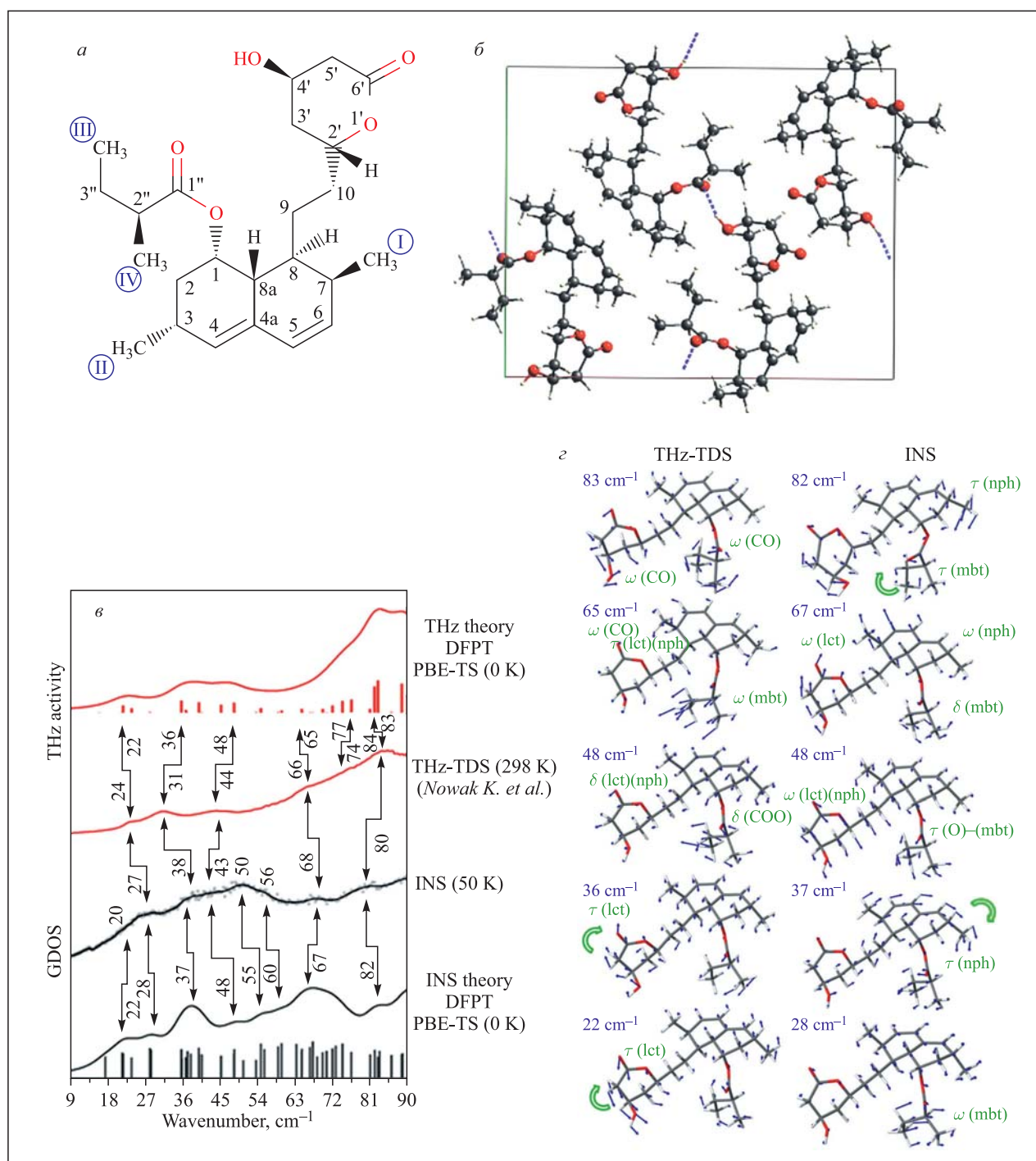


Рис. 4. а) Молекулярная формула ловастатина (LOV; (1S,3R,7S,8S,8aR)-8-{2-[(2R,4R)-4-Гидроxy-6-oxooxan-2-yl]ethyl}-3,7-dimethyl-1,2,3,7,8,8a-hexahydronaphthalen-1-yl (2S)-2-methylbutanoate) с обозначением метиловых групп (I–IV). б) Кристаллическая структура ловастатина (пр. гр. $P2_12_12_1$), оптимизированная с помощью PW-DFT (PBE-TS). в) Сравнение теоретически рассчитанного (гармоническое приближение DFPT PBE-TS) и экспериментального колебательного спектра ловастатина согласно данным нейтронной (INS) и оптической терагерцовой (данные Nowak K. et al. (Acta Poloniae Pharmaceutica in Drug Research. 2015. V. 72, No. 5. P. 851–866)) спектроскопии. г) Наиболее важные колебательные моды ловастатина, дающие вклад в спектры INS и THz-TDS. Показаны собственные векторы, полученные из гармонических расчетов PBE-TS в проекции одной молекулы

7. Совместно с Институтом обработки металлов давлением (Технический университет Фрайбергская горная академия, Фрайберг, Германия) исследована серия TRIP-композитов с аустенитной матрицей и различным содержанием упрочняющей керамической фазы из частично стабилизирован-

дована серия TRIP-композитов с аустенитной матрицей и различным содержанием упрочняющей керамической фазы из частично стабилизирован-

ного магнием диоксида циркония ZrO_2 , подвергнутых различным степеням пластической деформации (одноосная нагрузка на сжатие). При значениях нагрузки свыше 650 МПа в аустенитной матрице наблюдалось образование двух фаз: кубического α' -мартенсита и гексагонального ε -мартенсита. Содержание ε -мартенсита достигало $\sim 15\%$ для всех образцов при деформировании до $\sigma = 1100$ МПа и далее оставалось практически неизменным вплоть до максимальных значений нагрузки $\sigma = 1580$ МПа. Напротив, фаза α' -мартенсита демонстрировала монотонный рост в диапазоне нагрузок от 950 до 1580 МПа. В керамическом образце из чистого диоксида циркония (100% ZrO_2) наблюдались две фазы: кубическая ($f \approx 55\%$) и тетрагональная ($f \approx 45\%$). Остаточная деформация кристаллической решетки аустенитной матрицы носит сжимающий характер и увеличивается до $\sim 10^{-3}$. Для аустенитной матрицы из уширений пиков были оценены плотности дислокаций, которые достигают значений в диапазоне $(12-20) \cdot 10^{14} \text{ м}^{-2}$ в зависимости от содержания диоксида циркония в композиции.

8. Проведено исследование текстуры и микроструктуры исходных и подвергнутых ретроградной регрессии образцов эклогита и окружающих метаседиментов с целью изучения деформационных процессов в палеосубдукционном канале области Высокий Тауэрн (Австрия) [10]. Проанализированы особенности текстуры и деформационных процессов в омфациите и глаукофане. Установлено наличие цикла пластической деформации в метаморфизме эклогитовых и блушистовых фаций, связанном с субдукцией и эксгумацией горных пород.

Мультимодальная платформа рамановской и нелинейной оптической микроскопии и микроспектроскопии для исследования конденсированных сред. В 2016 г. исследования сектора рамановской спектроскопии в основном были направлены на реализацию следующих задач:

— использование методов микроскопии комбинационного рассеяния и нелинейной оптики (КАРС, ГВГ) для получения высокочувствительной, контрастной и, что очень важно, неинвазивной визуализации биообразцов;

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2016 г. в ЛНФ работы велись в следующих традиционных направлениях: изучение процессов нарушения пространственной и временной четности при взаимодействии нейтронов с ядрами, изучение процесса деления, экспериментальное и теоретическое исследование фундаментальных свойств нейтрона, гамма-спектроскопия нейтронно-ядерных взаимодействий, структура атомного ядра, получение новых

— дальнейшее увеличение предела концентрационной чувствительности измерений образцов методом гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) на уровне не хуже чем 10^{-10} М;

— получение новых данных по фото- и ап-конверсионной люминесценции в стеклокерамике (glassceramics) на основе наноразмерных кристаллов ZnO , активированных редкоземельными элементами.

1. Завершена начатая в 2015 г. работа по высокочувствительной и скоростной визуализации белковых кристаллов с помощью поляризованного когерентного антистоксова рассеяния света (П-КАРС) и генерации второй гармоники (ГВГ). Таким образом, микроскопию КАРС, и особенно П-КАРС, можно успешно применять для скоростной визуализации белковых кристаллов с высоким разрешением и высокой контрастностью. Изображения КАРС и ГВГ состоят из 500×500 пикселей, полученных растровым сканированием образца. Время интегрирования сигнала составляло 3 мкс/пиксель.

2. Работы по ГКР значительно продвинулись. В частности, достигнут предел по концентрационной чувствительности молекул ДНК на уровне 10^{-10} М. Это на 2–3 порядка лучше результата 2015 г. Результаты данных исследований указывают на возможность обнаружения классических спектров молекул ДНК с помощью ГКР активной подложки. Более того, использование методов спектроскопии КАРС и лазеров с длиной волны 473, 633 и 785 нм для обнаружения ДНК выглядит весьма перспективным. Насколько нам известно, прежде не сообщалось об обнаружении таких малых количеств ДНК.

3. В 2016 г. были получены первые впечатляющие результаты по фото- и ап-конверсионной люминесценции. Для прозрачной стеклокерамики на основе калиево-цинково-алюмосиликатной системы, активированной редкоземельными ионами (европий, иттербий) и содержащей нанокристаллы ZnO , одновременно обнаружена интенсивная красная (~ 612 нм) люминесценция в видимой области спектра от внутрицентровых переходов на ионах Eu^{3+} , а также ультрафиолетовая экситонная люминесценция (~ 380 нм) от нанокристаллов ZnO . Ранее люминесценцию от трехзарядных ионов европия для данного типа стеклокерамики никто не исследовал.

данных для реакторных приложений и для ядерной астрофизики, эксперименты с ультрахолодными нейтронами, а также прикладные работы.

Развитие установки ИРЕН. В конце 2015 г. на ускорителе ЛУЭ-200 была установлена вторая ускоряющая секция вместо дрейфового промежутка. В начале 2016 г. были проведены все работы по подключению инженерно-технических систем второй

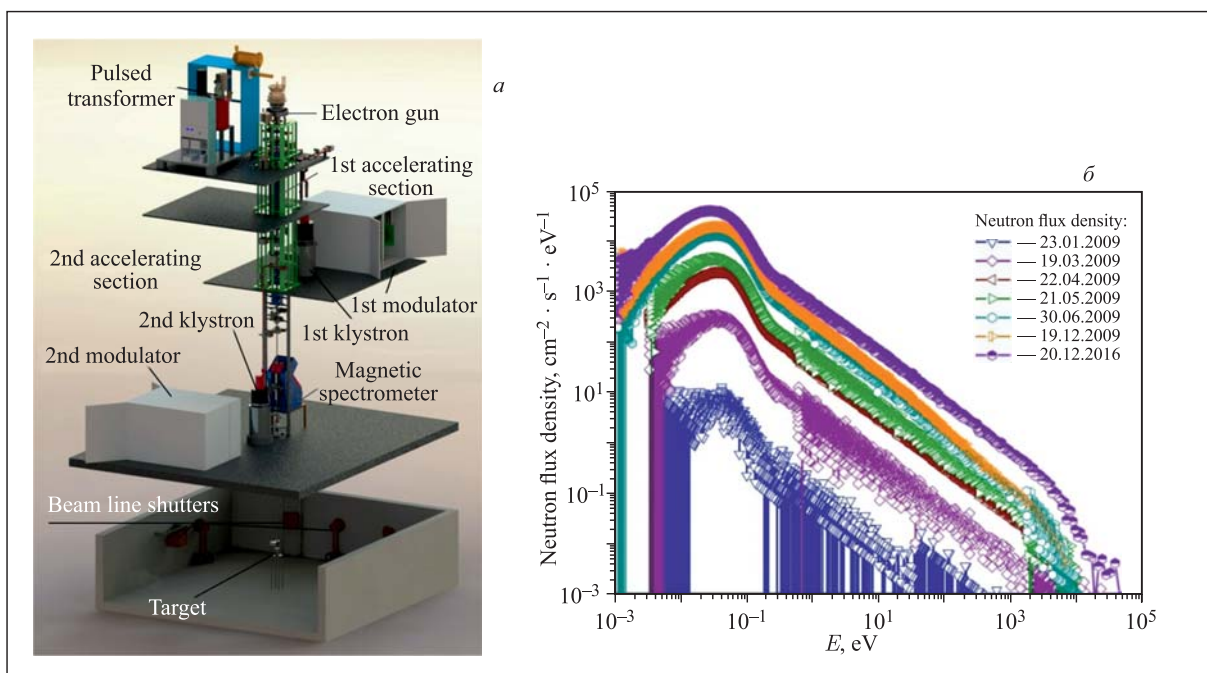


Рис. 5. а) Схема новой конфигурации ускорителя. б) Спектры плотности нейтронного потока ИРЕН, получаемые по мере развития установки

ускоряющей секции и осуществлена комплексная проверка всех систем ускорителя. Существующая конфигурация ускорителя: первая секция с клистроном E3730A Toshiba, вторая секция с клистроном 2129 Thomson. Питание клистронов осуществляется от модуляторов Dawonsys (рис. 5). В течение 2016 г. проводилось тестирование ускоряющих систем с постепенным выходом на номинальные параметры работы. В декабре установка проработала при номинальных параметрах на частоте 50 Гц неделю без каких-либо сбоев. Были проведены предварительные измерения потока нейтронов. Оценка показала увеличение выхода нейтронов по крайней мере в три раза по сравнению с работой с одной секцией.

Экспериментальные и методические исследования

1. Создана установка для исследования эмиссии мгновенных нейтронов и каскадов гамма-квантов для фрагментов с определенными массами в совпадении с мгновенными нейтронами деления при вынужденном резонансными нейтронами деления ²³⁵U. Установка состояла из двойной ионизационной камеры с сетками Фриша, детектора быстрых нейтронов на базе сцинтиллятора NE-213, пары сцинтилляционных детекторов γ -квантов NaI(Tl). Система сбора данных была реализована на базе восьмиканальной системы синхронизированных оцифровщиков импульсов с частотой дискретизации 250 МГц и разрешением по амплитуде 12 бит. Калибровочные эксперименты были проведены на пучке тепловых нейтронов ИБР-2. В настоящее время проводится усовершенствование установки за счет замены двух детекторов NaI на детекторы из сверхчистого германия.

2. В рамках проекта TANGRA были проведены измерения угловых корреляций γ -квантов и нейтронов, а также гамма-спектров, образующихся в реакции неупругого рассеяния нейтронов с энергией 14,1 МэВ на ядрах различных элементов. Цель этих измерений — определение парциальных сечений образования уровней возбуждения ядер с испусканием соответствующих γ -линий в реакциях неупругого рассеяния нейтронов, а также спиновых характеристик этих уровней в данной реакции. Такая информация важна для дальнейшего развития метода элементного анализа с использованием меченых нейтронов, в частности, для создания локальной базы данных характеристических γ -квантов для широкого набора элементов, а также для детального изучения реакций неупругого рассеяния быстрых нейтронов на этих ядрах.

3. В коллаборации ЛНФ ОИЯИ–ИТЭФ–FRM2 была продолжена серия экспериментов по измерению ROT-эффекта в излучении мгновенных γ -квантов и нейтронов при бинарном делении ядер ²³⁵U и ²³³U поляризованными нейтронами. Эксперименты проводились на установке POLI на реакторе FRM2 (Гархинг, Германия) с нейтронами с энергией 0,3 эВ. Осколки регистрировались с помощью быстрых многопроводочных детекторов и могли разделяться на легкий и тяжелый по времени пролета. Гамма-кванты и нейтроны регистрировались сцинтилляционными счетчиками, расположенными под определенными углами относительно направления вылета осколков. В течение 9 сут измерялся эффект поворота делящейся системы по направлению или против направления углового момента, принесенного поляризо-

ванным нейтроном для γ -квантов и нейтронов. В результате были получены значения эффекта (усредненные по всем углам расположения детекторов): для γ -квантов — $(-4,6 \pm 2,7) \cdot 10^{-5}$, для нейтронов — $(2,7 \pm 2,9) \cdot 10^{-5}$. Планируется новый эксперимент, в котором ожидается наблюдение эффекта или установление его верхнего предела на уровне точности, сравнимом с точностью, полученной на пучке холодных нейтронов.

4. На пучке холодных поляризованных нейтронов PF1В реактора ILL (Гренобль, Франция) проведены измерения Р-нечетной асимметрии вылета α -частиц в реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$. В измерениях в качестве детектора α -частиц использовалась 24-секционная ионизационная камера с нечувствительными газовыми промежутками. Получено значение Р-нечетной асимметрии $\alpha_{P\text{-odd}} = -(11,2 \pm 3,4) \cdot 10^{-8}$. Результат получен впервые в мире. Это только второе легкое ядро после ^6Li , на котором обнаружен Р-нечетный эффект.

5. Ультрахолодные нейтроны (УХН) и очень холодные нейтроны (ОХН) интенсивно взаимодействуют с наночастицами благодаря тому, что длина волны этих нейтронов и размер частиц одного порядка величины. Одним из практических применений наночастичных отражателей может оказаться резкое увеличение выхода ОХН из источника, если из изотропного распределения удастся сформировать узкий пучок и направить его в нейтронотвод. С целью определения возможности формирования таких пучков был выполнен эксперимент. Пучок ОХН попадает в дно ловушки через входное отверстие. Ловушка представляет собой толстостенную трубу. Стенки трубы состоят из алмазного нанопорошка. Нейтроны, попавшие в ловушку, регистрируются позиционно-чувствительным детектором, установлен-

ный на ее выходном торце. Предварительные результаты показали, что число выходящих нейтронов составляет $\sim 1-2\%$ от числа нейтронов, входящих в ловушку, при этом выход растет при уменьшении энергии нейтронов. Сформированный пучок имеет угловое расхождение $10^{-2}-10^{-3}$ рад. Эти результаты показывают, что окружение источника ОХН наночастичным отражателем может привести к увеличению числа ОХН в нейтронотводе в десятки раз.

6. При падении холодного нейтрона на поверхность порошка наночастиц также наблюдается квази-зеркальное отражение. Экспериментально измерены параметры данного явления при отражении нейтронов от порошка нанодиазидов. Для этого измерено угловое распределение отраженных нейтронов для различных длин волн падающих нейтронов при углах падения нейтронного пучка на поверхность 1, 2, 3 и 4°. Измерения проводились для порошка наночастиц разных размеров. Из данных видно, что для нейтронов с большой длиной волны более эффективным отражателем являются крупные наночастицы, для нейтронов с меньшей длиной волны — мелкие. Полученные данные могут помочь в создании начальных участков зеркальных нейтронотводов ОХН и ХН, расположенных вблизи активной зоны реактора, что может значительно увеличить выход этих нейтронов из источников в нейтронотводы.

7. В 2016 г. на установке REGATA проведен многоэлементный инструментальный нейтронный активационный анализ около 3000 образцов (растительности, почвы, воздушных фильтров), ряда технологических, биологических и археологических образцов, а также образцов внеземного происхождения. Проведен анализ тестовых образцов для межлабораторного сравнения результатов в рамках программы МАГАТЭ.

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

В 2016 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 ИЯУ ИБР-2 в 2016 г. приведены в таблице.

Данные по работе ИБР-2 для физического эксперимента

№ цикла	Период	Режим работы замедлителя	Время работы реактора для физического эксперимента, ч
1	18.01–29.01	Водяной	262
2	08.02–19.02	Водяной	262
3	14.03–28.03	Водяной	328
4	04.04–18.04	Водяной	328
5	16.05–27.05	Водяной	120
6	26.09–07.10	Отменен по техническим причинам	
7	17.10–03.11	Водяной	408
8	15.11–25.11	Криогенный	237
9	05.12–26.12	Водяной	502
Всего:			2447

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

В 2016 г. по проекту «Разработка ДТМ-системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2» выполнены следующие основные работы:

- изготовлены криостат сверхпроводящего магнита с ВТСП-тоководами и криостат для камеры высокого давления;
- собран станок для намотки обмоток из ВТСП-ленты;
- изготовлены обмотки магнита;

— проведены тепловые измерения обоих криостатов с макетом магнита в вертикальном положении с нулевым током;

— закуплены необходимое оборудование и материалы для окончательной сборки и наладки ДТМ-системы.

Достиженные конечные температуры макета магнита (13 К), теплых концов ВТСП-тоководов (55–57 К) и образца (2,8 К) соответствуют проектным значениям.

КОНФЕРЕНЦИИ И ШКОЛЫ

29 февраля–5 марта в Дубне проведено 29-е совещание рабочей группы Комиссии ООН по дальнему трансграничному переносу воздушных загрязнений в Европе, организованное Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ и Программным координационным центром по экологии и гидрологии (Великобритания) (<http://indiconew.jinr.ru/conferenceDisplay.py?confId=72>).

23–27 мая в Дубне проведен 24-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-24), посвященный 60-летию юбилею ОИЯИ (<http://isinn.jinr.ru>).

6–9 июня в Дубне проведена III Международная конференция по малоугловому рассеянию нейтронов (YUMO2016), посвященная 80-летию со дня рождения Юрия Мечиславовича Останевича (<http://yumo.jinr.ru/2016>).

27 августа–4 сентября в Дубне прошел студенческий тренинг «Исследование перспективных ма-

териалов методами нейтронного рассеяния», организованный Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ совместно с Западным университетом Тимишоары и Университетом Овидия в Констанце (Румыния).

28–30 сентября в Гатчине проведено IV Совещание по малоугловому рассеянию нейтронов «МУРо-мец 2016» при финансовой и организационной поддержке ЛНФ ОИЯИ (<https://oiks.pnpi.spb.ru/events/muromets2016>).

20 октября и 8–9 декабря прошли рабочие совещания проекта TANGRA, организованные Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ и ООО «Диамант».

7–11 ноября в Дубне прошла VII Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок» (<http://dinstruments.ru/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ovsyannikov S. V., Bykov M., Bykova E., Kozlenko D. P., Tsirlin A. A., Karkin A. E., Shchennikov V. V., Kichanov S. E., Gou H., Abakumov A. M., Egoavil R., Verbeeck J., McCammon C., Dyadkin V., Chernyshov D., van Smaalen S., Dubrovinsky L. S. Charge Ordering Transition in Iron Oxide Fe_4O_5 , Involving Competing Dimer and Trimer Formation // *Nature Chem.* 2016. V. 8. P. 501.
2. Dang N. T., Kozlenko D. P., Phan T. L., Kichanov S. E., Khiem L. H., Jabarov S. H., Tran T. A., Dang N. V., Thanh T. D., Vo D. B., Savenko B. N. Structural Polymorphism of Mn-Doped BaTiO_3 // *J. Electron. Materials.* 2016. V. 45. P. 2477–2483.
3. Kozlenko D. P., Dang N. T., Phan T. L., Kichanov S. E., Dang N. V., Thanh T. D., Khiem L. H., Jabarov S. H., Tran T. A., Dang N. V., Thanh T. D., Vo D. B., Savenko B. N. The Structural, Magnetic and Vibrational Properties of Ti-Doped BaMnO_3 // *J. Alloys Compd.* (submitted).
4. Balagurov A. M., Bobrikov I. A., Mukhametuly B., Sumnikov S. V., Golovin I. S. Coherent Cluster Atomic Ordering in the Fe^{-27}Al Intermetallic Compound // *JETP Lett.* 2016. V. 104. P. 539–545.
5. Kubovcikova M., Gapon I. V., Zavisova V., Koneckacka M., Petrenko V. I., Soltwedel O., Almasy L., Avdeev M. V., Kopcansky P. On the Adsorption Properties of Magnetic Fluids: Impact of Bulk Structure // *J. Magn. Magn. Mater.* 2017. V. 427. P. 67–70.

6. Prylutsky Yu. I., Cherepanov V. V., Kostjukov V. V., Evstigneev M. P., Kyzyma O. A., Bulavin L. A., Ivankov O., Davidenko N. A., Ritter U. Study of the Complexation between Landomycin A and C60 Fullerene in Aqueous Solution // RSC Adv. 2016. V. 6. P. 81231–81236.
7. Prylutska S., Panchuk R., Goluński G., Skivka L., Prylutsky Yu., Hurmach V., Skorokhyd N., Borowik A., Woziwodzka A., Piosik J., Kyzyma O., Haramus V., Bulavin L., Evstigneev M., Buchelnikov A., Stoika R., Berger W., Ritter U., Scharff P. C60 Fullerene Enhances Cisplatin Anticancer Activity and Overcomes Tumor Cells Drug Resistance // Nano Res. 2017. V. 10, No. 2. P. 652–671.
8. Avdeev M. V., Rulev A. A., Bodnarchuk V. I., Ushakova E. E., Petrenko V. I., Gapon I. V., Tomchuk O. V., Matveev V. A., Pleshanov N. K., Kataev E. Yu., Yashina L. V., Itkis D. M. Monitoring of Lithium Plating by Neutron Reflectometry // Appl. Surface Science. 2017 (in press).
9. Zhernenkov M., Bolmatov D., Soloviov D., Zhernenkov K., Toperverg B. P., Cunsolo A., Bosak A., Cai Y. Q. Revealing the Mechanism of Passive Transport in Lipid Bilayers Via Phonon-Mediated Nanometre-Scale Density Fluctuations // Nature Commun. 2016. V. 7. P. 1–9.
10. Keppler R., Stipp M., Behrmann J. H., Ullemeyer K., Heidelbach F. Deformation Inside a Paleosubduction Channel — Insights from Microstructures and Crystallographic Preferred Orientations of Eclogites and Metasediments from the Tauern Window, Austria // J. Struct. Geol. 2016. V. 82. P. 60–79.



ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В 2016 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 30 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ. Деятельность ЛИТ направлена на развитие сетевой, информационно-вычислительной инфраструктуры, математическое и программное обеспечение научно-производственной деятельности Института и стран-участниц ОИЯИ на базе современных информационных и вычислительных технологий.

На протяжении последнего десятилетия развитие информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ, созданной в ЛИТ, осуществлялось на базе Центрального информационно-вычислительного комплекса (ЦИВК) ОИЯИ. В последние несколько лет в связи с работами по организации вычислительного проекта для NICA, вводу в эксплуатацию центра уровня Tier-1 для эксперимента CMS, реализации облачной структуры и кластера для гибридных вычислений в информационно-вычислительной среде ОИЯИ сформировался ряд самостоятельных структур, которые имеют общую инженерную инфраструктуру. Таким образом, можно определить эту структуру как многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)

ОИЯИ, который в настоящее время включает в себя следующие основные компоненты:

- 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 экспериментов и проектов в рамках всемирной грид-инфраструктуры;
- гетерогенный кластер «HybriLIT» для параллельных вычислений;
- облачную инфраструктуру;
- образовательную и научно-исследовательскую грид-облачную инфраструктуру.

ЦИВК ОИЯИ предоставляет ресурсы, необходимые для решения различных задач в рамках многочисленных проектов, в реализации которых ученые из ОИЯИ принимают активное участие: COMPASS, BES-III, DIRAC, HARP, CMS, ALICE, ATLAS, H1, NEMO, OPERA, PANDA, NOVA, STAR, LHCb и др. Грид-сайты ОИЯИ уровней Tier-1 и Tier-2 являются элементами российского сегмента всемирной грид-инфраструктуры, используемой для компьютеринга на LHC и других грид-приложений. Грид-инфраструктура ОИЯИ представлена центром уровней Tier-1 и Tier-2 для экспериментов ALICE, ATLAS, LHCb и CMS.

В 2016 г. сотрудники ЛИТ опубликовали 193 научные работы в реферируемых научных изданиях, представили 47 докладов на международных и российских конференциях.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

В 2016 г. продолжены работы, связанные с развитием и обеспечением надежного функционирования сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ. Основные элементы этой инфра-

структуры — телекоммуникационные каналы связи, локальная вычислительная сеть (ЛВС), вычислительный комплекс и базовое программное обеспечение, в том числе на основе облачных, грид- и гибрид-

ных технологий, объединяющие информационно-вычислительные ресурсы Института в единую, доступную для всех пользователей среду.

Телекоммуникационные каналы связи ОИЯИ. В 2016 г. поддерживалась надежная работа высокоскоростного канала связи Дубна–Москва. Для связи с научными сетями и сетью Интернет использовались следующие каналы связи: LHCORN/ЦЕРН (10 Гбит/с), RBnet (10 Гбит/с), e-Agena и российские научные сети (10 Гбит/с), RUNet и международные научные сети (10 Гбит/с). Пропускная способность резервного канала связи составила 10 Гбит/с, и его надежность была улучшена за счет внедрения дополнительного маршрутизатора Cisco7606-S. Проработана возможность плавной модернизации внешнего канала до скорости 100 Гбит/с. Эта работа была завершена к концу 2016 г. Для модернизации было приобретено и запущено в эксплуатацию новое оборудование Transmode.

Распределение входящего и исходящего трафиков по подразделениям ОИЯИ в 2016 г. (превышающий по входящему трафику 3 Тбайта) приведено в табл. 1.

Таблица 1

Подразделение	Входящий трафик, Тбайт	Исходящий трафик, Тбайт
Лаборатория ядерных проблем	125,98	154,99
Лаборатория физики высоких энергий	102,43	90,68
Серверы общего доступа	90,99	17,72
Лаборатория информационных технологий	62,13	34,79
Лаборатория нейтронной физики	49,20	63,15
Гостинично-ресторанный комплекс	25,47	4,4
Лаборатория ядерных реакций	37,60	18,18
Лаборатория теоретической физики	19,71	16,73
Управление ОИЯИ	26,82	58,20
Узел удаленного доступа	24,05	5,74
Университет «Дубна»	48,98	38,43
Профилакторий «Рагмино»	7,77	2,08
ОАО «НПК Дедал»	10,78	5,97
МСЧ-9	10,65	0,82
Лаборатория радиационной биологии	8,76	5,26
ООО «НПО Атом»	5,13	0,65
Служба материально-технического снабжения	4,23	3,07
Службы главного инженера ОИЯИ	3,83	0,68

Общий входящий трафик ОИЯИ, включая серверы общего назначения, Tier-1, Tier-2 и вычислительный комплекс, составил в 2016 г. 14,2 Пбайт (4,3 Пбайт в 2015 г.). Процентное распределение входящего трафика по категориям приведено в табл. 2.

Локальная вычислительная сеть ОИЯИ. В 2016 г. были продолжены работы по развитию и совершенствованию сетевых компонентов ИТ-структуры ОИЯИ, направленные на повышение эффективности работы сотрудников Института.

Завершена работа по внедрению 10-гигабитной магистрали в локальной сети лабораторий ОИЯИ.

В рамках поддержки пользовательской компьютерной среды произведены плановые работы по усовершенствованию IPDB, mail, webmail, проху, e-lib и сервисов авторизации. Так, запущена работа по переходу подразделений ОИЯИ на единую общеинститутскую почтовую службу user@jinr.ru, на площадках ОИЯИ начал функционировать авторизованный Wi-Fi, а также сервисы eduoam и VPN для работы в удаленном режиме за пределами сети Института. Подготовлены и утверждены новые правила работы пользователей в сети ОИЯИ.

ЛВС ОИЯИ содержит 8222 сетевых элемента и 13 364 IP-адреса. На 2016 г. зарегистрированы 4301 пользователь сети, 2341 пользователь сервиса mail.jinr.ru, 1500 пользователей электронных библиотек и 371 пользователь сервиса удаленного доступа.

Грид-среда ОИЯИ. В 2015 г. запущен в эксплуатацию центр уровня Tier-1 для эксперимента CMS на ЛНС. На конец 2016 г. ресурсы центра уровня Tier-1 в ОИЯИ следующие: вычислительная мощность 55,16 kHS06, 3600 ядер/слотов (11 SuperMicro Twin Blades), дисковое хранилище емкостью 4037 Тбайт (серверы с 30 дисками с использованием RAID6-технологии) и 521,88 Тбайт, используемые в качестве буфера для ленточной системы хранения данных (серверы с 8 дисками с использованием RAID6-технологии), объем ленточной памяти 5478,32 Тбайт (ленточная библиотека TS3500 IBM с соединениями 8 × FC8 с 8-дисковыми серверами). Для связи, совместно с НИЦ «Курчатовский институт», сконфигурирована внешняя наложенная сеть LHCORN (ОИЯИ–ЦЕРН), проходящая через МГТС-9 в Москве, Будапешт, Амстердам, для связи центров Tier-0 (ЦЕРН) и Tier-1 (ОИЯИ). В то же время внешняя наложенная сеть LHCONE, проходящая таким же маршрутом, предназначена для системы Tier-2 ОИЯИ.

Системы массовой памяти построены на программном обеспечении dCache и Enstore в качестве буфера для работы с ленточным роботом. Эти две системы хранения имеют 4,0 Пбайт эффективного дискового пространства, а ленточный робот —

Таблица 2

Научно-образовательные сети	Файлообмен (p2p)	Веб-ресурсы	Социальные сети	Программное обеспечение
96,75 %	2,32 %	0,53 %	0,11 %	0,29 %

5,4 Пбайт для хранения данных. Для обеспечения хранения и доступа к данным установлены 8 физических и 14 виртуальных машин.

Программное обеспечение Torque/Maui используется в качестве менеджера ресурсов планировщика задач. Для вычислений используется стандартный программный стек проекта WLCG: 2 × CREAM, 4 × ARGUS, BDI top, BDI site, APEL parsers, APEL publisher, EMI-UI, 220 × EMI-WN + gLExec-wn, 4 × FTS3, LFC, WMS, L&B, glite-proxynewal.

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 2016 г. этот центр выполнил 8 257 163 задачи, нормированное время ЦПУ составило 237 346 520 ч в единицах HEPSpec06. На рис. 1 представлен вклад мировых центров уровня Tier-1 в обработку экспериментальных данных CMS (в миллионах обработанных событий) за 2016 г. Сайт ОИЯИ занимает одно из ведущих мест в мире по своей производительности.

На рис. 2 показано количество событий, обработанных в ОИЯИ в центре уровня Tier-1 CMS в июне 2016 г. по разным типам потоковой обработки дан-

ных (реконструкция, моделирование, повторная обработка, анализ и т. д.).

Одна из основных функций центров уровня Tier-1 — организация архивного хранения сырых экспериментальных и моделированных данных. На рис. 3 показана загрузка ленточного робота в 2016 г. На рис. 4 представлены запросы от центров Tier-1 и Tier-2 в Tier-1 для CMS в ОИЯИ в июне. Средняя скорость передачи сырых данных в Tier-1 для CMS в ОИЯИ составляет 250–300 Мбайт/с, более 1 Тбайт/ч.

Центр уровня Tier-2 в ОИЯИ поддерживает целый ряд виртуальных организаций (ВО), в частности: ALICE, ATLAS, BES, BIOMED, COMPASS, CMS, HONE, FUSION, LHCb, MPD, NOVA, STAR. Вычислительные ресурсы центра Tier-2 составляют 2470 ядер/слотов, производительность — 46,72 kHS06, объем дискового пространства — 587,46 Тбайт для ALICE, 641,87 Тбайт для ATLAS, 659,31 Тбайт для CMS.

Продолжается работа над интеграцией вычислительного элемента OSG HT-CONDOR в инфраструктуру центра уровня Tier-2. Сейчас он используется в основном для ВО STAR, но в будущем его можно будет использовать для поддержки и других ВО.

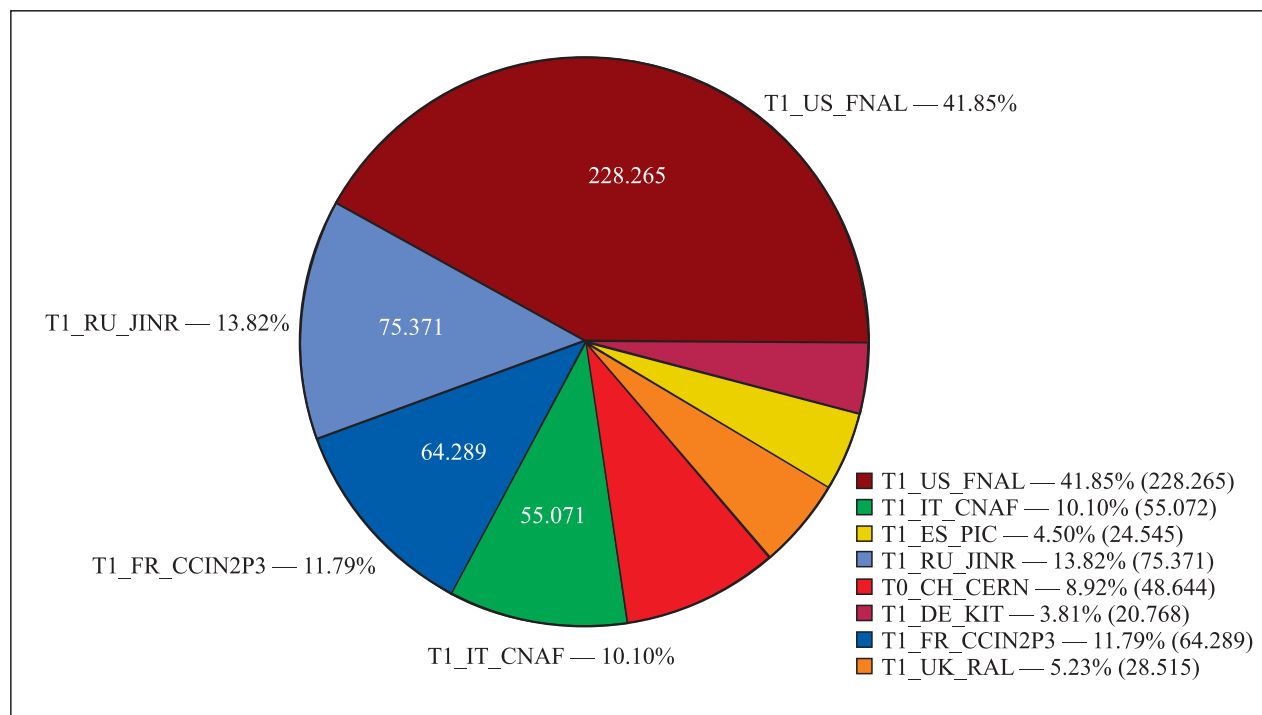


Рис. 1. Количество событий, обработанных для CMS Tier-1 (в миллионах событий) за 2016 г.

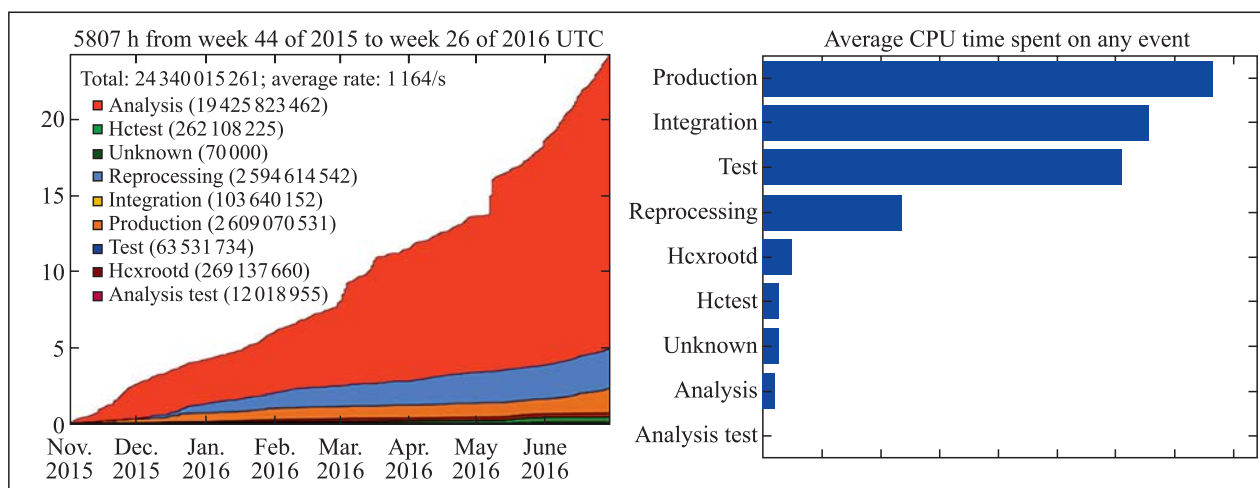


Рис. 2. Количество событий, обработанных в ОИЯИ в центре уровня Tier-1 CMS в июне 2016 г. (реконструкция, моделирование, повторная обработка, анализ и т. д.)

Основными пользователями грид-ресурсов ОИЯИ являются ВО всех экспериментов на LHC [2]. В 2016 г. на сайте Tier-2 выполнено 4 185 956 задач (3 912 779 из них для LHC), время ЦПУ составило 186 711 011 ч в единицах NEPSpec06. На рис. 5 приведены данные по использованию сайта Tier-2 (JINR-LCG2) в ОИЯИ виртуальными организациями в рамках проектов RDIG/WLCG/EGI в 2016 г.

Платформа PanDA, предназначенная для управления задачами в распределенной вычислительной среде, была создана в 2005 г. для эксперимента ATLAS. С тех пор система росла и развивалась, и в 2013 г. стартовал проект BigPanDA, цель которого — подготовить платформу PanDA для использования за пределами экспериментов LHC. Одним из таких экспериментов, где применяется PanDA, является эксперимент COMPASS в ЦЕРН. В 2016 г. ОИЯИ как вычислительный сайт для эксперимента COMPASS был подключен через PanDA, т.е. в вычислительной инфраструктуре ОИЯИ было выделено пространство и создана PanDA-очередь. Создание PanDA-очереди в других участву-

ющих в эксперименте COMPASS институтах делает анализ экспериментальных данных распределенным [3].

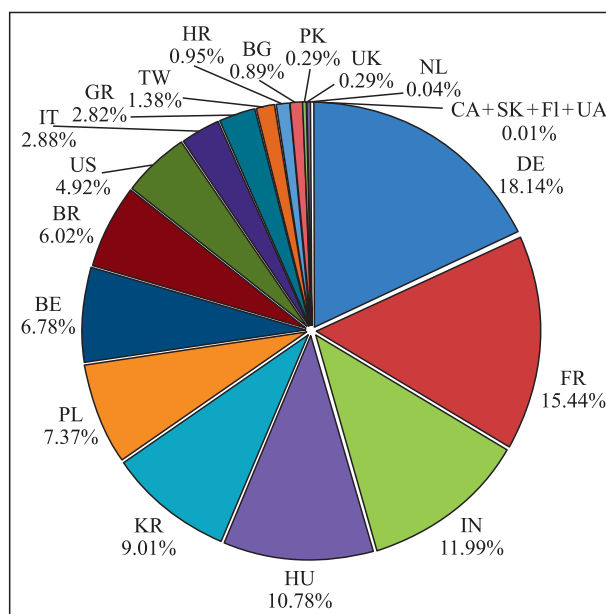


Рис. 4. Запросы от центров Tier-1 и Tier-2 к центру уровня Tier-1 для CMS в ОИЯИ по данным в июне 2016 г.

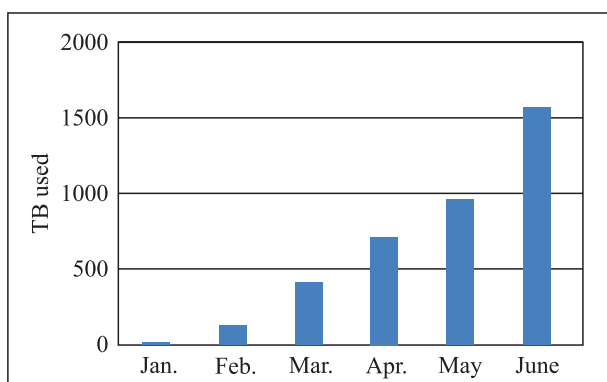


Рис. 3. Загрузка ленточного робота центра уровня Tier-1 для CMS в ОИЯИ

В ЛИТ работает система мониторинга МИВК ОИЯИ и создан центр контроля и управления работой комплекса. Для надежного функционирования всего вычислительного комплекса необходимо в реальном режиме времени отслеживать состояние всех узлов комплекса. Система позволяет контролировать функционирование системы, визуализировать состояние вычислительного комплекса и посылать оповещение о сбоях (рис. 6).

Система мониторинга HarryFace установлена и сконфигурирована для центра Tier-1 для CMS в

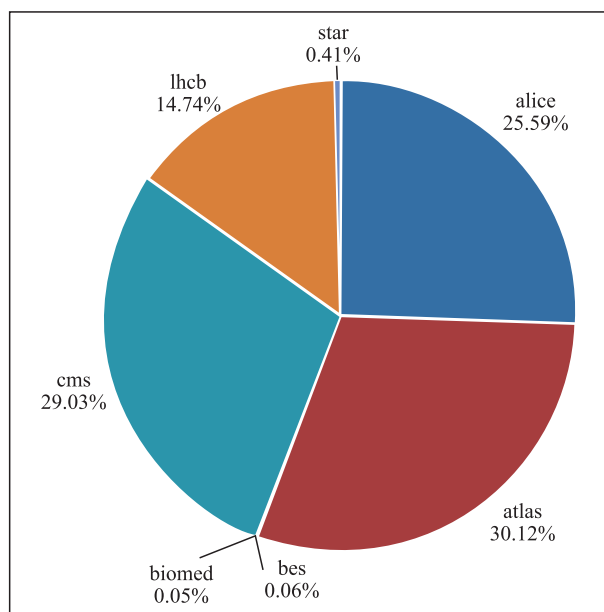


Рис. 5. Использование грид-сайта JINR-LCG2 в ОИЯИ виртуальными организациями, входящими в RDIG/WLCG/EGI



Рис. 6. Экран (Video Wall) мониторинговой системы HappyFace в центре контроля работы комплекса

ОИЯИ. Данный программный продукт является разработкой КИТ для мониторинга грид-сайтов экспериментов CMS и ATLAS, а сейчас это один из ключевых элементов мониторинговых сервисов Tier-1 в ОИЯИ (<http://happyface.jinr.ru>).

Начата разработка новой системы мониторинга 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; PhedexQuality — 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 lcsens01o.jinr.ru. Теперь система собирает и отображает на своей веб-странице данные по мониторингу Phedex, dCache, а также мониторинг WLCG [4]. Система развивается как инструмент общего назначения, который может быть адаптирован для других центров уровня Tier-1 и экспериментов.

Высокопроизводительная система вычислений. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс в ЛИТ обеспечивает проведение пользователями вычислений, в том числе параллельных, вне рамок грид-среды. Это необходимо как экспериментальным группам NOVA, PANDA, BES, NICA/MPD и др., так и локальным пользователям из лабораторий ОИЯИ. Все вычислительные мощности доступны как пользователям ОИЯИ, так и

пользователям грид-среды через единую систему пакетной обработки заданий. На рис. 7 приведено распределение по времени задач, выполненных на вычислительном кластере подразделения Института и группами пользователей. Основным пользователем этих ресурсов является NICA/MPD (61,07 % астрономического и 55,53 % процессорного времени).

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.

В 2016 г. создана новая система моделирования грид- и облачных сервисов для современных экспериментов в области физики высоких энергий, объединяющая в себе мониторинг, анализ его результатов и собственно моделирование. Объектами моделирования являются вычислительные комплексы, предназначенные для обработки информации. Эта система предназначена для повышения эффективности проектирования и разработки широкого класса грид- и облачных структур с использованием показателей индикаторов работы некоторой реальной системы. Такой подход позволяет построить типовую структуру модели, которая не зависит от спе-

цифики моделируемого объекта, и при этом параметры, описывающие этот объект, могут быть использованы в качестве входных данных для запуска модели. Разработка такого рода программного обеспечения очень важна для создания новой грид-облачной инфраструктуры для таких крупных научных экспериментов, как NICA–MPD–SPD и Tier-0–Tier-1 распределенного компьютеринга [5, 6]. Программа моделирования SyMSim (Synthesis of Monitoring and SIMulation) позволяет облегчить принятие решения для правильного выбора архитектуры вычислительной системы эксперимента VM@N [7].

Гетерогенный вычислительный кластер HybriLIT.

В течение 2016 г. общая производительность кластера HybriLIT возросла в 1,8 раза. В настоящее время вычислительный компонент кластера содержит четыре узла с графическими процессорами NVIDIA Tesla K80 и четыре узла с ускорителями NVIDIA Tesla K40, один узел с сопроцессорами Intel Xeon Phi 7120P, а также узел с двумя типами ускорителей вычислений NVIDIA Tesla K20x и Intel Xeon Phi 5110P. Все узлы имеют по два многоядерных процессора Intel Xeon. В целом кластер содержит 252 CPU-ядра, 77 184 GPU-ядра, 182 PHI-ядра, имеет 2,5 TB RAM и 57 TB HDD, а общая производительность составляет 142 Тфлопс для операций с одинарной точностью и 50 Тфлопс для операций с двойной точностью.

В 2016 г. в состав кластера введен новый компонент — система виртуальных рабочих столов для поддержки работы пользователей с пакетами прикладных программ. Развернут полигон из восьми серверов, на котором на базе KVM (Kernel-based Virtual Machine) созданы виртуальные рабочие столы с

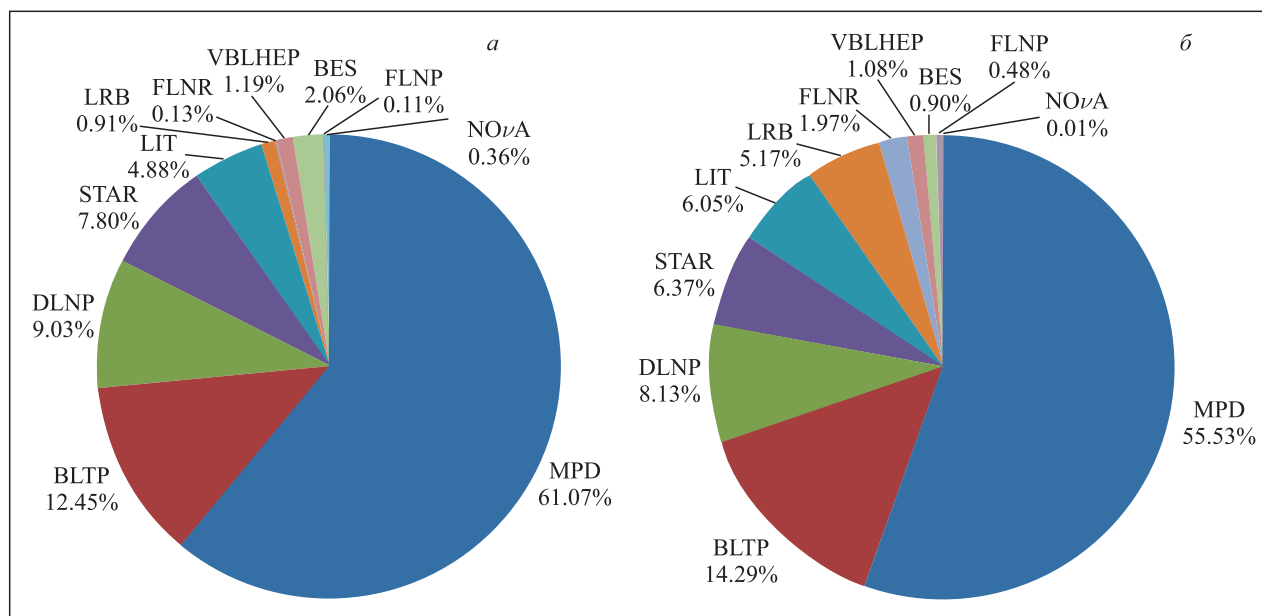


Рис. 7. Статистика использования астрономического (а) и процессорного (б) времени вычислительного кластера подразделениями и в экспериментах ОИЯИ без учета пользователей грид-среды

удаленным доступом к пакету COMSOL Multiphysics для группы пользователей. Развиваемый новый компонент кластера позволяет пользователям эффективно использовать ресурсы кластера и проводить ресурсоемкие расчеты из пакетов прикладных программ на вычислительных узлах кластера (рис. 8).

В течение 2016 г. активно поддерживалась и развивалась программно-информационная среда кластера, позволяющая пользователям разрабатывать программные приложения, проводить расчеты с использованием новейших вычислительных архитектур. Общее количество пользователей составляет 450 человек из лабораторий ОИЯИ и стран-участниц. В частности, ресурсы кластера используются для проведения расчетов в области квантовой хромодинамики, квантовой механики и молекулярной динамики, на кластере установлено программное обеспечение PandaRoot, MpdRoot для проведения расчетов в области физики высоких энергий.

Гетерогенный кластер HybriLIT используется не только для проведения массивно-параллельных расчетов, но и для обучения использованию пакетов прикладных программ и технологиям параллельного программирования. В течение 2016 г. проведено свыше 20 учебных курсов, в которых приняли участие более 200 человек из различных подразделений Института, молодых ученых из стран-участниц и университетов России. Учебные курсы были проведены по использованию пакетов прикладных программ MCTDHB-Lab, LAMMPS (Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator), VMD (Visual Molecular Dynamics) и по технологиям параллельного программирования CUDA, OpenMP, OpenCL, MPI. Учебные курсы и мастер-классы были проведены в рамках 7-й Международной конференции «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании»

(GRID'2016) и школы ОИЯИ–ЦЕРН «Грид и современные административно-управленческие системы».

Облачная среда. В течение 2016 г. облачная инфраструктура ОИЯИ [8] развивалась по следующим основным направлениям: увеличение количества ресурсов, доступных пользователям; увеличение количества решаемых задач; реализация сбора и визуализации статистики использования облачных ресурсов на базе программного обеспечения (ПО) InfluxDB и Grafana. Общее количество ресурсов, доступных пользователям облака ОИЯИ, было увеличено как за счет добавления дополнительных серверов в качестве рабочих узлов, так и за счет интеграции части облачных вычислительных ресурсов организаций-партнеров.

К настоящему времени общее количество ядер центрального процессорного устройства в облаке ОИЯИ, доступное его пользователям, равно 330 (в 2015 г. — 200) и общий объем ОЗУ равен 840 Гбайт (в 2015 г. — 400 Гбайт).

Спектр решаемых задач на облачных ресурсах ОИЯИ также увеличился в 2016 г. Для этого на данной инфраструктуре установлены следующие компоненты:

- полигон PanDA (для развития ПО PanDA и использования его для решения задач экспериментов ATLAS и COMPASS);
- полигон на базе промежуточного программного обеспечения (ППО) DIRAC (используется для разработки средств мониторинга распределенной вычислительной инфраструктуры эксперимента BES-III, а также как один из его вычислительных ресурсов);
- набор контейнеров для пользователей-участников эксперимента NOVA;
- полигон для изучения и оценки ППО для построения вычислительной инфраструктуры экспериментов на ускорителе NICA;

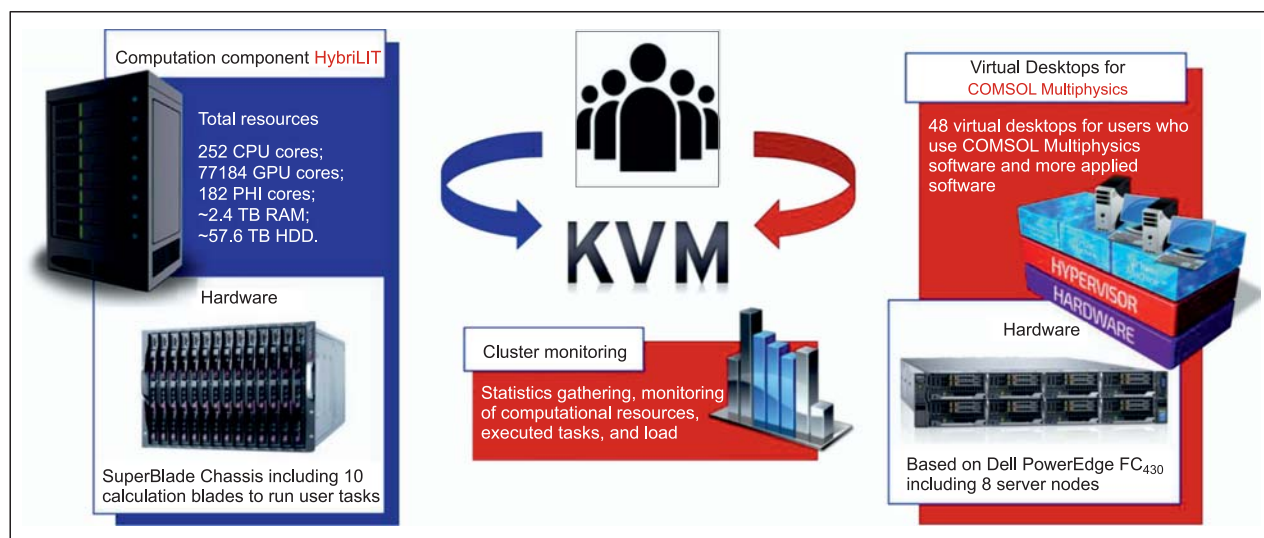


Рис. 8. Новый компонент кластера для работы с пакетами прикладных программ

- полигон на базе системы хранения данных EOS для выполнения обязательств в рамках участия в проекте по исследованию гетерогенных киберинфраструктур, разработки и создания прототипа компьютерной федерации на основе высокоскоростных вычислений, облачных вычислений и суперкомпьютеров для хранения, обработки и анализа больших данных;

- сервер Spark для машинного обучения и анализа больших данных.

Одно из важных направлений развития облачных технологий в настоящее время — разработка методов интеграции различных облачных инфраструктур [9]. Для объединения облачных ресурсов организаций-партнеров из стран-участниц ОИЯИ с целью решения совместных задач, а также для распределения пиковых нагрузок по интегрированным ресурсам командой сотрудников ЛИТ разработан специальный драйвер. Он позволяет объединять ресурсы партнерских организаций как развернутые в облаке на базе OpenNebula, так и других облачных платформ, которые поддерживают ОССІ-интерфейс (Open Cloud Computing Interface). С облаком ОИЯИ интегрированы облака Института физики Национальной академии наук Азербайджана (Баку), Института теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова Национальной академии наук Украины (Киев), Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова (Москва). На рис. 9 представлено местоположение партнерских организаций из стран-участниц ОИЯИ, чьи облачные ресурсы интегрированы с облаком ОИЯИ.

Кроме того, облако ОИЯИ интегрировано в Федеративное облако Европейской грид-инфраструктуры (ЕГИ), поэтому возможно взаимное использование облачных ресурсов ОИЯИ и ЕГИ.

Одно из направлений развития облачной инфраструктуры ОИЯИ в 2016 г. — реализация сбора и визуализации статистики использования облачных ресурсов. Ранее данный функционал был реализован сотрудниками ЛИТ как дополнительный пункт меню графического веб-интерфейса платформы OpenNebula, который называется Sunstone. Однако недостатком такой реализации была необходимость проверки совместимости данного модуля сбора статистики и ее визуализации с новыми версиями платформы OpenNebula и ее веб-интерфейса, так как последний мог измениться и в этом случае возникала необходимость адаптации кода модуля под новый веб-интерфейс. Во избежание подобных дополнительных усилий перед обновлением ПО облачной платформы, а также с целью сохранения собираемых метрик о потребляемых ресурсах в базе данных для их последующей визуализации и анализа на предмет их изменений в течение задаваемого промежутка времени было решено реализовать сбор и визуализацию статистических данных об использовании ресурсов облака ОИЯИ с помощью таких инструментов, как InfluxDB и Grafana [10].

Информационная и программная поддержка.

В 2016 г. в ЛИТ продолжалась традиционная работа по сопровождению и развитию библиотеки программ JINRLIB, а также осуществлялась поддержка библиотек программ, разработанных другими научно-исследовательскими центрами и организациями (CERNLIB, CPC Program Library). Обновлен сайт JINRLIB. В специальный раздел для параллельных программ добавлены образовательные программы по параллельному программированию (MPI). В библиотеку программ JINRLIB также вошел программный пакет H-Utils, разработанный сотрудниками ЛИТ специально для кластера гетерогенных

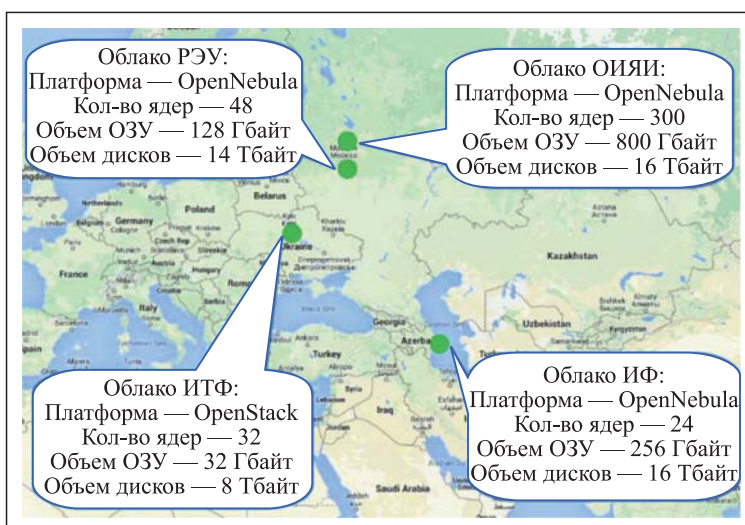


Рис. 9. Географическое положение облачных инфраструктур организаций из стран-участниц ОИЯИ, предоставляющих часть своих ресурсов для интеграции с облаком ОИЯИ

вычислений HybriLIT (<http://www.info.jinr.ru/programs/jinrlib/h-utils/index.html>). Этот пакет призван облегчить разработку программных комплексов для решения задач в области физики, химии, биологии и др. на высокопроизводительных вычислительных платформах.

В 2016 г. в рамках разработки комплекса корпоративных информационных систем ОИЯИ [11] разработана и введена в эксплуатацию подсистема электронного согласования приказов в структуре системы «База документов ОИЯИ», реализован универсальный шлюз обмена данными между различными подсистемами КИС (1С, СЭД, ADB2, ИСС, PIN), расширены функциональные возможности информационной системы управления проектом NICA

на базе системы ADB — созданы функционалы по формированию Cost Book по проекту NICA и по формированию различных сводных отчетов по проекту [12]. Продолжалось развитие единой системы 1С 8.2 УПП, а также осуществлялась регулярная поддержка конечных пользователей этой системы.

В 2016 г. продолжено совершенствование программного обеспечения системы JINR Document Server (JDS), а именно разработаны средства, обеспечивающие ускорение внесения данных, повышение качества контента и эффективного повторного использования данных. Работы ведутся на тестовом сервере jds-test3 (<http://jds-test3.jinr.ru>), развернутом в облачной инфраструктуре ЛИТ ОИЯИ.

МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Одно из основных направлений деятельности ЛИТ — обеспечение математической алгоритмической и программной поддержки экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ. Ниже приведена краткая информация о некоторых из полученных результатов.

Предложен новый алгоритм поиска треков-кандидатов для реконструкции событий в эксперименте VM@N (Baryonic Matter at Nuclotron). Реконструкция событий — это одна из наиболее важных задач по обработке экспериментальных данных физики высоких энергий. Она состоит из поиска треков и оценки их параметров в трековых детекторах эксперимента, что требует огромного числа переборов всех хитов (реконструированных откликов детектора), чтобы найти те из них, которые принадлежат одному треку. Предложено новое координатное преобразование, переводящее экспериментальные данные в пространство нормированных координат, в котором хиты, соответствующие одному треку, группируются в компактные горизонтальные отрезки. Для оценки параметров найденные треки-кандидаты аппроксимируются спиралями Архимеда. Ввиду компактности данных в пространстве нормированных координат предложенный алгоритм может быть эффективно распараллелен на современных вычислительных архитектурах [13].

Разработана программа глауберовских расчетов для экспериментов на NICA. Следует отметить, что все современные эксперименты с пучками релятивистских ядер (RHIC, LHC, NICA, CBM) используют и будут использовать различные методы определения геометрических характеристик взаимодействий, в частности прицельного параметра соударе-

ний. Прицельный параметр не может быть измерен прямо, поэтому экспериментально наблюдаемые величины связываются тем или иным способом с геометрическими характеристиками, рассчитанными в глауберовском приближении. Однако существующие методы глауберовских расчетов не отвечают современным требованиям. Согласно расчетам, проведенным по новой программе, геометрические характеристики взаимодействий ядер золота с ядрами золота при энергиях RHIC и NICA (5–10 ГэВ в системе центра масс NN -соударений) отличаются не более чем на 5–7%. Поэтому возможные изменения физических характеристик соударений на NICA могут быть связаны с изменениями физики взаимодействий [14].

Разработан новый алгоритм реконструкции треков-сегментов в катодно-стриповых камерах. Получены результаты сравнения работы стандартного и нового алгоритмов для различных типов симулированных данных. С использованием нового алгоритма треков-сегментов реконструируются с большей точностью и эффективностью, особенно в условиях высокой светимости на Большом адронном коллайдере и при больших поперечных импульсах частиц, проходящих через торцевую часть мюонной системы. Алгоритм включен в официальный пакет реконструкции эксперимента CMS в июле [15].

Рассмотрена модель Намбу–Иона–Лазинио с пеллей Полякова в присутствии векторного взаимодействия и с дополнительной связью между кварковым и калибровочным секторами. Изучено влияние данных взаимодействий на фазовую структуру КХД: киральный фазовый переход первого рода, возникающий при конечном химическом потенциале, и связанная

с ним критическая конечная точка исчезают при достаточно высоких значениях константы векторного взаимодействия G_v . Присутствие дополнительной связи между кварками и глюонами приводит к росту критического значения константы векторного взаимодействия G_v , при котором в термодинамической системе происходит исчезновение фазового перехода первого рода. Показано, что векторное взаимодействие влияет на кривизну линии фазового перехода типа «кроссовер» в плоскости $T-\mu$ вблизи $\mu = 0$ как с наличием дополнительного взаимодействия между кварками и глюонами, так и без него [16].

Проведены исследования фосфолипидной транспортной наносистемы (ФТНС) переноса лекарств в рамках модели разделенных формфакторов с использованием метода асинхронной дифференциальной эволюции (АДЭ). Базовые параметры однослойных везикул ФТНС фитируются к экспериментальным данным малоуглового синхротронного рентгеновского рассеяния. Структура наночастиц ФТНС проанализирована в зависимости от концентрации мальтозы в воде. Численные результаты демонстрируют эффективность параллельной реализации на основе технологии MPI, а также преимущество АДЭ-подхода перед другими известными оптимизационными процедурами [17].

Предложен новый подход к полиномиальной аппроксимации (сглаживанию) высоких порядков, основанный на методе базисных элементов (МБЭ). Конструкция МБЭ-многочлена строится на трехточечной сетке и зависит от управляющих параметров x_0 , $\alpha = x_\alpha - x_0$, $\beta = x_\beta - x_0$, функционально связанных с независимой переменной $\tau = x - x_0$ правилом двойного отношения четырех точек. МБЭ-многочлен степени n определяется по четырем базисным элементам, заданным на трехточечной сетке: $x_0 + \alpha < x_0 < x_0 + \beta$, $\alpha\beta < 0$. Для вычисления коэффициентов полиномиальной модели 12-го порядка получены формулы, зависящие от длины интервала, параметров α , β и значений $f^{(m)}(x_0 + \nu)$, $\nu = \alpha, \beta, 0$, $m = \overline{0, 3}$. Применение МБЭ-многочленов высоких степеней для кусочно-полиномиальной аппроксимации функций и сглаживания экспериментальных дан-

ных повышает устойчивость и точность вычислений при увеличении шага сетки, а также снижает вычислительную сложность алгоритмов [18].

Рассмотрены две концептуальные разработки в рамках байесовского подхода к автоматическим адаптивным численным квадратурам для решения одномерных интегралов Римана (*Adam Gh., Adam S. // Springer LNCS. 2012. V.7125. P.1–16*). Во-первых, показано, что численные квадратуры, не требующие чрезмерных вычислений и минимизирующие скрытые плавающей точкой потери точности, требуют рассмотрения трех классов длины области интегрирования, когда в каждом из них применяются собственные квадратурные суммы: микроскопические (правило трапеции), мезоскопические (правило Симпсона) и макроскопические (квадратурные суммы высокой алгебраической степени точности). Во-вторых, получены точные байесовские оценки в макроскопическом диапазоне, основанные на результатах квадратур Кленшау–Кертиса [19].

В ЛИТ продолжены работы по проблеме математического описания квантовых корреляций в составных системах. Задача классификации корреляций в бинарных системах, находящихся в так называемых X -состояниях, решалась в рамках математического формализма классической теории инвариантов с применением современных систем компьютерной алгебры. Свойства квантовой запутанности смешанной 2-кубитной системы в смешанных X -состояниях анализировались в терминах локально-унитарно-инвариантных многочленов от матричных элементов матрицы плотности [20]. Исследована структура кольца инвариантных многочленов, и показано, что для X -состояний имеет место инъективный гомоморфизм фактор-кольца $SU(2) \times SU(2)$ -инвариантных многочленов по модулю его идеала сизигий и кольца $SO(2) \times SO(2)$ -инвариантов, свободно порожденного пятью многочленами степеней 1, 1, 1, 2, 2. Сепарабельные смешанные X -состояния пары кубитов были классифицированы в соответствии с вырождениями в спектре матриц плотности [21].

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

Сотрудниками ЛИТ и ЛФВЭ ведутся работы по исследованию характера поведения решения нелинейной краевой задачи магнитостатики в окрестности «угловой точки» (на пересечении двух сред вакуум–железо) ферромагнетика. Получена верхняя оценка допустимого роста магнитного поля в области вакуума вблизи угловой точки ферромагнетика. Показано, что при определенных условиях, налагаемых на магнитную проницаемость, магнитное поле в области вакуума вблизи угловой точки ограничено. Разработан алгоритм сгущения разностной сетки в

области с угловой точкой, который позволил существенно уменьшить время вычисления и одновременно увеличить точность решения краевой задачи. Опубликованы результаты моделирования магнитной системы, содержащей угловые точки. Рассматривались проблемы создания однородной карты поля возможных магнитных систем соленоидального типа установки NICA. Расчеты проводились с использованием двух программных продуктов: TOSCA и разработанного авторами MFC (Magnetic Field Calculation) [22].

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В сотрудничестве с коллегами из ЮАР проведено исследование инклюзивной реакции $^{59}\text{Co}(p, \alpha)$ при энергии налетающих частиц 100 МэВ. Теоретический анализ, выполненный на основе статистического многоступенчатого механизма, показал, что конечной ступенью, ведущей к эмиссии α -частиц, с наибольшей вероятностью могут быть процессы подхвата (pickup) или выбивания (knockout) α -частиц. Это заключение согласуется с предшествующим исследованием реакции $^{93}\text{Nb}(p, \alpha)$. Представляет интерес исследование причин, по которым при энергии столкновения 100 МэВ происходит перемешивание процессов выбивания и подхвата, тогда как при более высоких и более низких значениях энергии доминирующим для ядра-мишени ^{93}Nb является механизм нокаута. Установлено, что объяснение наблюдаемых характеристик возможно только при сочетании обоих упомянутых конкурирующих механизмов реакции. Можно ожидать, что при более низких и более высоких значениях энергии столкновения для ^{59}Co будет наблюдаться та же тенденция, что и в случае ^{93}Nb [23].

Совместно с коллегами из научных центров США было предложено развитие системы управления потоками задач PanDA (Production and Data Analysis), позволяющей отправлять задачи на суперкомпьютер-

ные вычислительные платформы. Эта разработка была протестирована на суперкомпьютере Titan (Oak Ridge Leadership Computing Facility, USA), суперкомпьютере НИЦ «Курчатовский институт», суперкомпьютере IT4 (Острава, Чехия) и др. Проведенное тестирование показало, что возможно использовать модифицированную PanDA WMS как портал, не зависящий от вычислительной инфраструктуры, который может быть использован не только для решения ресурсоемких задач физики высоких энергий и ядерной физики, но и в других областях, таких как биоинформатика и астрофизика [24].

В 2016 г. совместно с коллегами из Китая и Франции продолжены работы по созданию распределенной вычислительной среды для эксперимента BES-III, объединяющей к настоящему времени 12 ресурсных центров из Китая, США, Италии, ОИЯИ и обеспечивающей доступ к более чем 3000 CPU ядер и 0,5 Пбайт дискового пространства. В 2016 г. более полумиллиона задач было выполнено в этой распределенной системе. В данное время распределенная система обработки данных эксперимента BES-III работает надежно и составляет значительную часть вычислительной мощности для обработки экспериментальных данных [25].

СОВЕЩАНИЯ, КОНФЕРЕНЦИИ

С 25 по 30 января в ЛИТ прошла XXIII Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование», которая проводится с 1993 г. Она зарекомендовала себя как продуктивная форма обмена опытом между специалистами различных научных направлений — математиками, биологами, экономистами, педагогами. В конференции приняли участие около 250 человек из 32 городов России, Украины, Белоруссии, Казахстана, а также ученые из стран-участниц ОИЯИ. В рамках конференции был организован симпозиум «Биофизика сложных систем. Молекулярное моделирование. Системная биология». Заседания отдельных секций по математике, математическому моделированию и вычислительным методам, биологии, экономике, педагогике включали устные и стендовые доклады. Наряду с секционными заседаниями и круглыми столами в ходе конференции были проведены 11 мастер-классов по ознакомлению с основами современных высокоуровневых языков программирования и их применению для

моделирования при решении исследовательских задач. Конференция традиционно завершилась обсуждением работы секций и вручением грамот молодым участникам за лучшие доклады.

Традиционное, 19-е по счету, двухдневное рабочее совещание по компьютерной алгебре проходило в ЛИТ 24 и 25 мая. В нем приняли участие более 40 ученых из университетов и научных центров Бухареста (Румыния), Сент-Джорджеса (Гренада), Тбилиси (Грузия), Турку (Финляндия), Москвы, Петрозаводска, Санкт-Петербурга, Саратова, Тамбова и Дубны. Было представлено 24 доклада. Основная цель совещания — обсуждение современных методов, алгоритмов и систем компьютерной алгебры как специалистами в области информатики, так и математиками и физиками. На совещании был представлен ряд новых многообещающих результатов по развитию алгоритмов исследования и решения систем алгебраических, дифференциальных и разностных уравнений, по символично-численному моделиро-

ванию квантово-механических систем, по вычислению многопетлевых фейнмановских интегралов методами компьютерной алгебры, а также по различным приложениям компьютерной алгебры в физике и математике.

С 4 по 9 июля в ЛИТ проходила 7-я Международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2016), которая проводится каждые два года и является традиционной для лаборатории. В 2016 г. конференция была посвящена 60-летию ОИЯИ и 50-летию образования ЛВТА/ЛИТ. Она привлекла многочисленное сообщество российских и зарубежных специалистов, готовых обсудить возникающие задачи и перспективы развития современных информационных технологий. В работе конференции приняли участие более 250 ученых из научных центров Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Германии, Грузии, Китая, Монголии, Румынии, Словакии, Чехии, Швеции и др. Россия была представлена участниками из более чем 30 университетов и исследовательских центров. В рамках конференции была организована работа десяти секций, на которых обсуждались вопросы, связанные с развитием

грид-технологий, гетерогенных вычислений, добровольных вычислений, облачных технологий, аналитики больших данных, а также организована школа для молодых ученых, аспирантов и студентов, где были проведены учебные курсы по гетерогенным и облачным вычислениям. Всего было представлено 35 пленарных, более 120 секционных и 43 стендовых доклада. В школе приняли участие 40 студентов и молодых ученых из Монголии, Румынии и российских университетов — МИФИ, СПбГУ, университета «Дубна».

С 24 по 28 октября в ЛИТ прошла седьмая школа по информационным технологиям «Грид и современные административно-управленческие системы», организаторами которой выступили ОИЯИ и ЦЕРН при поддержке МИФИ и Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. В работе школы приняли участие более 90 студентов, аспирантов и молодых ученых из ведущих вузов России и Казахстана. Студенты прослушали лекции по современным информационным технологиям ведущих специалистов ЦЕРН и ОИЯИ. По материалам лекций были организованы тренинги и конкурсы, победителям были вручены призы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Astakhov N. S., Baginyan A. S., Belov S. D. et al. JINR Tier-1 Centre for the CMS Experiment at LHC // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 1103–1107.
2. Gavrilov V., Golutvin I., Kodolova O. et al. Status of RDMS CMS Computing // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 1108–1111.
3. Petrosyan A. Sh. PanDA for COMPASS at JINR // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 1095–1098.
4. Kadochnikov I., Pelevanyuk I. JINR Tier-1 Service Monitoring System: Ideas and Design // CEUR Workshop Proc. 2016. V. 1787. P. 281–284.
5. Korenkov V., Nechaevskiy A., Ososkov G., Pryahina D., Trofimov V., Uzhinskiy A., Voytishin N. The JINR Tier1 Site Simulation for Research and Development Purposes // Eur. Phys. J. Web Conf. 2016. V. 108. P. 02033; doi: 10.1051/epjconf/201610802033.
6. Korenkov V. V., Nechaevskiy A. V., Ososkov G. A., Pryahina D. I., Trofimov V. V., Uzhinskiy A. V. Simulation Concept of NICA-MPD-SPD TIER0-TIER1 Computing Facilities // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 1074–1083.
7. Korenkov V., Nechaevskiy A., Ososkov G., Potrebennikov Yu., Pryahina D., Trofimov V., Uzhinskiy A. Optimization of Distributed Data Processing System for NICA BM@N Experiment by Using Simulation // Procedia Comp. Science. 2016. V. 101. P. 333–340.
8. Baranov A. V., Balashov N. A., Kutovskiy N. A., Semenov R. N. JINR Cloud Infrastructure Evolution // Phys. Part. Nucl. Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 672–675; doi: 10.1134/S1547477116050071.
9. Baranov A. V. et al. Approaches to Cloud Infrastructures Integration // Comp. Res. Modeling. 2016. V. 8, No. 3. P. 583–590 (in Russian).
10. Balashov N., Baranov A., Korenkov V. Optimization of Over-Provisioned Clouds // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 957–961.
11. Filozova I. A., Bashashin M. V., Korenkov V. V., Kuniaev S. V., Musulmanbekov G., Semenov R. N., Sheshtakova G. V., Strizh T. A., Ustenko P. V., Zaikina T. N. Concept of JINR Corporate Information System // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 980–985.
12. Bashashin M. V., Kekelidze D. V., Kostromin S. A., Korenkov V. V., Kuniaev S. V., Morozov V. V., Potrebennikov Yu. K., Trubnikov G. V., Philippov A. V. NICA Project Management Information System // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 969–973.
13. Baranov D. et al. // Eur. Phys. J. Web Conf. 2016. V. 108. P. 02012.
14. Galoyan A. S., Uzhinsky V. V. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2016. V. 80. P. 333.
15. Voytishin N. et al. // Eur. Phys. J. Web Conf. 2016. V. 108. P. 02023.
16. Friesen A., Kalinovsky Yu., Toneev V. // J. Phys. Conf. Ser. 2016. V. 668, No. 1. P. 012128.
17. Zemlyanaya E. et al. // J. Phys. Comp. Simulations. 2016. V. 724. P. 012056.
18. Dikusar N. D. // Math. Models and Comp. Simulations. 2016. V. 8, No. 2. P. 183–200.
19. Adam Gh., Adam S. <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201610802002>. 2016.

20. Gerdt V., Khvedelidze A., Palii Yu. On the Ring of Local Unitary Invariants for Mixed X -States of Two Qubits // Zap. Nauchn. Sem. POMI. 2016. V.448. P.107–123.
21. Khvedelidze A., Torosyan A. Spectrum and Separability of Mixed 2-Qubit X -States // Zap. Nauchn. Sem. POMI. 2016. V.448. P.270–285.
22. Perepelkin E. E. et al. // Part. Nucl., Lett. 2016. V. 13, No.6(204). P.1168–1174.
23. Cowley A. et al. // Phys. Rev. C. 2016. V.93. P.034624.
24. De K., Jha S., Klimentov A.A., Maeno T., Mashinistov R.Yu., Nilsson P., Novikov A.M., Oley-
nik D.A., Panitkin S.Yu., Poyda A.A., Read K.F., Ryabinkin E.A., Teslyuk A.B., Velikhov V.E., Wells J.C., Wenaus T. Integration of PanDA Workload Management System with Supercomputers // Part. Nucl., Lett. 2016. V.13, No.5. P.1010–1019.
25. Belov S.D., Deng Z.Y., Korenkov V.V., Li W.D., Lin T., Ma Z.T., Nicholson C., Pelevanyuk I.S., Suo B., Trofimov V.V., Tsaregorodtsev A.U., Uzhinskiy A.V., Yan T., Yan X.F., Zhang X.M., Zhemchugov A.S. BES-III Distributed Computing Status // Part. Nucl., Lett. 2016. V.13, No.5. P.1084–1088.



ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

В 2016 г. в лаборатории продолжены исследования по теме 04-9-1077-2009/2017 «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий» по следующим направлениям: фундаментальные радиобиологические и радиационно-генетические исследования с тяжелыми заряженными частицами, исследования влияния ускоренных заряженных частиц на централь-

ную нервную систему и структуры глаза; математическое моделирование 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 изучение закономерностей формирования и репарации двунитевых разрывов ДНК (ДР ДНК) в клетках нормальных фибробластов человека при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками [1–4]. Повторены эксперименты по облучению клеток γ -квантами ^{60}Co с целью уточнения дозовых зависимостей индукции ДР ДНК, анализа комплексности кластерных $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов и кинетики изменения их морфологии. С использованием ускорителя У-400М (ЛЯР ОИЯИ) нормальные фибробласты человека были облучены ионами ^{11}B с энергией 32,3 и 13,5 МэВ/нуклон и ЛПЭ $\sim 44,6$ и

91,5 кэВ/мкм соответственно и ионами ^{20}Ne с энергией 46,6 МэВ/нуклон и ЛПЭ ~ 132 кэВ/мкм. Клетки облучали в двух геометриях: нормально по отношению к направлению пучка для изучения дозовой зависимости и кинетики репарации ДР ДНК и тангенциально для анализа треков, формируемых $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусами в ядрах клеток, степени их кластеризации и кинетики изменения их морфологии. Облученные клетки фиксировали в разное время после облучения и проводили иммунофлуоресцентное окрашивание для детектирования белков γH2AX и 53BP1, маркеров репарации ДР ДНК. Проведен сравнительный анализ полученных данных

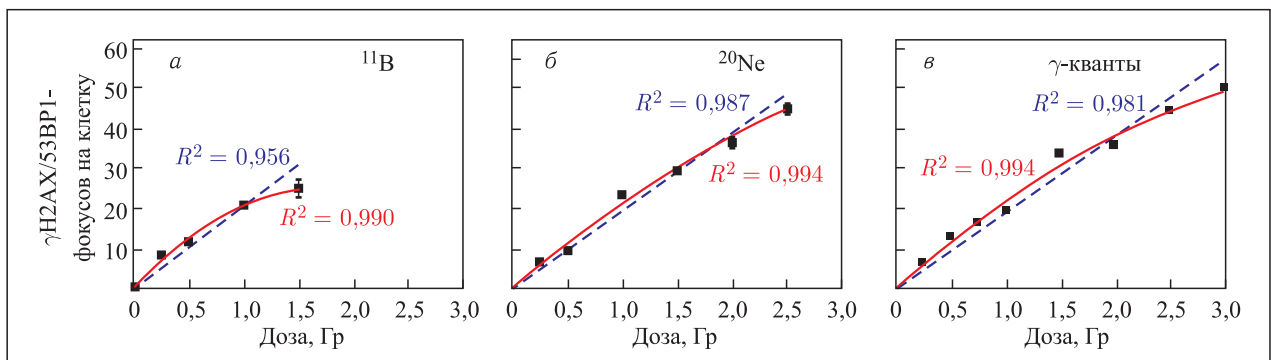


Рис. 1. Дозовая зависимость формирования $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов в ядрах фибробластов человека через 1 ч после облучения ускоренными ионами ^{11}B (а), ^{20}Ne (б) и γ -квантами ^{60}Co (в) в вертикальной геометрии: сплошная линия — аппроксимация линейно-квадратичной функцией; штриховая — аппроксимация линейной функцией

с результатами ранее проведенных экспериментов по облучению фибробластов ионами ^{11}B с энергией 8,1 МэВ/нуклон и ЛПЭ ~ 138 кэВ/мкм. Показано, что кинетика формирования и элиминации $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов различна и зависит от физических характеристик ионизирующего излучения.

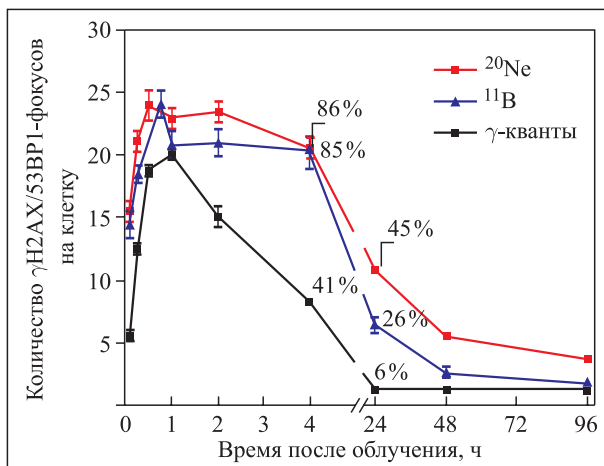


Рис. 2. Кинетика формирования и элиминации $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов в ядрах фибробластов человека при действии ускоренных ионов ^{11}B , ^{20}Ne и γ -квантов ^{60}Co

Получена дозовая зависимость индукции $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов в фибробластах человека через 1 ч после облучения γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами ^{11}B и ^{20}Ne . Для всех исследуемых видов излучений в диапазоне малых доз облучения наблюдается линейная зависимость, характерная для дозовой зависимости формирования ДР ДНК. Однако с ростом дозы облучения наблюдается отклонение от линейности, что может быть связано с особенностями методики исследования (рис. 1).

При воздействии всех типов ускоренных тяжелых ионов отмечена задержка кинетики элиминации $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов, т. е. репарации ДР ДНК по сравнению с γ -квантами. Показано, что через 4 ч после облучения тяжелыми ионами в клетках сохраняется 85 % от максимального уровня $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов, в то время как при γ -облучении — 41%. Кроме того, установлено, что при облучении ионами ^{20}Ne элиминация $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов происходит существенно медленнее, чем при воздействии ионов ^{11}B , что, вероятно, связано с более высокой комплексностью и, следовательно, с более трудной репарацией ДР ДНК, индуцируемых ионами неона. Через 24 ч при γ -облучении уровень радиационно-индуцированных фокусов снижается до минимального — 6%, при облучении ионами бора — до 26%,

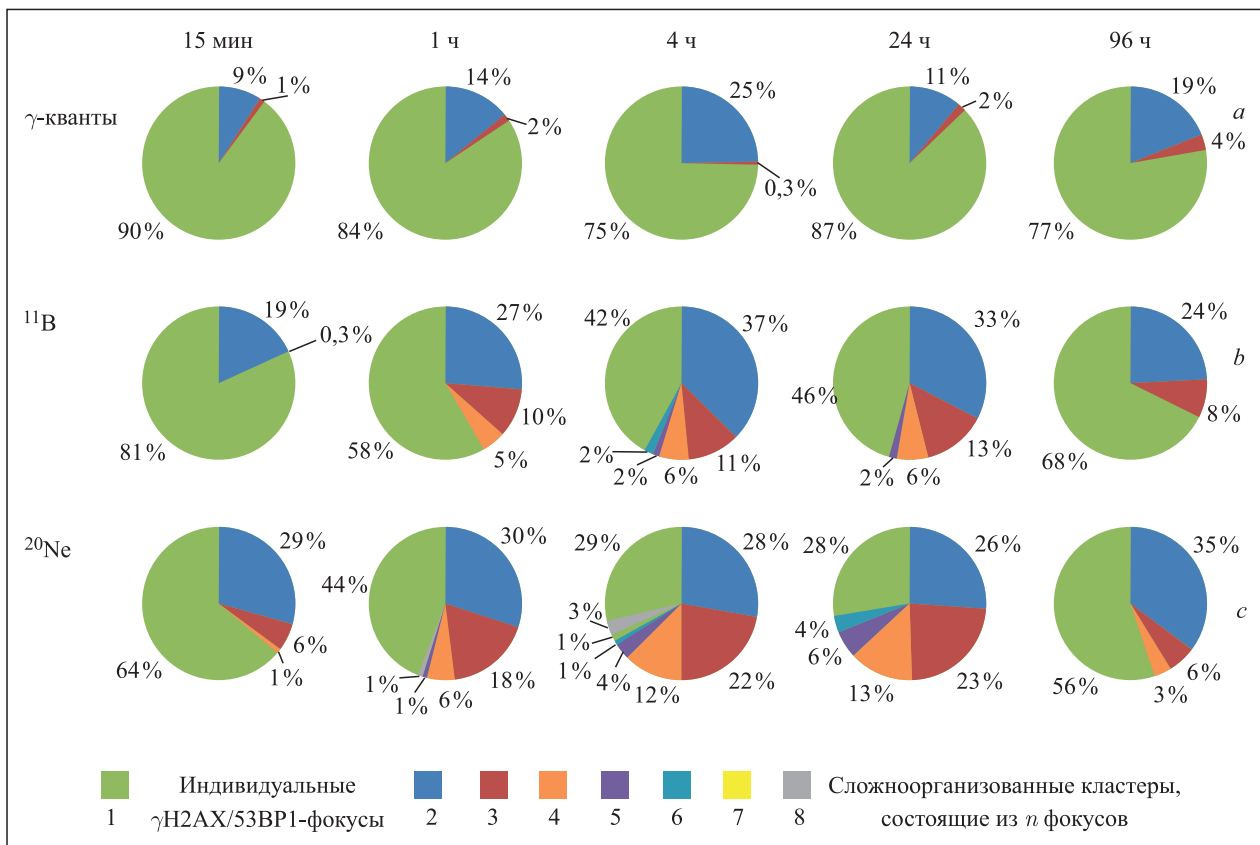


Рис. 3. Гистограммы кинетики изменения структуры сложноорганизованных кластерных $\gamma\text{H2AX/53BP1}$ -фокусов при облучении γ -квантами ^{60}Co (a) и ионами ^{11}B (b), ^{20}Ne (c)

в то время как при действии ионов неона — сохраняется 45 % γ H2AX/53BP1-фокусов (рис. 2). Сделанные выводы согласуются с результатами, полученными на клетках, облученных в тангенциальной геометрии под углом 10° .

Установлено, что размер (площадь) и комплексность (геометрическая форма и количество индивидуальных фокусов, входящих в кластер) γ H2AX/53BP1-фокусов значительно выше при воздействии ионов неона (рис. 3).

Начаты работы по изучению закономерностей формирования и репарации ДР ДНК в нейронах головного мозга крыс при действии ионизирующих излучений разного качества. В 2016 г. была оптимизирована методика детектирования с использованием иммуногистохимического анализа γ H2AX/53BP1-фокусов в парафиновых срезах тканей мозга крыс, приготовленных с помощью ротационного микротом (HM340E Thermo Fisher Scientific Microm). Для изучения дозовой зависимости и кинетики формирования и элиминации радиационно-индуцированных γ H2AX/53BP1-фокусов при действии γ -квантов ^{60}Co самки крыс линии *Sprague-Dawley* (в возрасте 11 недель, весом 220 г) были краниально облучены в дозах 1, 3 и 5 Гр, после чего через 1, 4 и 24 ч была проведена декапитация животных и последующий анализ.

Продолжено изучение закономерностей формирования и репарации ДР ДНК разного генезиса — прямых и энзиматических — при действии ионизирующих излучений с разной ЛПЭ в условиях влияния ингибиторов репарации, арабинозидцитозина (АраЦ) и гидроксимочевины (ГМ) в лимфоцитах периферической крови человека. Получены дозовые зависимости индукции ДР ДНК при действии γ -квантов ^{60}Co и ускоренных ионов ^{11}B с ЛПЭ ~ 44, 89 и

127 кэВ/мкм, линейный характер которых сохраняется как в нормальных условиях, так и в условиях влияния ингибиторов репарации ДНК (рис. 4).

Показано, что в ходе репарации при облучении как γ -квантами, так и ускоренными ионами ^{11}B количество ДР ДНК снижается по экспоненциальной кинетике и практически завершается через 6 ч пострадиационной инкубации. В условиях влияния ингибиторов при облучении γ -квантами и ионами ^{11}B с ЛПЭ ~ 44 кэВ/мкм наблюдается увеличение выхода ДР ДНК, при действии частиц с ЛПЭ ~ 89 кэВ/мкм происходит незначительное снижение количества ДР ДНК. При дальнейшем возрастании ЛПЭ до 127 кэВ/мкм наблюдается снижение количества ДР ДНК по экспоненциальной кинетике, так же как и в условиях отсутствия ингибиторов репарации (рис. 5).

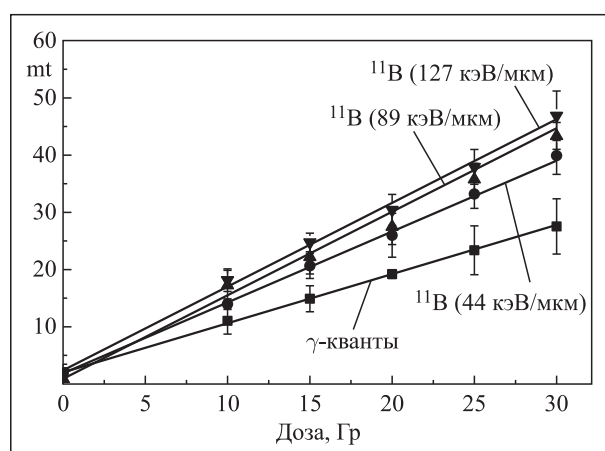


Рис. 4. Дозовая зависимость индукции ДР ДНК при действии ускоренных ионов ^{11}B (ЛПЭ ~ 44, 89 и 127 кэВ/мкм) и γ -квантов ^{60}Co

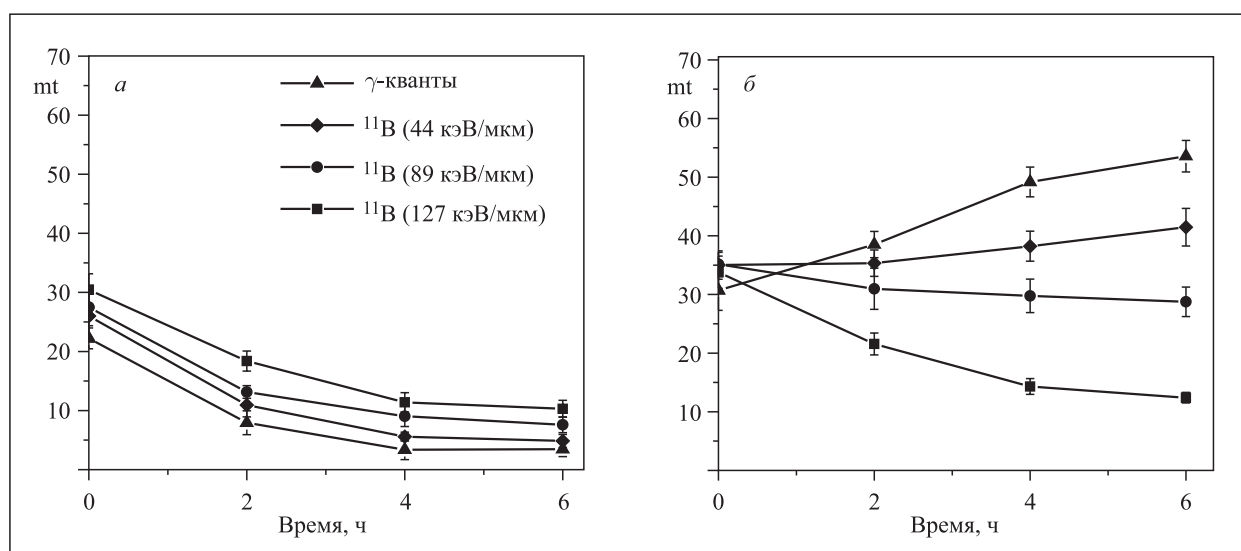


Рис. 5. Кинетика репарации ДР ДНК при действии γ -квантов и ионов ^{11}B с разной ЛПЭ дозой 20 Гр в нормальных условиях (а) и в условиях влияния АраЦ + ГМ (б)

С помощью метода флуоресцентного иммуноцитохимического окрашивания изучены особенности формирования и элиминации прямых и энзиматических ДР ДНК в фибробластах человека, облученных γ -квантами ^{60}Co в дозе 1 Гр в нормальных условиях и в условиях влияния ингибиторов

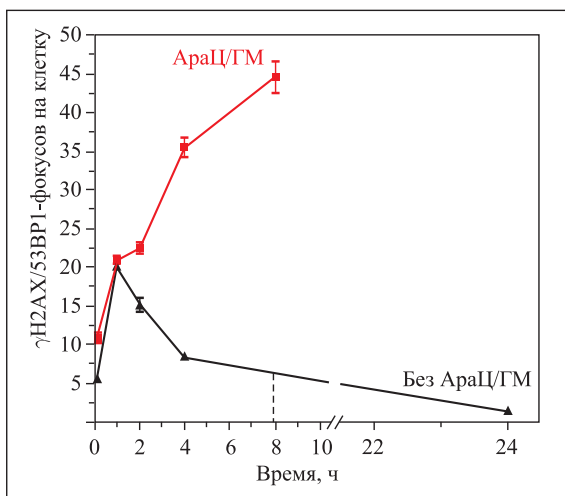


Рис. 6. Кинетика формирования $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов репарации ДНК в ядрах фибробластов человека при действии γ -квантов ^{60}Co в условиях влияния АраЦ и ГМ

репарации АраЦ и ГМ. Показано, что в нормальных условиях максимум выхода радиационно-индуцированных $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов достигается через 1 ч после облучения и через 4 ч большая часть фокусов ($\sim 80\%$) элиминируется. В условиях влияния ингибиторов количество $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов линейно возрастает, что свидетельствует о резко выраженном модифицирующем влиянии ингибиторов репарации ДНК на формирование энзиматических ДР ДНК при действии γ -квантов ^{60}Co (рис. 6).

Проведен качественный анализ морфологических нарушений в нейронах Пуркинье коры мозжечка крыс, легко идентифицируемых без использования специфических морфологических маркеров, благодаря уникальной анатомической организации коры мозжечка [5]. Установлено, что максимальное количество $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов формируется в нейронах Пуркинье через 1 ч после облучения (21 фокус/ядро $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$) и уже через 4 ч число фокусов уменьшается на 50%. Через 24 ч после облучения в ядрах остается только 2,5 фокуса/ядро, что свидетельствует об эффективной репарации ДР ДНК. Показано, что дозовая зависимость частоты образования $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов через 1 ч после облучения γ -квантами ^{60}Co носит линейный характер (рис. 7).

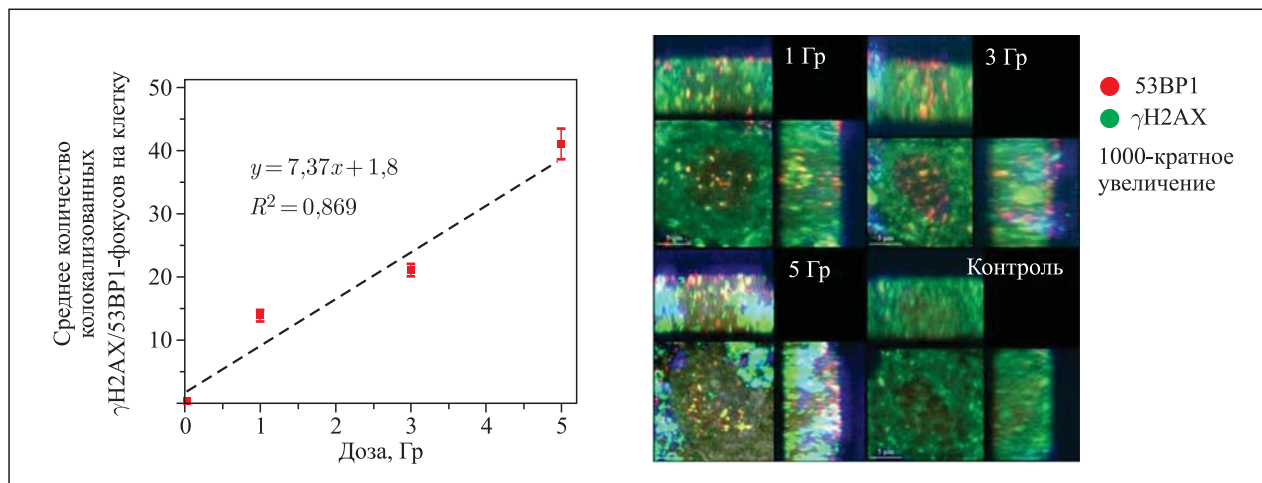


Рис. 7. Дозовая зависимость количества радиационно-индуцированных $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ -фокусов в ядрах клеток Пуркинье через 1 ч после облучения γ -квантами ^{60}Co

Исследована роль радиационно-индуцированных активных форм кислорода (АФК) и активных форм азота (АФА) в индукции хромосомных aberrаций в клетках карциномы молочной железы человека CAL51 в областях больших и малых доз γ -излучения. Традиционно считается, что окислительный и нитрозативный стресс, индуцированный в клетках ионизирующими излучениями, приводит к индукции повреждений ДНК и гибели клеток. Применение антиоксидантов позволяет существенно снизить эти не-

благоприятные последствия. Однако на физиологическом уровне эти соединения выполняют ключевую регуляторную роль. В частности, они активируют целый ряд цитопротекторных механизмов, направленных на восстановление клеточного гомеостаза, и предотвращают, таким образом, развитие окислительного и нитрозативного стресса. Это дает основания предполагать, что в областях больших и малых доз ионизирующих излучений влияние АФК и АФА на выход хромосомных повреждений может

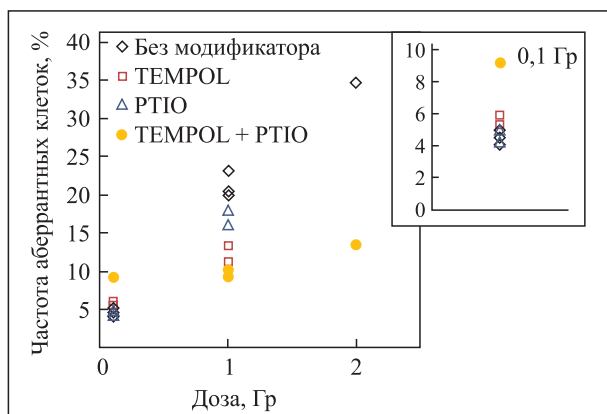


Рис. 8. Влияние подавления выхода АФК (TEMPOL) и АФА (РТЮ) на частоту хромосомных aberrаций в клетках CAL51, индуцированных γ -излучением ^{60}Co

существенно различаться. Для проверки данного предположения был исследован выход хромосомных aberrаций в клетках CAL51 при воздействии γ -излучения в присутствии антиоксиданта TEMPOL и перехватчика оксида азота РТЮ. Аберрации регистрировали анафазным методом. Анализ данных, представленных на рис. 8, позволил заключить, что в области больших доз радикалы кислорода и азота вносят существенный вклад в индукцию хромосомных aberrаций, поскольку нейтрализация радикалов в присутствии TEMPOL и РТЮ приводит к снижению выхода aberrантных клеток, причем их совместное действие демонстрирует синергический эффект. Иная картина наблюдается при дозе 0,1 Гр. Нейтрализация оксида азота не оказывает влияния на выход хромосомных aberrаций, подавление выхода АФК приводит к незначительному увеличению выхода хромосомных aberrаций, а их совместное действие вызывает резкое возрастание поврежденный ДНК. Таким образом, было установлено, что в области малых доз АФК и АФА выполняют защитную функцию и использование антиоксидантов

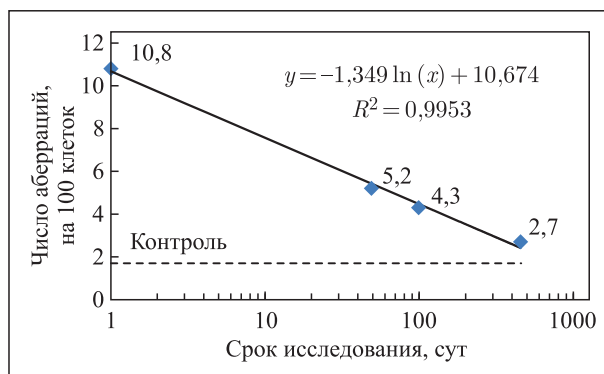


Рис. 9. Динамика общего числа хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови обезьян *Macaca mulatta* после облучения головы протонами с энергией 170 МэВ (3 Гр) и ионами ^{12}C с энергией 500 МэВ/нуклон (1 Гр)

в этом случае может иметь негативные последствия для клетки.

Проведен анализ хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови обезьян *Macaca mulatta* после облучения головы животных протонами с энергией 170 МэВ в дозе 3 Гр (ЛПЭ $\sim 0,53$ кэВ/мкм) и ускоренными ионами углерода ^{12}C с энергией 500 МэВ/нуклон в дозе 1 Гр (ЛПЭ $\sim 10,6$ кэВ/мкм) с интервалом 48 сут [6]. Показано, что число хромосомных aberrаций монотонно снижается на протяжении всего срока исследования (454 сут), причем это снижение хорошо описывается логарифмической функцией (рис. 9). При экстраполяции полученной логарифмической кривой по элиминации хромосомных нарушений на более поздние сроки можно отметить, что она достигнет контрольного уровня примерно через два года после облучения. Кроме того, была получена дозовая зависимость выхода хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови обезьян после облучения образцов крови животных *in vitro* протонами с энергией 170 МэВ.

ФОТОРАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Продолжены исследования по изучению роли глиальных клеток Мюллера (ГКМ) в механизме восстановления сетчатки глаза мышей. Показано, что устойчивость сетчатки после предварительного воздействия ускоренных протонов с энергией 170 МэВ в дозе 1 Гр с последующим цитотоксическим введением метилнитрозомочевины коррелирует со снижением частоты апоптоза фоторецепторов (рис. 10), количества ДР ДНК, экспрессии Caspase-3 и глиолиза ГКМ, что отражает снижение уровня повреждений клеток и их гибели в сетчатке.

Проведена серия совместных экспериментов (ЛРБ ОИЯИ и Софийского университета «Св. Климент Охридски»), показавших, что при полном спрямлении электроретинограммы (ЭРГ) сетчатки глаза мышей после действия видимого света ее функциональная активность восстанавливается через 1–2 ч. Показано, что тотальное облучение ускоренными протонами с энергией 170 МэВ и γ -квантами в дозе 5 Гр вызывает необратимое снижение амплитуд ЭРГ через 8–9 мес. после воздействия (рис. 11).

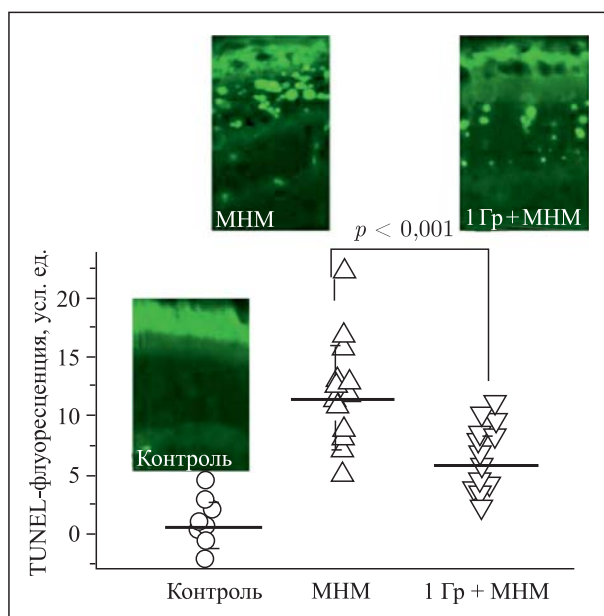


Рис. 10. Интенсивность флуоресценции ядерного слоя фоторецепторных клеток сетчатки глаза мышей в контроле через 48 ч после однократной инъекции 70 мг/кг метилнитрозомочевины (МНМ) и при комбинированном действии ускоренных протонов (1 Гр) и введения МНМ (70 мг/кг)

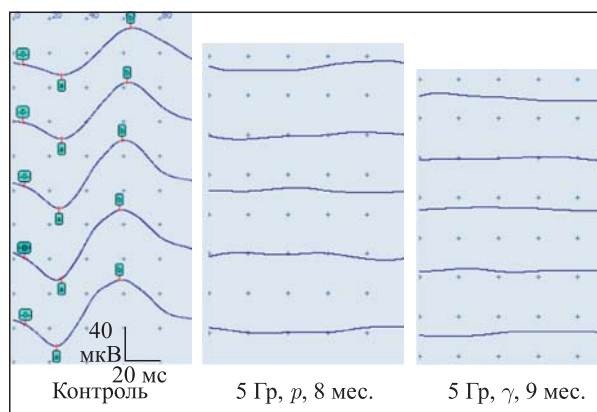


Рис. 11. Изменение ЭРГ сетчатки глаза мышей после тотального облучения мышей протонами и γ -квантами в дозе 5 Гр

РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И НЕЙРОХИМИЯ

Выполнен цикл работ по изучению нейрохимических показателей мозга крыс после воздействия ионизирующих излучений разного качества. С помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии оценено изменение уровней ключевых нейромедиаторов головного мозга — норадреналина, дофамина, серотонина и их метаболитов — у крыс различных возрастных категорий, облученных ионами углерода (^{12}C) с энергией 500 МэВ/нуклон в дозе 1 Гр. Показано, что воздействие тяжелых заряженных частиц индуцирует изменения в работе норадреналинергической, дофаминергической и серотонинергической систем через 30 и 90 сут после облучения. При этом наиболее выраженные различия у облученных и контрольных животных наблюдались в префронтальной коре, прилежащем ядре и гипоталамусе, что указывает на важную роль этих структур в реализации поздних эффектов воздействия радиации на функции центральной нервной системы. По ряду показателей, характеризующих содержание моноаминов и их метаболитов в мозге, отмечено снижение интенсивности временных изменений у облученных крыс в префронтальной коре, гипоталамусе и гиппокампе. На основании полученных результатов сделано предположение об активной реализации компенсаторно-восстановительных механизмов в поздний пострadiационный период,

которые при сравнительно низких значениях линейной передачи энергии (ЛПЭ) частиц (порядка 10 кэВ/мкм) могут приводить к частичному восстановлению нарушенных радиацией функций мозга (рис. 12). При более высоких значениях ЛПЭ компенсаторно-восстановительные процессы реализуются в меньшей степени и функциональные нарушения усиливаются со временем [7].

Проведено сопоставление результатов нейрохимических исследований с показателями поведения животных после облучения. Обнаружено, что наряду с изменениями в метаболизме моноаминов воздействие ионов ^{12}C приводит к модификации двигательной и исследовательской активности животных, а также к изменениям показателей тревожности у облученных крыс (рис. 13) [8].

Выполнено сравнительное исследование влияния ускоренных ионов углерода (500 МэВ/нуклон) и γ -квантов в дозе 1 Гр на динамику возрастных изменений обмена моноаминов. Показано, что влияние γ -излучения на возрастную динамику нейромедиаторного обмена менее существенно по сравнению с ионами ^{12}C . На основании проведенных исследований сделано предположение о том, что в результате воздействия тяжелых ионов более существенные нарушения в работе нейромедиаторных систем приводят к более интенсивной реализации компенсаторно-

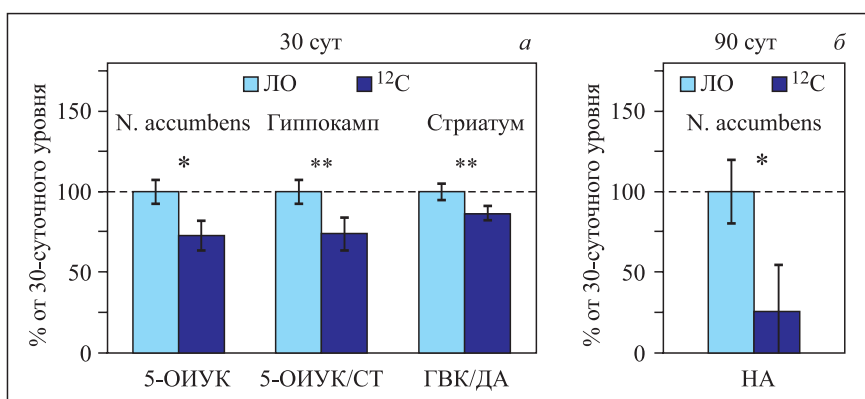


Рис. 12. Динамика изменения метаболизма моноаминов в структурах головного мозга крыс после облучения ускоренными ионами углерода ¹²C с энергией 500 МэВ/нуклон в дозе 1 Гр (\pm SEM; * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,1$, однофакторный дисперсионный анализ). Оценка получена путем сравнения показателей через 30 (a) и 90 (б) сут после облучения: ДА — дофамин; СТ — серотонин; НА — норадреналин; 5-ОИУК — 5-оксииндолуксусная кислота; ГВК — гомованилиновая кислота; ЛО — «ложное облучение» животных, представляющее собой выдерживание контрольных крыс в тех же условиях, что и облученных, но без воздействия радиации

Рис. 13. Влияние ускоренных ионов углерода (¹²C, 500 МэВ/нуклон, 1 Гр) на временную динамику показателей теста «открытое поле»: а) количество пересеченных зон; б) количество поднятий; в) общая двигательная активность как сумма пересечений зон и поднятий; г) количество актов исследования отверстий в полу (\pm SEM; * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,1$ между показателями 30-х и 90-х суток, однофакторный дисперсионный анализ): ЛО — «ложное облучение» животных, представляющее собой выдерживание контрольных крыс в тех же условиях, что и облученных, но без воздействия радиации. В скобках указан возраст животных в исследованные периоды

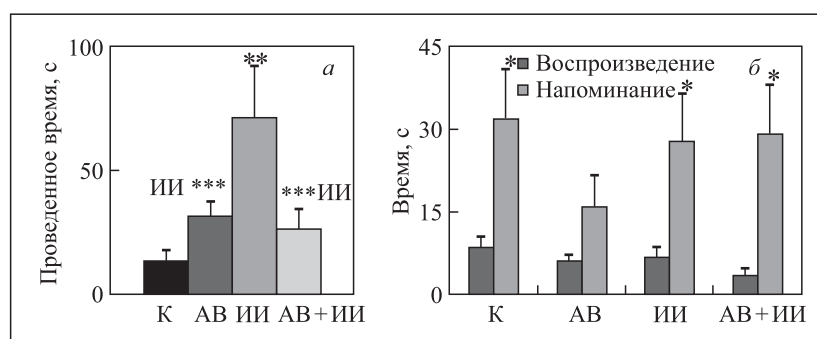
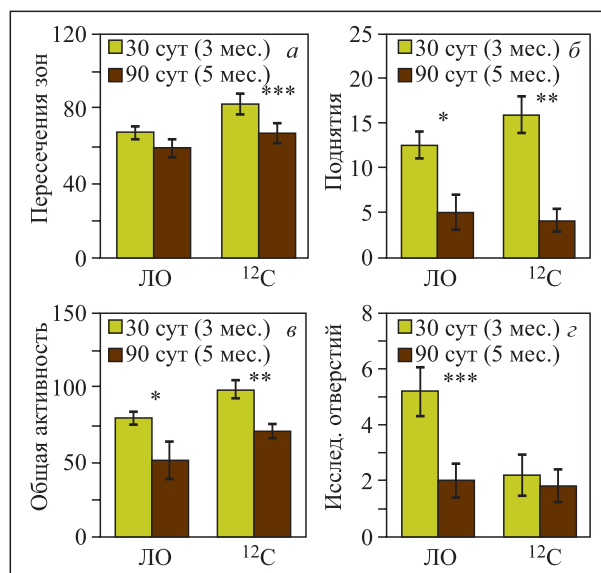


Рис. 14. Влияние комбинированного воздействия факторов космического полета на показатель общего проведенного времени в тесте «приподнятый крестообразный лабиринт» (\pm SEM; ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,05$ по тесту Дункана) (a) и показатели теста «пассивное избегание» (\pm SEM; * — $p < 0,05$ по критерию Стьюдента) (б): К — контрольные животные; АВ — животные, испытывавшие антиортостатическое вывешивание, моделирующее условия невесомости; ИИ — животные, подвергавшиеся воздействию ионизирующих излучений; АВ + ИИ — животные, подвергавшиеся комбинированному воздействию антиортостатического вывешивания и облучения

восстановительных процессов, что может быть причиной модификации нормальной динамики возрастных изменений в исследованный пострадиационный период.

Выполнены работы по моделированию комбинированного воздействия радиационных и нерадиационных факторов космического полета на поведение, когнитивные способности, метаболизм моноаминов и ацетилхолина в ключевых структурах головного мозга крыс [9–11]. Для этой цели исследовалось комбинированное воздействие невесомости, воспроизводимой с помощью антигравитационного вывешивания, и облучения, представленного гамма-излучением и протонами в пике Брэгга. Применение комплексной оценки показателей поведения животных с использованием тестов «открытое поле», «водный лабиринт Морриса», «приподнятый крестообразный лабиринт», «пассивное избегание» показало, что облучение, как независимо от антигравитационного вывешивания, так и в сочетании

с ним, приводило к уменьшению тигмотаксиса у крыс (рис. 14). Снижение способности к обучению, связанное с нарушением рабочей памяти (но не с нарушением пространственной памяти), наблюдалось в ответ на антигравитационное вывешивание и на комбинированное воздействие. Анализ метаболизма моноаминов свидетельствовал о том, что серотонинергическая система является наиболее чувствительной к воспроизведенным в эксперименте факторам космического полета. По сравнению с животными, испытывавшими только антигравитационное вывешивание, у облученных крыс и у животных, подвергавшихся комбинированному воздействию, значительно увеличивалась концентрация ацетилхолина в гиппокампе. В целом результаты проведенного исследования свидетельствуют об антагонистическом влиянии антигравитационного вывешивания и облучения в отношении когнитивных функций и психоэмоционального состояния животных.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

Продолжены работы по моделированию систем репарации генетических повреждений, индуцированных тяжелыми заряженными частицами. Опубликованы результаты математического анализа механизмов регуляции работы репарационных систем в бактериальных клетках и сравнительного анализа их эффективности [12], а также моделирования систем репарации ДР ДНК при действии гамма-излучения, нейтронов и заряженных частиц в широком диапазоне значений ЛПЭ [13].

Продолжены работы по моделированию молекулярных механизмов нарушений структур и функций центральной нервной системы (ЦНС) в результате действия тяжелых заряженных частиц. Исследова-

ние ранних этапов повреждения нервных клеток, вызываемого тяжелыми заряженными частицами высоких энергий, имеет особое значение для объяснения причин более поздних функциональных нарушений в ЦНС. С использованием метода Монте-Карло, реализованного в программном пакете Geant4-DNA, выполнено компьютерное моделирование физико-химических актов взаимодействия заряженных частиц с отдельными нейронами головного мозга и с небольшой нейронной сетью, состоящей из 10 нейронов (рис. 15) [14–16]. Расчеты проведены для протонов, ионов ^{12}C и ^{56}Fe различных энергий в относительно широком диапазоне значений ЛЭП — от единиц до сотен кэВ/мкм. Топология нейронов

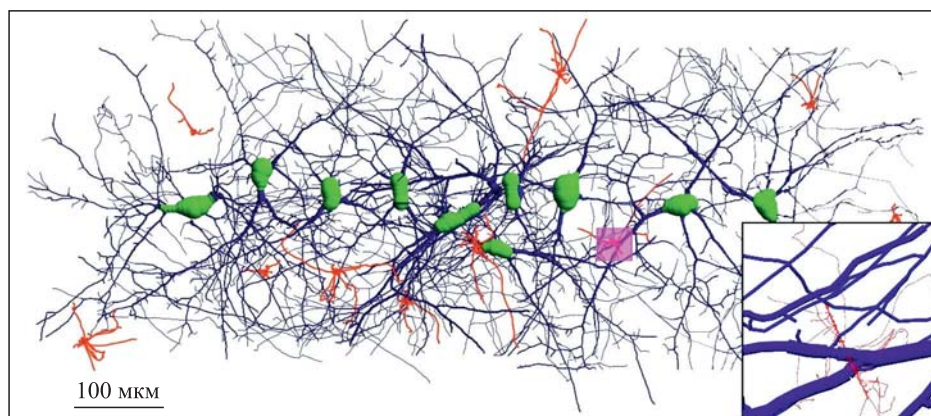


Рис. 15. Пространственная модель нейронной сети из 10 клеток области CA1 гиппокампа, пересекаемой 10 треками ионов ^{56}Fe с энергией 1000 МэВ/нуклон. На панели представлен крупный план области, выделенной фиолетовым цветом. Треки частиц ^{56}Fe показаны красным цветом

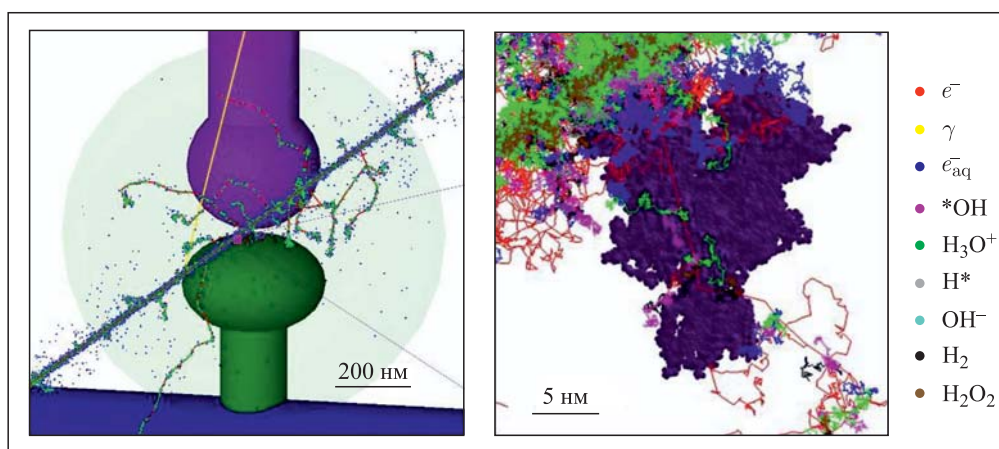


Рис. 16. Физико-химические процессы в структуре трека ионов ^{56}Fe с энергией 100 МэВ/нуклон, проходящих через зону синаптического контакта. Изображены пресинаптический аксон (фиолетовый) и постсинаптический шипик дендритов (зеленый) с рецепторами NMDA и AMPA (фиолетовый и темно-бордовый). Справа приведен увеличенный фрагмент модели рецептора NMDA с сегментами треков вторичных частиц и продуктов радиолитиза воды. Точки разного цвета обозначают пространственную локализацию различных продуктов радиолитиза

и нейронной сети в области CA1 гиппокампа была взята из известных экспериментальных данных, имеющих в базе данных NeuroMorpho.org. Рассчитано пространственное распределение локальной дозы и энергии, переданной заряженными частицами чувствительным структурам нейрона, оценен выход продуктов радиолитиза. Особое внимание уделялось анализу процессов энерговыделения в синаптических контактах (рис. 16). Произведен расчет среднего числа событий энерговыделения в малых чувствительных объемах (359,9 и 429,8 нм³), соответствующих рецепторам NMDA и AMPA (рис. 17, а).

Оценка выхода продуктов радиолитиза воды в нейронах (рис. 17, б) дает основание полагать, что наблюдаемое повышение уровня активных форм ки-

слорода может являться одной из причин окислительного повреждения синаптических структур, нарушающего нормальную передачу нервного импульса между клетками. Результаты моделирования позволяют заключить, что морфология нейронов является важным фактором, определяющим накопление локальной дозы облучения и продуктов радиолитиза воды в клетках.

Для расчета нарушений работы синаптических рецепторов необходимо знать как пространственное распределение повреждений, возникающих после прохождения заряженных частиц, так и временную динамику закрытия и открытия ионного канала полученной структуры в ходе функциональной активности. Для этого использовались методы мо-

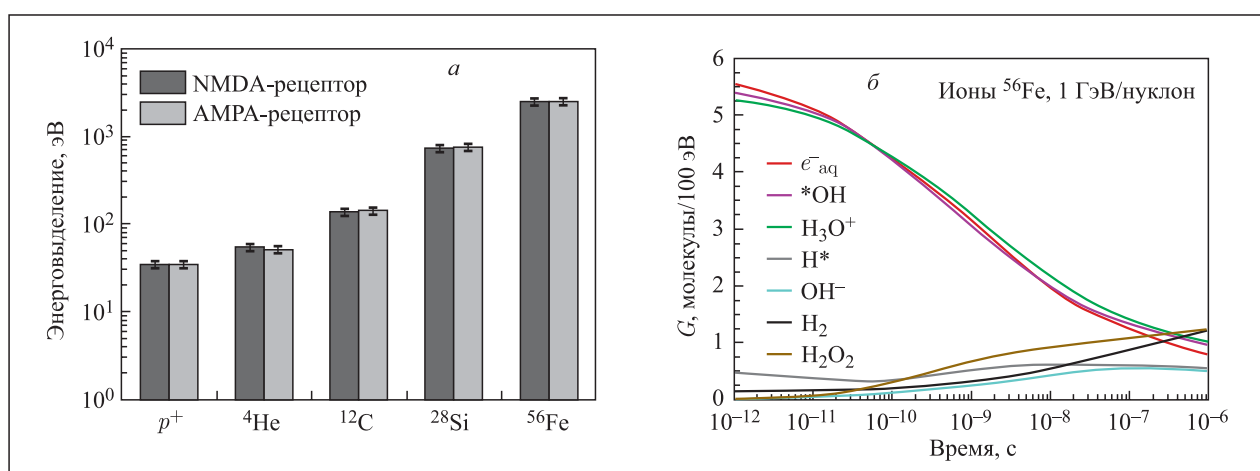


Рис. 17. а) Среднее энерговыделение в структурах синаптических рецепторов NMDA и AMPA при действии 10 000 частиц p^+ , ^4He , ^{12}C , ^{28}Si и ^{56}Fe с кинетической энергией 1 ГэВ/нуклон. б) Выход продуктов радиолитиза воды (G) на 1 нейрон при прохождении через него иона ^{56}Fe с энергией 1 ГэВ/нуклон. Выбранный диапазон времени соответствует химической стадии эволюции трека частицы

лекулярной динамики [17]. Модель глутаматного рецептора NMDA взята из базы PDB (структура 4TLM). Отдельные участки системы были восстановлены программой MODELLER и выровнены пакетом VMD. Программой HOLE производились вычисления изменений радиуса ионного канала. Получен-

ные результаты дают возможность произвести теоретический расчет радиационных повреждений рецепторов и оценить соответствующие изменения синтаптической передачи, что необходимо для анализа нарушений нейрофизиологической активности нейронных сетей.

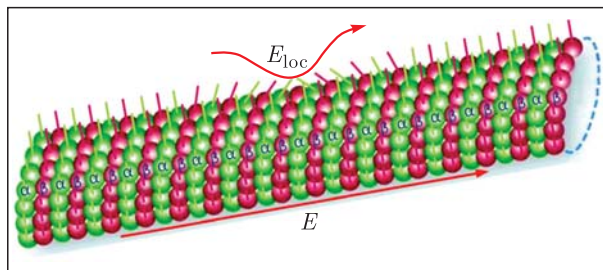


Рис. 18. Схема сегнетоэлектрической модели микротрубочки в виде слоя жидких кристаллов, свернутого в цилиндр. Концы карбоксильных групп обозначены стержнями. Микротрубочка образует гигантский диполь с внутренним электрическим полем E . Локализованная сигнальная волна обозначена сопутствующим полем E_{loc}

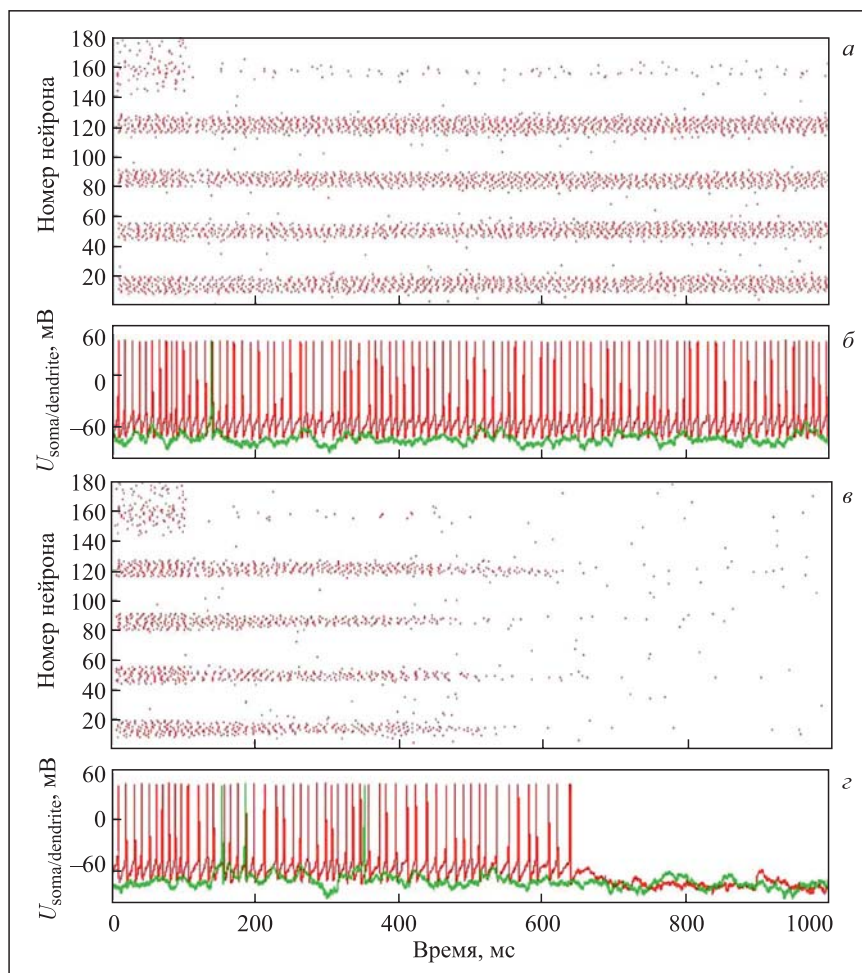


Рис. 19. Расчет генерации паттернов из импульсов потенциала действия в ходе функционирования рабочей памяти: а) растрограмма, показывающая координату и время генерации импульсов (точки); б) временная динамика потенциала действия U на соме (красная кривая) и дендритах (зеленая кривая) отдельного нейрона; в, г) графики соответствуют изменению параметров нейронной сети после облучения ионами ^{56}Fe с энергией 600 МэВ/нуклон в дозе 0,3 Гр

Предложена модель транспорта внутриклеточных сигналов вдоль микротрубочек аксонов нервных клеток (рис. 18) [18–20]. Для описания динамики остова использована модель квазиодномерной нелинейной цепочки, а для колебаний концов из карбоксильных групп (C-termini), расположенных на поверхности микротрубочки, использована аналогия с жидкими кристаллами — смектиками. Для рассматриваемых степеней свободы получены и проанализированы нелинейные решения типа кинков и бризеров с определением характерных параметров и скорости распространения. Проведен расчет устойчивости полученных решений. Проанализировано влияние белков, ассоциированных с микротрубочками (Microtubule-Associated Protein, MAP), в частности тау-белка, а также влияние модификации концевых карбоксильных групп на распространение сигнала. Полученные результаты проясняют возможные механизмы деградации цитоскелета и нарушения внутриклеточной сигнализации в результате радиационного или химического воздействия.

Разработка математических моделей нейронных сетей и структур — крайне важная задача при анализе нейрорадиобиологических эффектов ускоренных заряженных частиц. Рассмотрена динамика пространственно-временных структур нейронов в области префронтальной коры в ходе реализации работы рабочей памяти [21]. Предложенная биофизическая модель представляет собой нейронную сеть из 36 интернейронов и 144 пирамидальных нейронов, соединенных между собой возбуждающими и тормозными синапсами. Для каждого нейрона учи-

тывается его морфология, включающая сому и дендритное дерево с соответствующим распределением ионных каналов. При поступлении информации о некотором объекте в моделируемой области мозга возникают пространственно-упорядоченные структуры с высокой активностью клеток (рис. 19).

Модель учитывает радиационно-индуцированные изменения числа синаптических рецепторов, проводимости ионных каналов, полученные на основе экспериментальных данных. В ходе расчетов выявлен порог на поглощенную дозу облучения, выше которого происходит потеря устойчивости специфичных для данной нейронной сети пространственно-временных структур.

Разработана модель популяции нейронов области гиппокампа СА3 с учетом мембранных свойств и пространственной геометрии синаптических контактов [22]. Важной особенностью является детальный учет пространственной структуры каждого отдельного нейрона, содержащей до 19 сегментов, что открывает перспективы для последующего развития нейрорадиобиологических аспектов модели с использованием методов микродозиметрии для оценки энерговыделения в треках заряженных частиц различных энергий. Как в изолированных нейронах, так и в их популяции потенциал действия генерируется в режиме берстов, частота которых увеличивается с ростом внешнего стимула. Данная модель в дальнейшем послужит основой для более детального анализа электрофизиологической активности нейронов гиппокампа и радиационно-индуцированных нарушений пространственной памяти.

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены два радиобиологических сеанса на циклотроне МЦ-400 ЛЯР (23 и 24 января на ядрах ^{11}B с энергией 36 МэВ/нуклон и 30 марта на ядрах ^{20}Ne с энергией 50 МэВ/нуклон). Выполнено тестирование спектрометра $\Delta E-E$ для контроля зарядового состава пучков ионов на облучательной установке ЛРБ «Геном-М».

Продолжены работы по прогнозированию радиационной обстановки при работе комплекса НИСА по разовым заявкам (активация обдирочной мишени, расчет уровней дозы вблизи транспортного канала бустер–нуклотрон, оценка дозовых нагрузок на электронику, установленную в районе арок у внешней стены каньона коллайдера, облучение и активация резонаторов ВЧ-системы, анализ возможности использования железокобальтового сплава сердечников ВЧ и т. д.). Следующими важными этапами работ по проблемам радиационной безопасности на комплексе являются расчет верхней защиты туннеля ну-

клотрона и оценка вклада эксперимента VM@N в корп. 205 на радиационную обстановку на прилегающей территории.

Совместно с сотрудниками Медико-технического комплекса (МТК) ЛЯП ОИЯИ в главном зале фазотрона организовано опорное поле вторичных нейтронов из углеродного поглотителя МТК для длительного фракционного (квазихронического) облучения лабораторных животных и проведены первые облучения мышей. Компонентный и спектральный состав поля был рассчитан с помощью МК-программы транспорта излучений в веществе MCNPX.

В 2016 г. на экспериментальном стенде ДАН с участием сотрудников ИКИ РАН (Москва) выполнен большой объем работы по испытаниям на модели планетарного грунта космической аппаратуры будущих миссий «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс», Veri-Colombo, «ЭкзоМарс».

ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЕ И В БЛИЖАЙШЕМ КОСМОСЕ

Продолжены исследования синтеза пребиотических соединений из формамида под действием радиации с использованием метеоритов в качестве катализаторов процесса. Опубликованы материалы по облучению атомами бора [23]. Проведено повторное облучение смеси формамида с различными образцами метеоритов ускоренными протонами с энергией 170 МэВ. Использован альтернативный способ анализа образцов — рамановская спектроскопия. В эксперименте исследовалось 18 образцов метеоритного вещества и земных минералов (мете-

ориты: Campo del Sielo, Canyon Diablo, Sikhote-Alin, Seymchan, NWA4482, NWA2828, Gold Basin, Dhofar 959, NWA1465, NWA5357, Al Haggounia, Chelyabinsk, минералы: ковеллин (CuS), халькопирит (CuFeS₂), монтмориллонит (KSF), монтмориллонит КР-30, пилларированный алюминием монтмориллонит) в смеси с формамидом. Данная работа проведена в коллаборации с коллегами из лаборатории биофотоники Института электроники Болгарской академии наук. Исследование проводилось при помощи рамановского микроскопа inVia Qontor

Результаты облучения смеси «формамид + метеорит/минерал», полученные с помощью рамановской спектроскопии

Перечень обнаруженных нуклеиновых оснований и нуклеозидов				
Uracil	Cytosin	Гипоксантин	Аденин	Гуанин
4,6-DHP	Mannose	2,6-Diaminopurine	Orotic acid	Isocytosine
Thymine	Yhymidine	2'-Deoxyribose	Ribose	Adenosine
Glucose	Galactose	3(OH)pyridine	Uridine	Cytidine

фирмы Renishaw на базе факультета нано- и биомедицинских технологий Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского. Предварительные результаты свидетельствуют о присутствии в реакционной смеси нуклеиновых оснований и нуклеозидов (таблица).

Проведены эксперименты по синтезу нуклеозидов, компонентов ДНК и РНК, при облучении смеси «нуклеиновое основание + сахар» ускоренными протонами с энергией 170 МэВ. В качестве сахаров использовалась рибоза и 2-дезоксирибоза. Проведено облучение смеси «нуклеозид + фосфатная группа» аналогичным излучением для установления возможного синтеза нуклеотидов, которые служат основой для построения ДНК и РНК.

Анализ результатов проводится в г. Витербо (Италия). По предварительным результатам можно с точностью сказать, что при облучении смеси «аденин + дезоксирибоза» (рис. 20), помимо других молекул, был получен дезоксиаденозин и полирибозилированный аденозин (рис. 21).

Совместно с коллегами из Палеонтологического института им. А. А. Борисяка РАН проведены бактериально-палеонтологические исследования. Все бактериально-палеонтологические исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе CamScan-4 с микроанализатором Link-860, на сканирующем электронном микроскопе системы Zeiss EVO 50 с рентгеновским микроанализатором INCA Oxford 350 и TESCAN VEGA II ZMU фирмы TESCAN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 450. Исследовались только свежие сколы пород (как

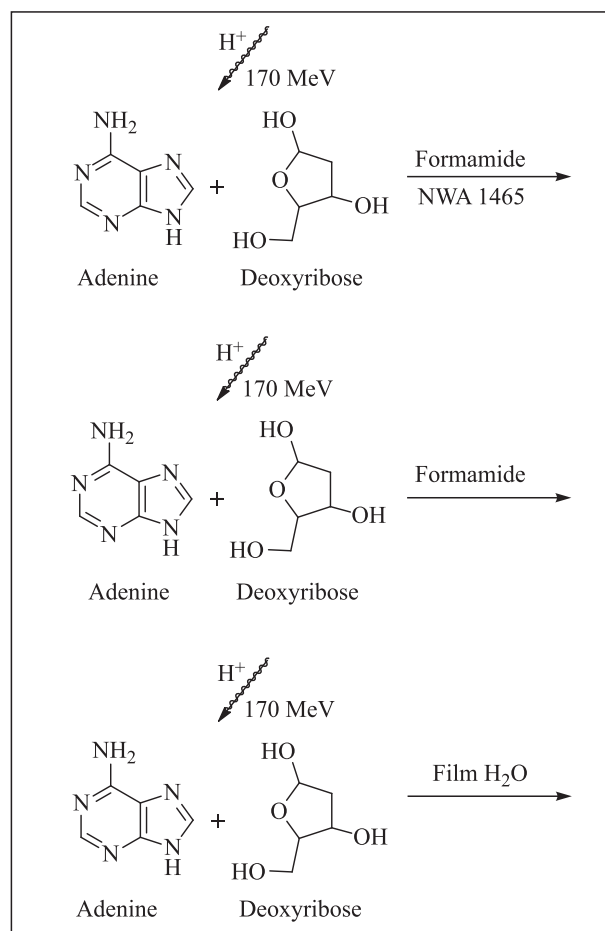


Рис. 20. Схема реакций облучения смеси аденина с дезоксирибозой

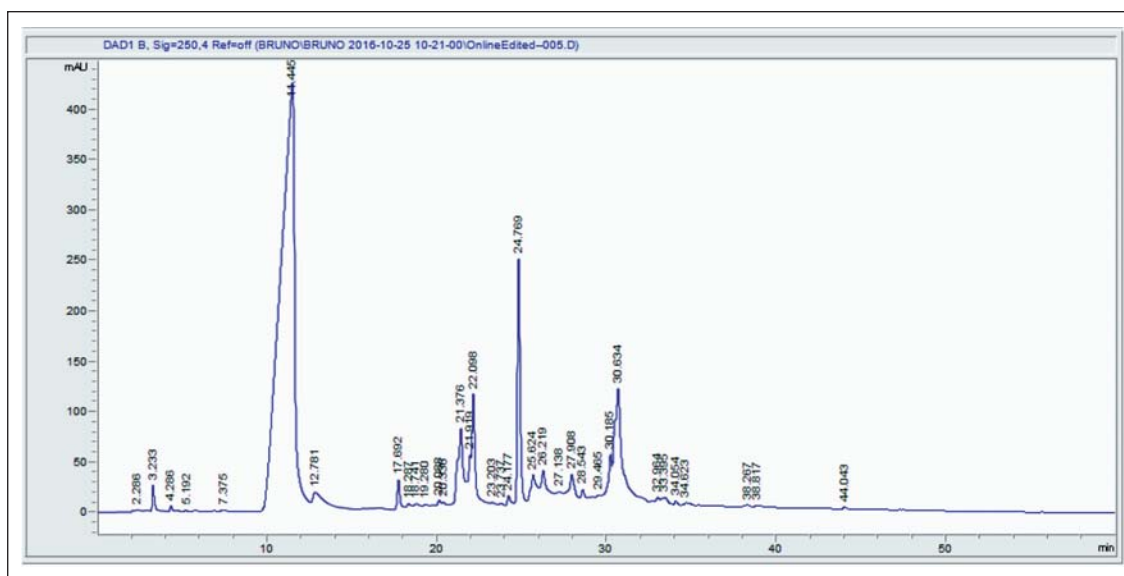


Рис. 21. Масс-спектр, полученный с помощью жидкостной хроматографии при высоком давлении (HPLC), для облученной смеси «аденин + дезоксирибоза + формамид + NWA 1465»

древних, так и современных), иногда слегка протравленные кислотами. Следует отметить, что во всех случаях речь идет не о фоссилизированных микроорганизмах и псевдоморфозах, а о собственно микроорганизмах.

Продолжены исследования архейских и раннепротерозойских железистых кварцитов Карелии, Кольского полуострова и Курской магнитной аномалии (КМА) [24–27] (рис. 22), получены новые дан-

ные по биогенному происхождению минералов, рассмотрена роль жизни в концентрации полезных ископаемых на Земле, изучались вопросы, касающиеся заселения микроорганизмами лавовых потоков [28], а также колонизации суши [29, 30].

В раннепротерозойских железистых кварцитах КМА (Лебединский рудник, лимонит-мартиновые руды и полосчатые железистые кварциты Коробковского месторождения) были обнаружены фосси-

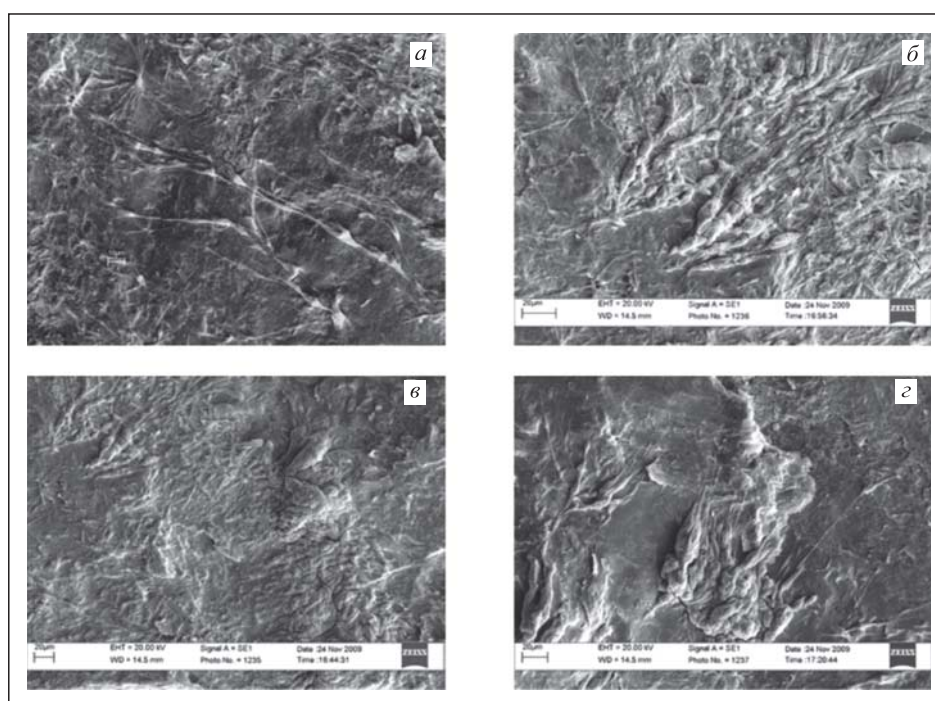


Рис. 22. Высокоорганизованные фоссилизированные водорослевидные формы *Gazavazinia antiqua* Rozanov et Astafieva, 2013 (Имандра-Варзуга, PR₁, 2,45 млрд лет): а–в) видны обильно разветвленные главные стволы (диаметром около 10 мкм) и разветвленные боковые ветви (диаметром около 5 мкм); з) уплощенные округло-овальные основания, или нащепки (размер превышает 50 мкм), посредством которых водоросли прикреплялись к субстрату

зированные цианобактерии, представленные трихомами, объединенными единым чехлом [24]. Захоронены ископаемые *in situ*. Морфологически они близки современным представителям рода *Microcoleus*.

В полосчатых железистых кварцитах возрастом 2,7–2,8 млрд лет (AR) из месторождений Карелии и Кольского полуострова обнаружены микрофоссилии предположительно бактериального происхождения [27]. На основании результатов определения содержания органического углерода и балансовых расчетов установлено, что формирование исследованных железистых кварцитов архея происходило в среде, обогащенной органическим веществом. Сравнительный анализ морфологии современных и неоархейских микроорганизмов позволяет предположить бактериальное происхождение некоторого количества магнетита в изученных кварцитах.

КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

В течение 2016 г. сотрудники лаборатории приняли участие в 14 научных конференциях в России и 9 конференциях, проходивших в различных странах мира.

Совместно с Научным советом по радиобиологии РАН, Научным советом по астробиологии при Президиуме РАН проведена трехдневная конференция «Актуальные проблемы радиобиологии и астробиологии. Генетические и эпигенетические эффекты ионизирующих излучений». В ее работе приняли участие около 100 ученых из институтов и научных организаций России, Италии и США. В программу конференции входило обсуждение актуальных проблем космической радиобиологии, астробиологии, радиационной генетики, молекулярной и клеточной радиобиологии, данных о механизмах формирования генетических и эпигенетических изменений в геноме.

Продолжался учебный процесс на кафедре биофизики университета «Дубна». В настоящее время на кафедре обучается 34 студента и 7 аспирантов. Обучение идет по трем направлениям и уровням подготовки: бакалавров направления «Ядерная физика и технологии» (профиль «Радиационная безопасность

Результаты исследования микрофоссилий свидетельствуют о том, что в образовании осадочных раннепротерозойских железистых кварцитов КМА значительную роль играл биогенный фактор. Это было подтверждено нахождением в образцах ископаемых цианобактерий и обильного гликокаликса. Из этого следует, что осаждение железистых кварцитов осадочного типа происходило в условиях фотической зоны, т. е. на мелководье, и содержание O_2 в атмосфере было довольно значительным.

В раннедокембрийских кейвских парасланцах Кольского полуострова были обнаружены нанобактерии, захороненные *in situ*. Предполагается, что присутствие нанобактерий свидетельствует об участии биологического фактора в формировании вмещающих пород, наличие биопленок и нанобактерий также предполагает условия внешней среды, неблагоприятные для жизни бактерий.

человека и окружающей среды»); магистров направления «Физика» (магистерская программа «Радиационная биофизика и астробиология»); кадров высшей квалификации — в аспирантуре «Радиобиология». В 2016 г. на кафедру было принято 8 студентов по направлению подготовки бакалавров и 5 студентов продолжили свое обучение в магистратуре. Шесть студентов успешно закончили обучение и получили диплом магистра по направлению «Физика» (магистерская программа «Радиационная биофизика и астробиология»).

В 2016 г. младший научный сотрудник ЛРБ ОИЯИ Ю. В. Виноградова защитила кандидатскую диссертацию по теме «Исследование повреждения и процессов восстановления сетчатки глаза мышей после облучения ускоренными протонами и действия метилнитрозомочевины» и была награждена свидетельством лауреата премии губернатора Московской области в сфере науки и инноваций для молодых ученых и специалистов за работу «Исследование структурного и функционального восстановления сетчатки глаза мышей после ретиноксического воздействия ионизирующим излучением и алкилирующими агентами».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zadneprianets M., Boreyko A. V., Bulanova T., Falk M., Falková I., Davidkova M., Ježková L., Kozubek S., Krasavin E. A., Kruglyakova E., Smirnova E., Valentová O. Spatiotemporal Analysis of γ H2AX/53BP1 Foci after High- and Low-LET Irradiation // Book of Abstr. of the 42nd Ann. Meeting of the Eur. Radiation Research Society (ERRS 2016), Amsterdam, Netherlands, Sept. 4–8, 2016. P. 107.
2. Круглякова Е. А., Борейко А. В., Буланова Т. С., Заднепрянец М. Г., Йежкова Л., Смирнова Е. В. Влияние качества излучения на формирование повреждений ДНК и клеточных реакций в фибробластах

- человека // V ежегод. конф. молодых ученых и специалистов «Алушта-2016», Россия, 2016; <http://indico.jinr.ru/contributionDisplay.py?contribId=54&sessionId=10&confId=89>.
3. *Заднепрянец М. Г., Борейко А. В., Буланова Т. С., Йежкова Л., Красавин Е. А., Круглякова Е. А., Смирнова Е. В.* Пространственно-временной анализ γ H2AX/53BP1 фокусов в треках ускоренных ионов // Сб. тез. VII Междунар. шк. молодых ученых по молекулярной генетике «Геномика и биология живых систем», Звенигород, Россия, 14–18 ноября 2016 г. С. 31.
 4. *Dubničková M., Kuzmina E. A., Chausov V. N., Ravnachka I., Boreyko A. V., Krasavin E. A.* The Effects of Lipid A on Gamma-Irradiated Human Peripheral Blood Lymphocytes *in vitro* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2016. V. 13. P. 274.
 5. *Bulanova T. S., Jezkova L., Kruglyakova E. A., Zadneprianeц M. G., Smirnova E. V., Boreyko A. V.* Formation and Repair of DNA Double-Strand Breaks in Brain Cells of Sprague-Dawley Rats after ^{60}Co γ -rays Irradiation // Phys. Part. Nucl. Lett. 2017. Special issue (submitted).
 6. *Blaha P., Koshlan I. V., Koshlan N. A., Govorun R. D., Elsha D. V., Bogdanova J. V., Krasavin E. A.* HPRT Mutant Induction and Analysis in V79 Cells after Exposure to Ionizing Radiation with Different Qualities // Book of Abstr. of the 62nd Radiation Research Society Meeting, Kona, Hawaii, USA, Oct. 16–19, 2016. P. 258.
 7. *Belov O., Belokopytova K., Bazyan A., Kudrin V., Narkevich V., Ivanov A., Severiukhin Yu., Timoshenko G., Krasavin E.* Exposure to ^{12}C Particles Alters the Normal Dynamics of Brain Monoamine Metabolism and Behaviour in Rats // Physica Medica, Eur. J. Med. Phys. 2016. V. 32, No. 9. P. 1088–1094.
 8. *Белокопытова К. В., Белов О. В., Кудрин В. С., Наркевич В. Б., Красавин Е. А., Тимошенко Г. Н., Базян А. С.* Динамика обмена моноаминов в структурах головного мозга крыс в поздние сроки после облучения ускоренными ионами углерода // Нейрохимия. 2016. Т. 33, №2. С. 147–155.
 9. *Kokhan V. S., Matveeva M. I., Bazyan A. S., Kudrin V. S., Mukhametov A., Shtemberg A. S.* Combined Effects of Antiorthostatic Suspension and Ionizing Radiation on the Behaviour and Neurotransmitters Changes in Different Brain Structures of Rats // Behavioural Brain Res. 2016. V. 320. P. 473–483; <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2016.10.032>.
 10. *Kokhan V. S., Matveeva M. I., Mukhametov A., Shtemberg A. S.* Risk of Defeats in the Central Nervous System During Deep Space Missions // Neurosci. Biobehav. Rev. 2016. V. 71. P. 621–632.
 11. *Базян А. С.* Мотивационные и эмоциональные состояния: структурные, системные, нейрохимические, молекулярные и клеточные механизмы // Успехи физиол. наук. 2016. Т. 47, № 1. С. 15–33.
 12. *Bugay A. N., Vasilyeva M. A., Parkhomenko A. Yu., Krasavin E. A.* Mathematical Analysis of Regulatory Networks and Damage Repair Efficiency in Bacterial Cells // Genetics, Evolution and Radiation (Crossing Borders, The Interdisciplinary Legacy of Nikolay W. Timofeeff-Ressovsky) / Eds.: V. L. Korogodina, C. E. Mothersill, S. G. Inge-Vechtomov, C. B. Seymour. Springer Intern. Publ. AG, 2016. P. 175–186.
 13. *Fourie H., Slabbert J. P., Belov O. V., Newman R., Panina M. S., Rossouw N.* Estimating the Effectiveness of High LET Radiations to Induce Damage to DNA in Human Lymphocytes and Modelling the Repair Thereof // Physica Medica. 2016. V. 32. P. 155; <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2016.07.051>.
 14. *Bayarchimeg L., Belov O. V., Batmunkh M., Lkhagva O.* Modeling of Synaptic Receptors under Irradiation with Charged Particles // Mongol. J. Phys. 2016 (in press); <http://mnglps.mn/index.php/en/>.
 15. *Belov O. V., Batmunkh M., Incerti S., Lkhagva O.* Radiation Damage to Neuronal Cells: Simulating the Energy Deposition and Water Radiolysis in a Small Neural Network // Physica Medica. 2016. V. 32. P. 1510–1520.
 16. *Batmunkh M., Belov O. V., Bayarchimeg L., Lkhagva O.* Radiation Effects in the Central Nervous System: Simulation Technique and Practical Applications // Mongol. J. Phys. 2016 (in press); <http://mnglps.mn/index.php/en/>.
 17. *Душанов Э.* Динамика ионного канала ионотропных рецепторов глутамата в процессах синаптической передачи // Тез. докл. XXIII Междунар. конф. «Математика. Компьютер. Образование», Дубна, 25–30 янв. 2016 г. С. 69.
 18. *Sekulic D. L., Sataric B. M., Zdravkovic S., Bugay A. N., Sataric M. V.* Nonlinear Dynamics of C-Terminal Tails in Cellular Microtubules // Chaos. 2016. V. 26. P. 073119.
 19. *Zdravkovic S., Zekovic S., Bugay A. N., Sataric M. V.* Localized Modulated Waves and Longitudinal Model of Microtubules // Appl. Math. Comput. 2016. V. 285. P. 248–259.
 20. *Zdravkovic S., Bugay A. N.* Why Are Biological Systems Nonlinear? // Nonlin. Phenomena in Complex Systems. 2016. V. 19, No. 1. P. 71–79.
 21. *Bugay A. N.* Radiation Induced Dysfunction in the Working Memory Performance Studied by Neural Network Modeling // Book of Abstr. of Belgrade BioInform. Conf. June 20–24, 2016. P. 50.
 22. *Батова А. С., Бугай А. Н., Пархоменко А. Ю.* Подходы к математическому моделированию электрофизиологической активности нейронов гиппокампа // Новости ОИЯИ. 2016. № 3. С. 26–29.
 23. *Saladino R., Carota E., Botta G., Kapralov M. I., Timoshenko G. N., Rozanov A. Yu., Krasavin E. A., Di Mauro E.* First Evidence on the Role of Heavy Ion Irradiation of Meteorites and Formamide in the Origin of Biomolecules // Origins of Life and Evolution of Biospheres. 2016. P. 1–7.
 24. *Розанов А. Ю., Астафьева М. М., Зайцева Л. В., Алфимова Н. А., Фелицын С. Б.* Цианобактерии(?) в железистых кварцитах Курской магнитной аномалии // ДАН. 2016. Т. 470, № 3. С. 1–3.
 25. *Астафьева М. М.* Древнейшие коры выветривания и проблема бактериальной колонизации суши // Палеонтология. Стратиграфия. Астробиология. К 80-летию А. Ю. Розанова. М.: ПИН РАН, 2016. С. 31–43.
 26. *Астафьева М. М.* Новые результаты бактериально-палеонтологических исследований // 100-летие Па-

- леонтологического общества России. Проблемы и перспективы палеонтологических исследований: Материалы LXII сессии Палеонтол. о-ва. СПб., 2016. С. 17–18.
27. *Астафьева М.М.* Первые результаты бактериально-палеонтологического изучения раннедокембрийских железистых кварцитов Карелии и Кольского полуострова // Сб. материалов «Актуальные проблемы радиобиологии и астробиологии. Генетические и эпигенетические эффекты ионизирующих излучений», Дубна, 9–11 ноября 2016 г. С. 91–93.
28. *Астафьева М.М.* Ранняя Земля: лавовые потоки и возможность жизни // Коллоквиум «Земля на ранних этапах развития Солнечной планетной системы», ГАИШ МГУ, 28–30 ноября 2016 г.
29. *Астафьева М.М.* Колонизация суши // 2-я Всерос. конф. по астробиологии. Жизнь во Вселенной: физические, химические и биологические аспекты, Пущино, Россия, 5–9 июня 2016 г. С. 39–40.
30. *Астафьева М.М.* Ранняя колонизация суши микроорганизмами // Материалы II Всерос. палеонтол. конф. «Водоросли в эволюции биосферы». 2016. С. 19–22.



УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Для УНЦ ОИЯИ 2016 год юбилейный: 25 лет назад для реализации образовательной программы ОИЯИ был образован Учебно-научный центр.

Международная студенческая практика.

161 представитель Азербайджана, Белоруссии, Египта, Кубы, Польши, Румынии, Сербии, Словакии, Чехии и ЮАР участвовал в трех этапах практики 2016 г. (рис. 1 и 2).

Первый этап практики стартовал 23 мая. Традиционно в работе первого этапа принимают участие представители Египта. 28 студентов, аспирантов и молодых ученых из 16 университетов и научно-исследовательских центров Египта прошли национальный отборочный конкурс. На участие в практике было подано более 100 заявок.

Второй этап практики начался 4 июля. На три недели приезжали 34 студента из Польши, 23 — из Чехии, 20 — из Румынии, 9 — из Словакии, 2 — из Азербайджана. Этот этап всегда отличался большим количеством участников, однако в 2016 г. количество желающих принять участие в практике оказалось рекордным — 88 студентов прошли отборочные конкурсы в своих странах.

Участниками заключительного, третьего, этапа практики 5–23 сентября стали 27 студентов из ЮАР,

10 — из Белоруссии, три сербских и два кубинских студента.

В программу практики традиционно были включены лекции о направлениях исследований лабораторий ОИЯИ, экскурсии на базовые установки, но основное время было отведено выполнению учебно-исследовательских проектов. База учебно-исследовательских проектов на сайте УНЦ (<http://uc.jinr.ru>) содержит 61 проект. Для первого этапа практики сотрудники лабораторий подготовили 32 проекта, для второго этапа — 42, для третьего этапа — 39. В последний день практики участники представили отчеты-презентации о выполненной работе.

Египетские студенты стали участниками вечера, проведенного в университете «Дубна». Для студентов второго этапа был организован пикник на острове Липня. Практиканты третьего этапа побывали в Москве и Твери, а также стали участниками нового мероприятия — в визит-центре ОИЯИ было организовано «Международное утро». Оно включало лекцию об истории России, рассказ о Дубне, а также доклады участников об истории и традициях их стран, знакомство с национальными костюмами и кухней.

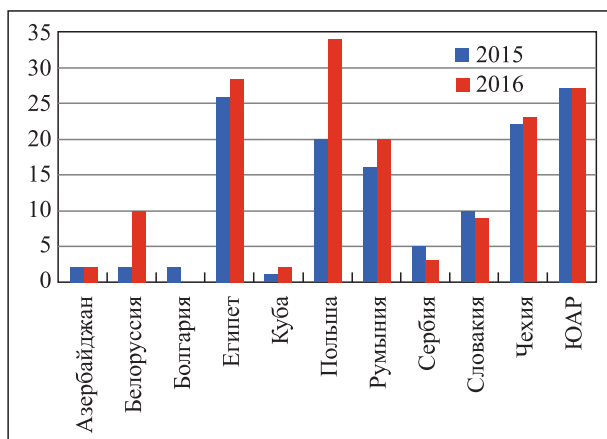


Рис. 1. Количество участников практики в 2015–2016 гг.

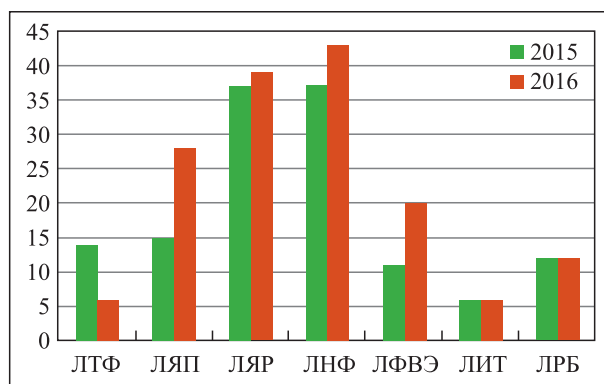


Рис. 2. Количество участников практики, выполнявших учебно-исследовательские проекты в лабораториях ОИЯИ в 2015–2016 гг.

Образовательный процесс на базе ОИЯИ. 440 студентов базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИФИ, университета «Дубна» и университетов стран-участниц проходили обучение в Учебно-научном центре в 2016 г.

Летние учебные и производственные практики были организованы для 238 студентов из вузов Армении, Белоруссии, Грузии, Монголии и РФ. Среди вузов РФ — МГУ, МФТИ, МИФИ, МИСиС, Воронежский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, Тверской государственный технический университет, Томский политехнический университет, Южно-Российский политехнический государственный университет. Студенты базовых кафедр университета «Дубна» составили основную часть проходивших практику. Для прохождения практики студенты были прикреплены к лабораториям ОИЯИ, наибольшее количество их было в ЛФВЭ — 81 человек, в ЛИТ — 44 и в ЛРБ — 35.

Для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в 2016 г. к ОИЯИ прикреплены 19 соискателей из РФ, Грузии и Казахстана, 11 из них выбрали научный профиль «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

На сайте УНЦ (<http://uc.jinr.ru/>) содержится база учебных курсов, читаемых на базовых кафедрах МГУ, МФТИ и государственного университета «Дубна» по разделам: физика частиц и квантовая теория поля, ядерная физика, конденсированные среды, физика наноструктур и нейтронная физика, физические установки, информационные технологии, математическая и статистическая физика. Учебные курсы представлены 124 курсами лекций.

Инженерно-физический практикум для практической подготовки инженеров-ускорительщиков и физиков-экспериментаторов — новое направление деятельности УНЦ — в настоящее время включает лабораторные работы по вакуумной и СВЧ-технике, электронике и прецизионной лазерной метрологии. Готовятся работы по ядерной физике, автоматизации и детекторам частиц. После ввода в эксплуатацию ускорителя электронов Линак-800 часть этих работ можно будет выполнять непосредственно на пучках ускорителя.

Новые студенческие программы. В летней студенческой программе 2016 г. участвовали 39 студентов и аспирантов из МГУ, МФТИ, МИФИ, вузов Санкт-Петербурга (СПбГУ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Университета ИТМО), государственного университета «Дубна», вузов Белоруссии, Египта, Казахстана, Кубы, Польши, Румынии, ЮАР. Студенты и аспиранты в течение 6–8 недель с июня по октябрь выполняли учебно-исследовательские проекты в лабораториях Института.

Международные научные школы для учителей физики в ОИЯИ. 19–25 июня в Дубне проходила очередная школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ. Ее участниками стали 26 преподавателей и 8 учащихся из Болгарии, РФ и Украины. Российские учителя и ученики приехали из Вологодской, Московской, Ростовской, Самарской, Свердловской, Тамбовской, Челябинской обл., Крыма, Ненецкого АО, Татарстана и Чувашии.

В третий раз с 26 июня по 1 июля проводилась школа для 20 учителей из Москвы и Подмосковья при финансовом участии Московского городского дома учителя.

В программы школ, с учетом пожеланий участников, были включены научно-популярные лекции ведущих специалистов ОИЯИ, экскурсии на базовые установки ОИЯИ, знакомство с опытом проектной работы в учебно-физическом практикуме УНЦ и «домашнее задание» для школьников. Старшеклассники представили доклады на научном семинаре. Для учителей был запланирован круглый стол «Современные проблемы физики и методика преподавания физики в школе».

С 30 октября по 6 ноября девятый раз в ЦЕРН проходила научная школа для учителей физики из государств-членов ОИЯИ, организованная ЦЕРН и ОИЯИ при финансовой поддержке Центра национального интеллектуального резерва МГУ. В ее работе принимали участие 46 преподавателей физики из Армении, Казахстана, Молдавии, РФ и Украины. РФ представляли учителя из Москвы и области, Санкт-Петербурга, Архангельской, Вологодской, Иркутской, Кировской, Курганской, Курской, Липецкой, Новосибирской, Псковской, Самарской, Свердловской, Тамбовской, Томской, Челябинской обл., а также из Башкирии, Татарстана и Чувашии.

В программу школы были включены лекции, посещения экспериментальных установок, встречи с физиками в рабочей и неформальной обстановке, экскурсии.

Дни физики. 27–29 марта в Дубне проводились Дни физики, организованные в рамках празднования 60-летия ОИЯИ. Организаторы — УНЦ ОИЯИ и межшкольный физико-математический факультатив. В третий раз любители физики разных возрастов познакомились с увлекательными физическими экспериментами, самостоятельно ставили научные опыты, наблюдали опыты с жидким азотом, любители математики решали задачи и головоломки, участвовали в математических боях. В мероприятиях Дней физики принимали участие школьники из Дубны, Дмитровского р-на Московской обл., Москвы, Санкт-Петербурга и гимназии Отто Вихтерле из Остравы (Чешская Республика).

В рамках Дней физики состоялся 5-й турнир по робототехнике Открытой Верхне-Волжской образовательной кибернетической сети (ОВВОКС). Турнир

был организован ОИЯИ, Межрегиональной компьютерной школой, Институтом прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН и ОВВОКС.

Видеоконференции. Учебно-научный центр ОИЯИ организует и оказывает содействие в проведении видеоконференций, а также осуществляет видеотрансляции через систему управления видеоконференций ОИЯИ. В 2016 г. состоялись следующие видеоконференции:

- видеомосты заседаний объединенного семинара «Физика на ЛНС»;
- видеоконференция для школьников 5-х, 7-9-х и 11-х классов московской школы № 1386;
- видеоконференция «Объединенный институт ядерных исследований: коллаборация NICA, важнейшие открытия последних лет» для учащихся образовательных учреждений Троицкого и Новомосковского административных округов г. Москвы;
- видеолекции цикла «Элементы релятивистской квантовой теории поля» А. Хведелидзе для студентов МИФИ;
- виртуальная экскурсия на эксперимент CMS (ЦЕРН) в Универсальной библиотеке ОИЯИ им. Д. И. Блохинцева;
- видеоконференция, познакомившая учащихся школы № 185 г. Москвы с создаваемым в ОИЯИ ускорительным комплексом NICA и работой Медико-технического комплекса ЛЯП.

Всероссийский фестиваль НАУКА 0+. На VI Всероссийском фестивале НАУКА 0+, проходившем 7–9 октября в Москве, ОИЯИ был представлен на двух площадках, где были развернуты экспозиции об основных направлениях исследований и флагманских проектах лабораторий Института. Посетители всех возрастов имели возможность участвовать в экспериментах по физике и химии, в конкурсах и мастер-классах по робототехнике, познакомиться с естественными науками с помощью интерактивной техники, развивающих программ и игр.

Организация визитов. В программы ознакомительных визитов для учащихся из Балашихи, Великого Новгорода, Дубны, Москвы, Мичуринска Тамбовской обл., Смоленска, Санкт-Петербурга, Твери, школы им. Д. Ф. Кеннеди (Берлин) входили лекции об ОИЯИ, экскурсии на базовые установки, работа в школьном физическом практикуме УНЦ, научно-популярные опыты и посещение просветительского центра им. А. Н. Сисакяна. Студенты

МГТУ им. Н. Э. Баумана совершили экскурсию на ИБР-2. Для детей из городского лагеря «Лето» была организована демонстрация опытов с жидким азотом.

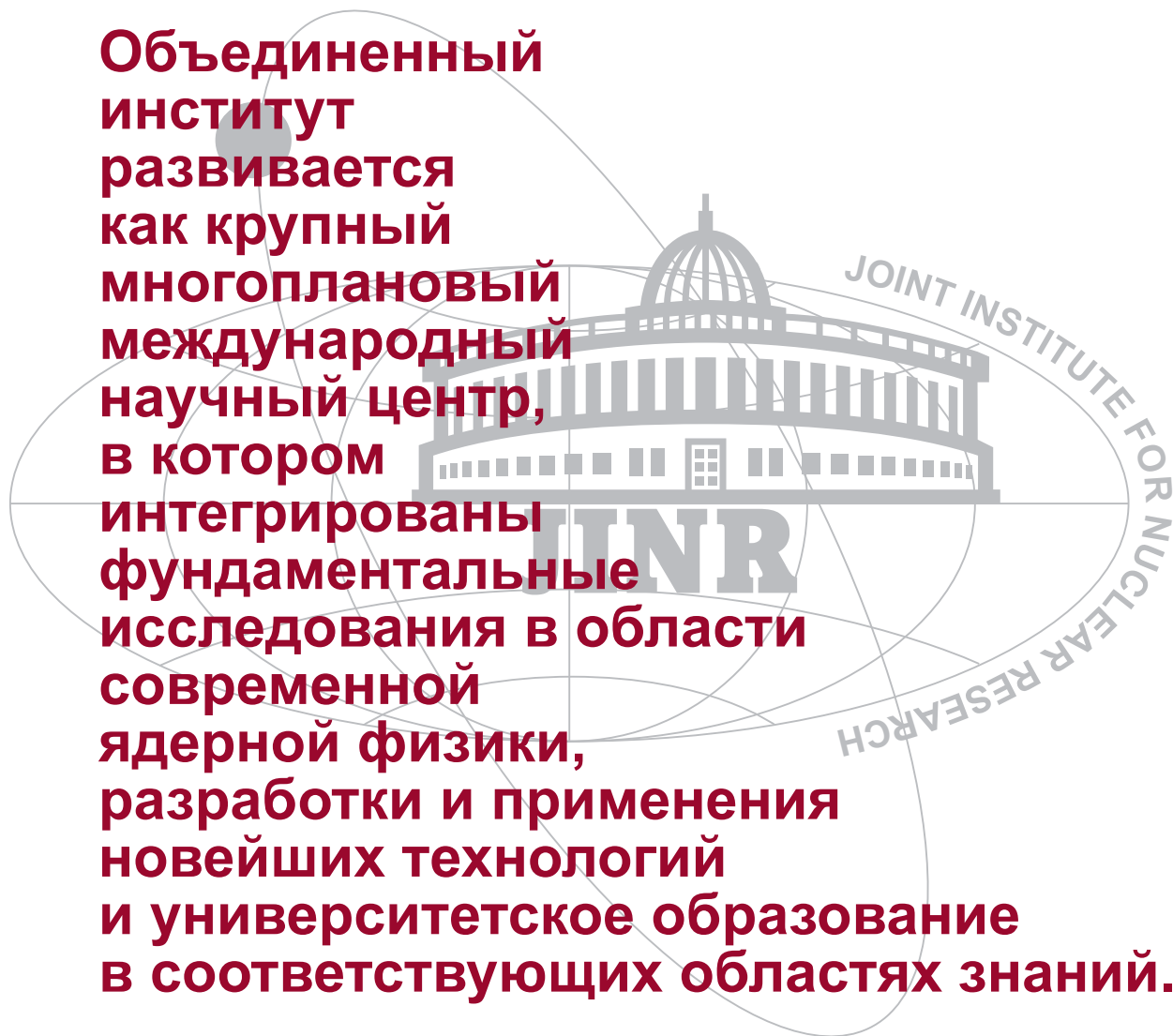
Работа со школьниками. В учебное время для 33 дубненских школьников старших классов два раза в неделю проводились занятия по физике, включавшие лабораторные работы в учебно-физическом практикуме УНЦ, а также лекции для подготовки к сдаче ЕГЭ.

Для учащихся 1–11-х классов при УНЦ ОИЯИ начал работать Центр дополнительного образования школьников ПРИМЕР для расширения и дополнения программ межшкольного факультатива ОИЯИ. Для учащихся организованы кружки, проекты и консультации по математике, информатике, робототехнике и естествознанию, помощь в подготовке к итоговой аттестации.

О подготовке и повышении квалификации рабочих, ИТР и служащих. На курсах по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Ростехнадзору, обучены 89 сотрудников ОИЯИ и 20 представителей дубненских организаций. 91 сотрудник ОИЯИ обучен на курсах, организованных в Институте, и аттестован в Центральной аттестационной комиссии ОИЯИ. В 2016 г. организована аттестация в Территориальной аттестационной комиссии Ростехнадзора 22 руководящих работников и специалистов Института по нормативным правовым актам и нормативно-техническим документам, устанавливающим требования промышленной безопасности в различных отраслях надзора. 430 сотрудников ОИЯИ прошли обучение и аттестацию в Центральной аттестационной комиссии ОИЯИ по новым «Правилам по охране труда при работе на высоте». Для 160 человек было организовано обучение по охране труда, проведена проверка знаний руководителей и членов комиссий структурных подразделений Института. 33 руководителя и специалиста Института подготовлены по программе «Пожарно-технический минимум». Для 10 учащихся МОПЭК и МОАТТ была организована производственная практика в ОИЯИ.

На языковых курсах в УНЦ обучался 151 сотрудник ОИЯИ: в группах английского языка — 105 человек, французского — 22, немецкого — 15, в группе русского языка для иностранных специалистов — 9.

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.





Юбилейный семинар, посвященный 60-летию Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 25 мая.
Участники юбилейного семинара, посвященного 60-летию лаборатории





Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 3 марта.
Семинар памяти академика Д. В. Ширкова

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 18–30 июля. Участники летней школы «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков» (SFHQ-2016)





Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 9–24 апреля. Участники 20-го рабочего совещания «Теория нуклеации и ее применения»

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 29 августа – 10 сентября. Гельмгольцевская международная летняя школа «Космология, струны и новая физика»





Дубна, 16 февраля. Подписание контракта на изготовление сверхпроводящего соленоида для магнита NICA/MPD между ОИЯИ и компанией «ASG Superconductors» (Генуя, Италия)

Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина, 26 февраля.
Торжественный митинг и возложение цветов к мемориальной доске академику А. М. Балдину

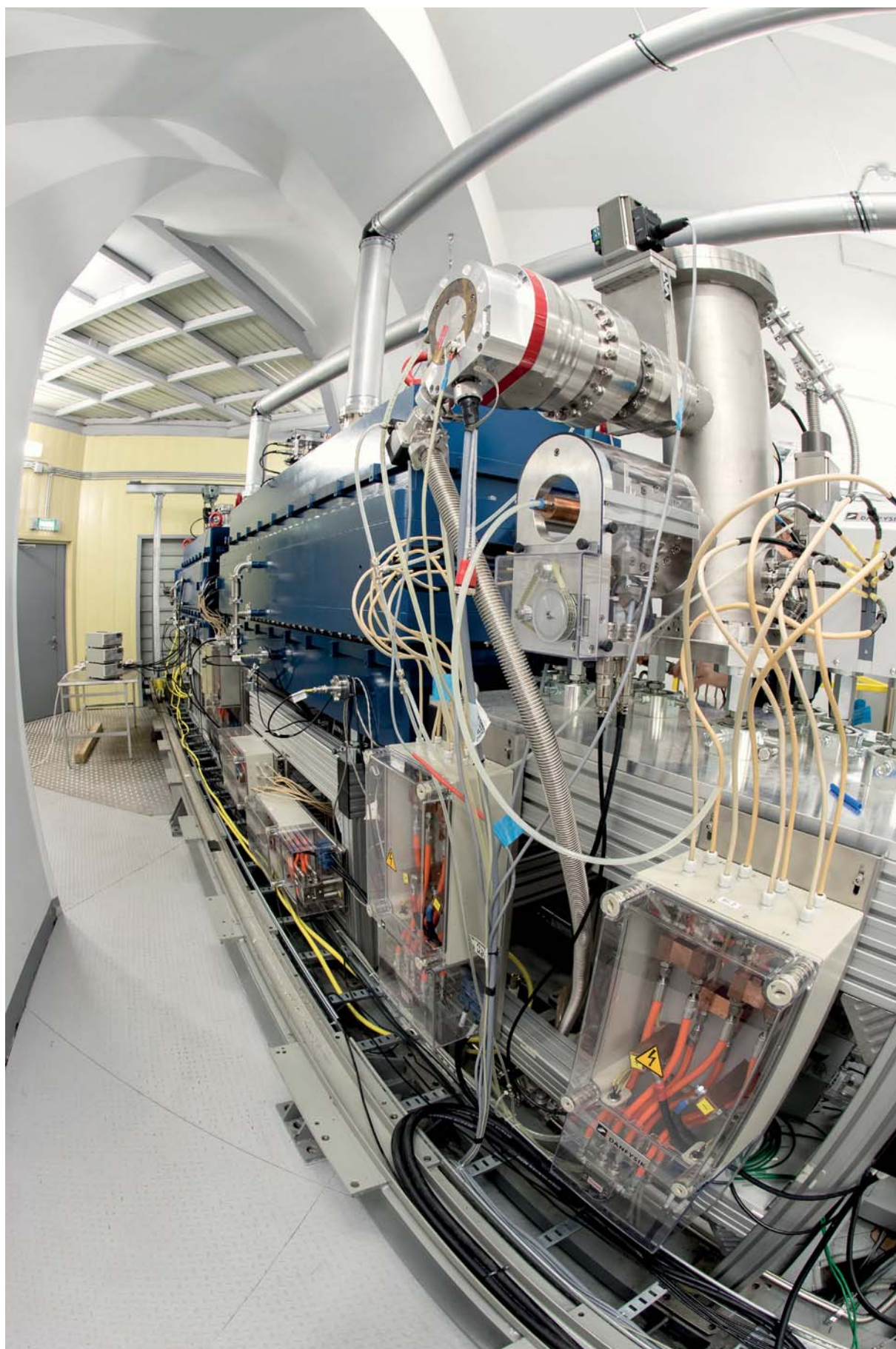




Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, май.
Участники работ по вводу в эксплуатацию нового линейного ускорителя дейтронов и легких ионов для строящегося коллайдера NICA

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 20 апреля.
Группа иностранных журналистов, посетивших ОИЯИ в рамках международного проекта CREMLIN





Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина.
Линейный ускоритель тяжелых ионов создаваемого коллайдера NICA



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 19–24 сентября. Участники 23-го Международного Балдинского семинара по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика»

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина. Строительная площадка комплекса NICA





Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 28 ноября. Официальная церемония ввода в эксплуатацию высокотехнологичной линии по сборке и испытаниям сверхпроводящих магнитов

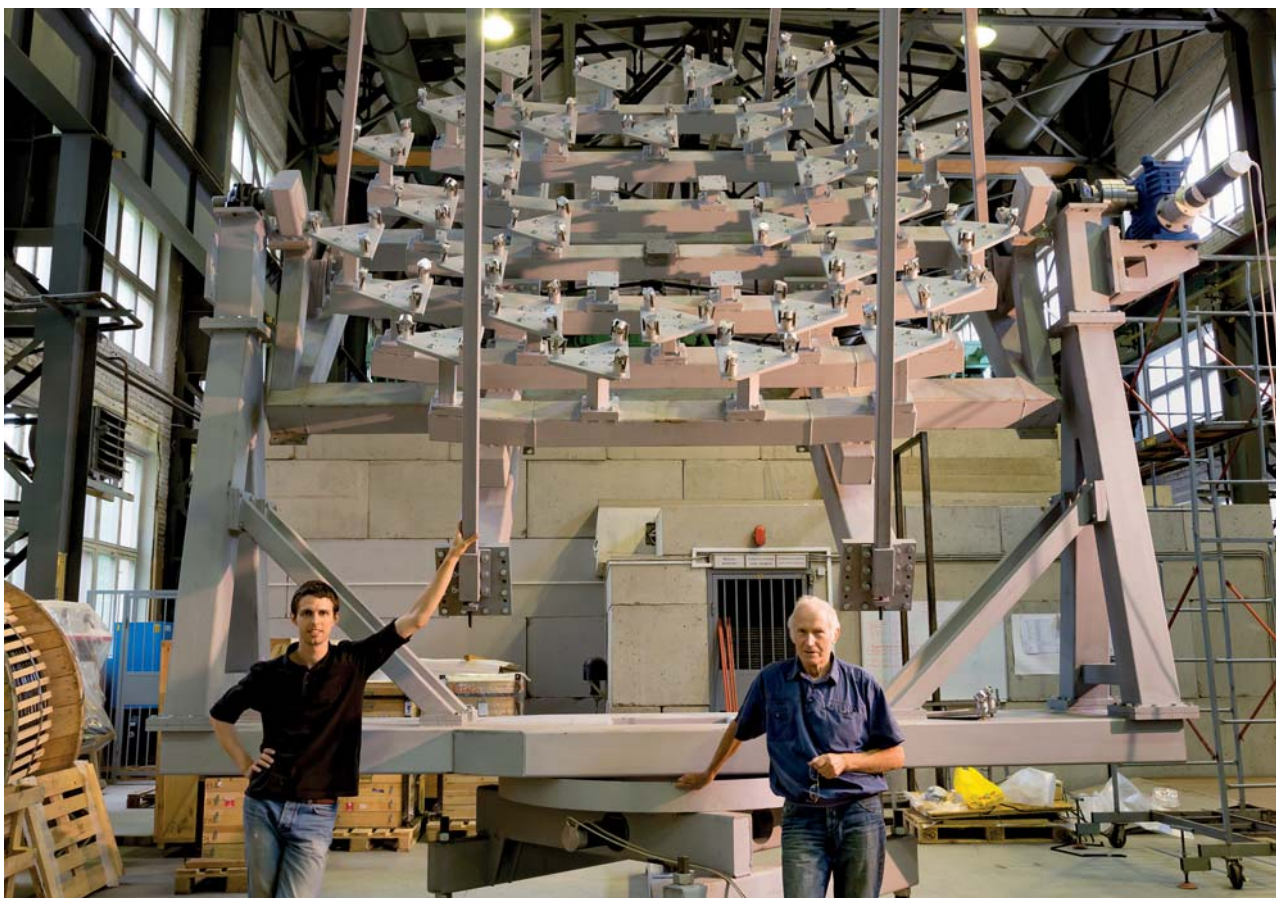
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина.
Технологический участок производства сверхпроводящих магнитов проекта NICA

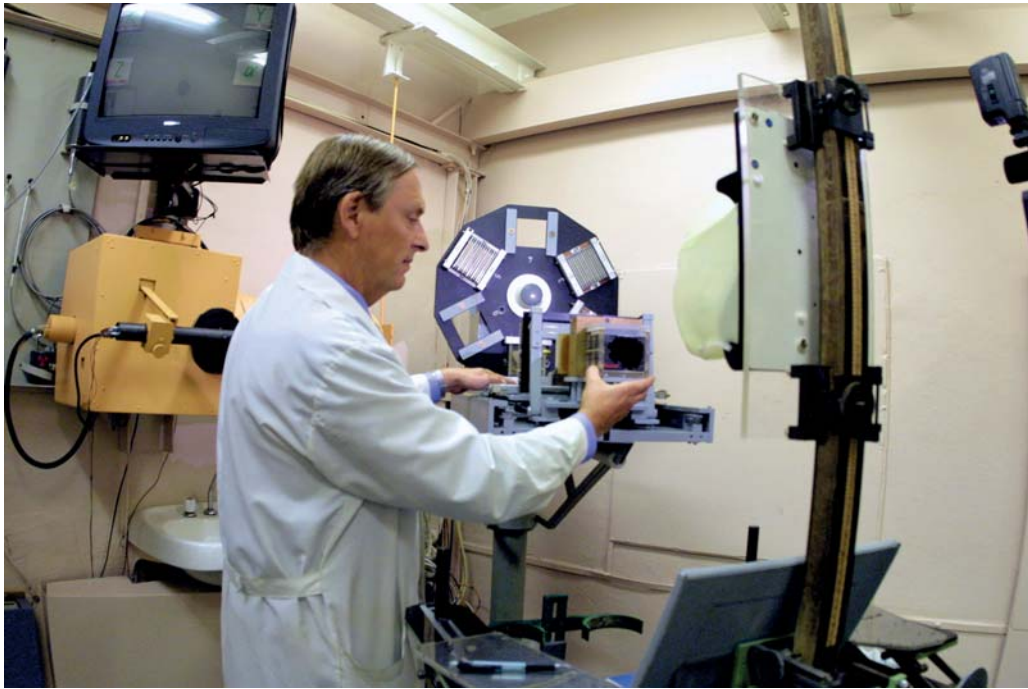




Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова, 18–20 февраля. Участники расширенного рабочего совещания по проекту «xFitter»

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова, июль. Руководитель работ по эксперименту «Тайга» в ОИЯИ Л. Г. Ткачев (справа) и студент-дипломник университета «Дубна» Я. Сагань





Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Дзелепова.
Медико-технический комплекс ОИЯИ для проведения сеансов протонной терапии

Дубна, 4–25 июля. Участники второго этапа международной студенческой практики ОИЯИ





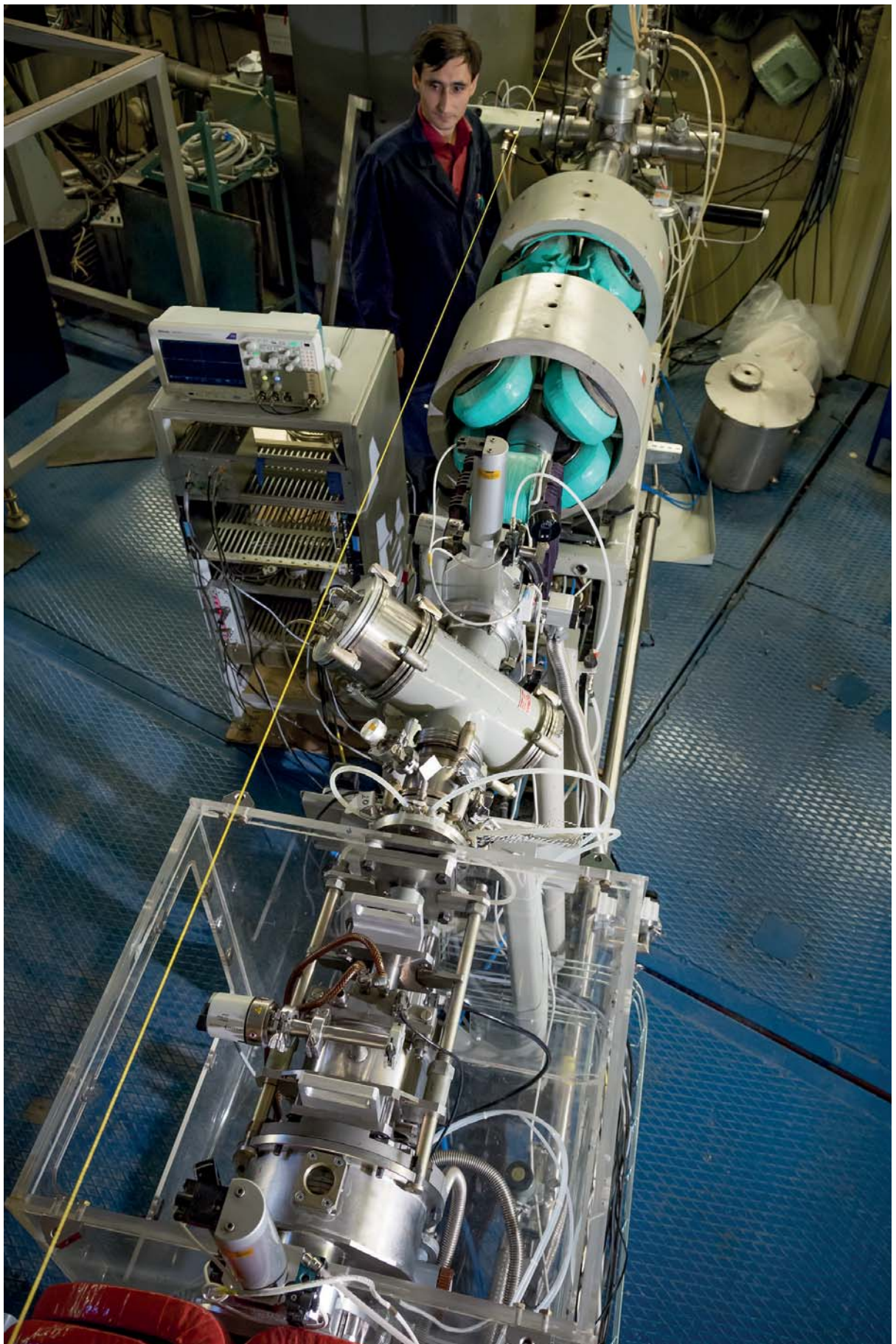
Лаборатория тестирования фотодетекторов



Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова. Строительство фабрики сверхтяжелых элементов

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, 15 сентября.
Работы по монтажу магнита циклотрона ДЦ-280 в здании фабрики сверхтяжелых элементов





Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова. Дубненский газонаполненный сепаратор ядер отдачи

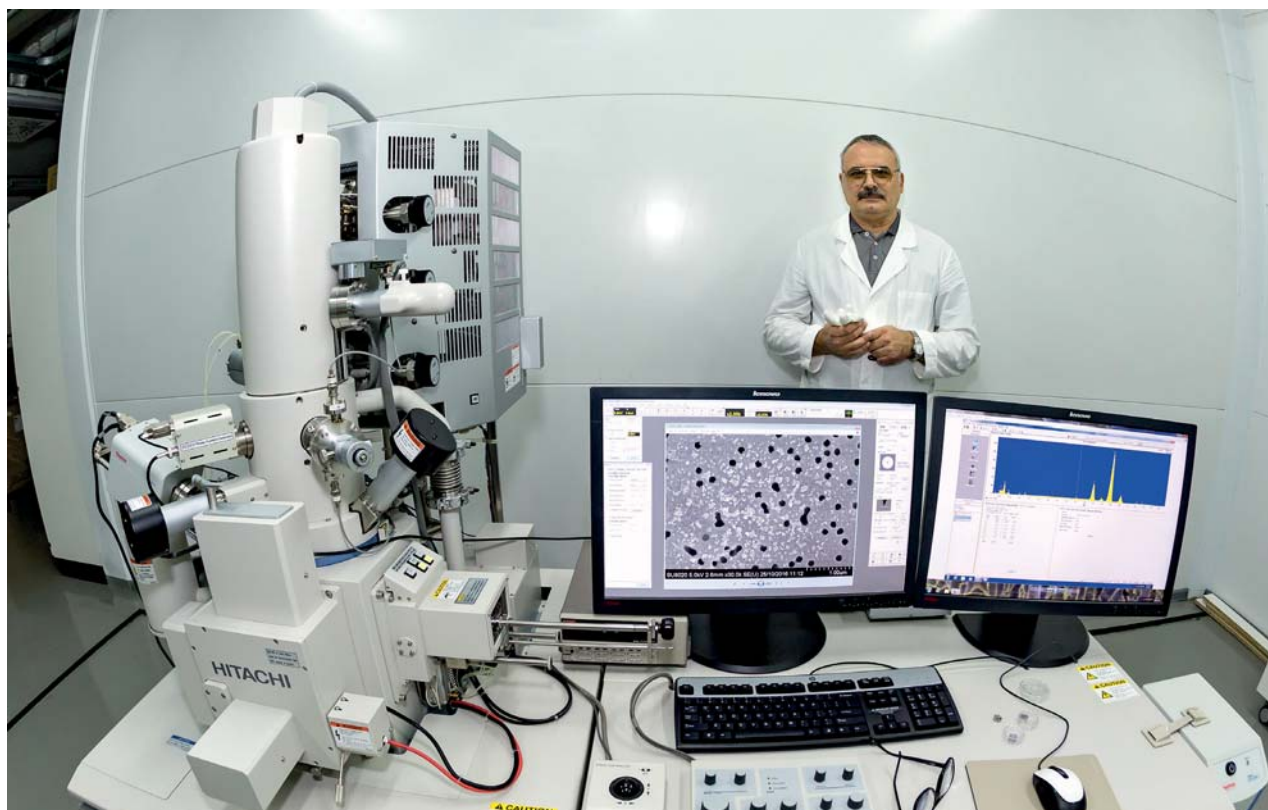


Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Сканирующий зондовый микроскоп для профилометрических измерений NTEGRA Spectra



Казань (Россия), 5–10 сентября. Руководство Казанского федерального университета и представители ОИЯИ на международном симпозиуме «EXON'2016»

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова.
Растровый электронный микроскоп «Hitachi» SU8020





Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, 12 декабря. Пресс-конференция, посвященная присвоению названий новым элементам Периодической системы элементов Д.И. Менделеева

Новая карта химических элементов

Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева
D.I. Mendeleev's Periodic Table of Elements

Лантаноиды Lanthanides

Актиноиды Actinides

Н-Символ/symbol
 Z-Атомный номер/Atomic number
 E-Энергетический потенциал/ Electron configuration
 T-Температура кипения/boiling temperature, °C
 B-Температура плавления/melting temperature, °C
 ρ-Плотность/ Density, kg/m³
 I-Ионизирующий потенциал/ ionizing potential, eV

■ ЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ■ АЛКАЛИИ ■ ГЕЛЛИИ

■ ЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ■ АЛКАЛИИ ■ ГЕЛЛИИ

Nihonium 113(Nh)
 Discovered at RIKEN in 2003

Flerovium 114(Fl)
 Discovered at JINR in 1999

Moscovium 115(Mc)
 Discovered at JINR in 2003

Livermorium 116(Lv)
 Discovered at JINR in 2000

Tennessine 117(Ts)
 Discovered at JINR in 2009

Oganesson 118(Og)
 Discovered at JINR in 2001



Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 17 октября. Семинар, посвященный 80-летию юбилею Е. П. Шабалина

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 6–9 июня.
Участники 3-й Международной конференции по малоугловому рассеянию нейтронов (YuMO-2016)





Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка. Нейтронный спектрометр неупругого рассеяния (НЕРА)



Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка. Микроспектрометр КАРС

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 23 июня.
Участники сессии ПКК по ядерной физике на экскурсии в лаборатории





Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 7–11 ноября. Международная молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок»





Дубна, 16 сентября. Торжественное заседание, посвященное 50-летию со дня основания
Лаборатории информационных технологий ОИЯИ. Вручение праздничного торта

Лаборатория информационных технологий, 4–9 июля. 7-я Международная
конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании»





Лаборатория информационных технологий. Центр управления многофункциональным информационно-вычислительным комплексом ОИЯИ

Дубна, 24–28 октября. 7-я школа ОИЯИ–ЦЕРН по информационным технологиям «Грид и административно-управленческие системы ЦЕРН»

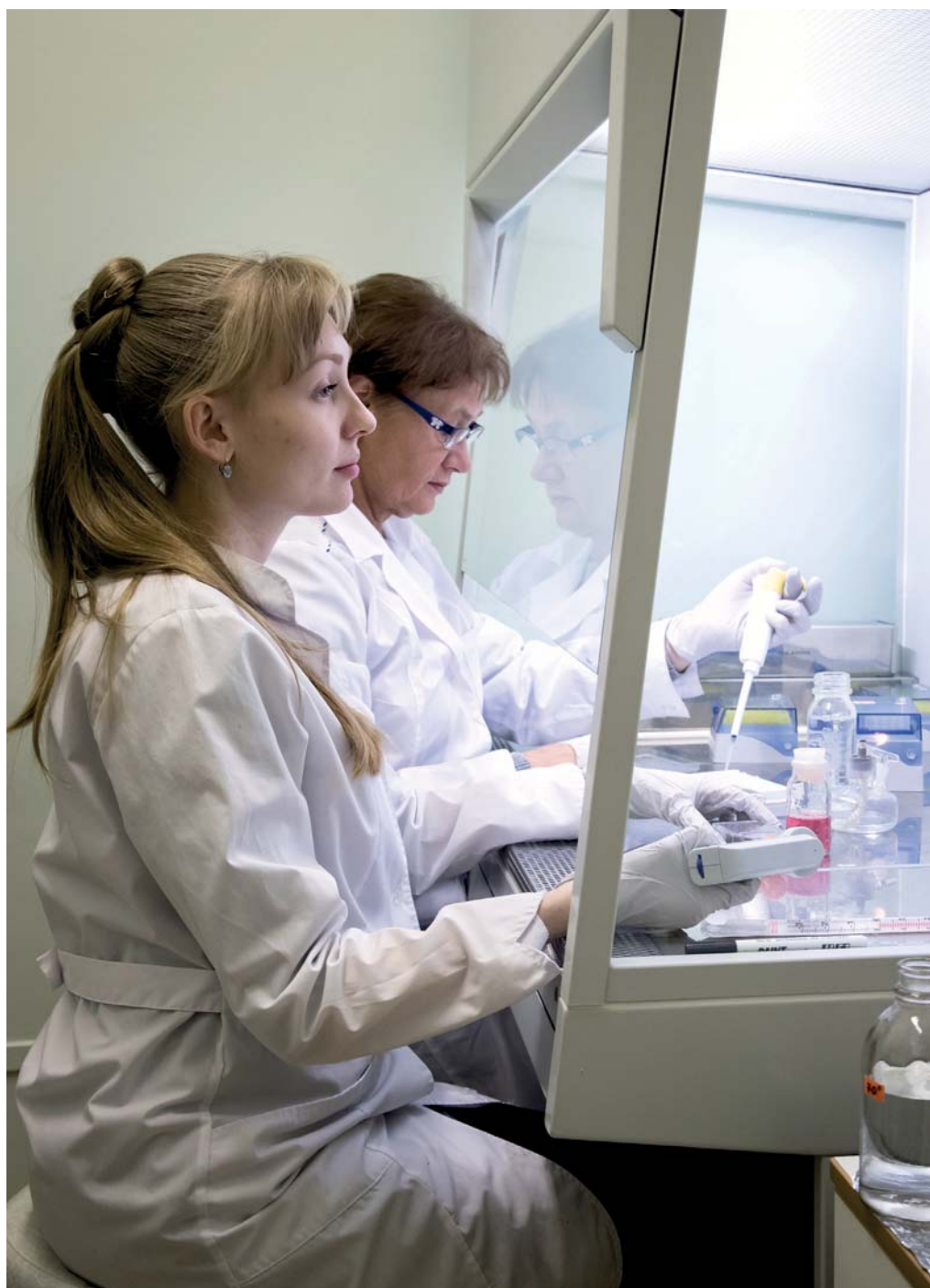




Дубна, 1–2 июня. Участники международной конференции «Современные направления в радиобиологии и физиологии»

Дубна, 12–13 декабря. Круглый стол в рамках международного семинара «Биология и материалы»





Лаборатория радиационной биологии. Исследование радиационных эффектов



Дубна, 23 мая – 11 июня. Международная практика для студентов АРЕ.
Выполнение учебно-исследовательских проектов

Дубна, 19–25 июня. Школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ





Дубна, 5–23 сентября. Международная студенческая практика ОИЯИ для студентов из Белоруссии, Кубы, Сербии и ЮАР

Дубна, 27–29 марта. Дни физики, приуроченные к празднованию 60-летия ОИЯИ



2016

**ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ
СЛУЖБЫ**



JINR

JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2016 г. издательский отдел выпустил в свет 92 наименования публикаций, 45 наименований служебных материалов.

Среди изданных в 2016 г. сборников аннотаций и трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ, можно назвать: сборник аннотаций докладов III Международной конференции по малоугловому рассеянию нейтронов, посвященной 80-летию со дня рождения Ю. М. Останевича, тезисы докладов 7-й Международной конференции «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании», тезисы докладов VIII Международного симпозиума по экзотическим ядрам (EXON-2016), труды 4-го симпозиума Южная Африка – ОИЯИ «Модели и методы в много- и малочастичных системах», труды XXIII Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-23), 4-й выпуск трудов объединенного семинара сотрудничества RDMS CMS «Физика на ЛНС», материалы конференции «Актуальные проблемы радиобиологии и астробиологии. Генетические и эпигенетические эффекты ионизирующих излучений» и др.

Вышли из печати годовые отчеты ОИЯИ за 2015 г. (на русском и английском языках), годовой отчет Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ за 2015 г.

Среди наиболее значимых изданий, выпущенных в 2016 г., стоит отметить монографию Ю. Э. Пеннионжкевича, Р. Г. Калпакчиевой «Легкие ядра у границы нейтронной стабильности», учебное пособие В. И. Загребаева «Ядерные реакции с тяжелыми ионами», книгу воспоминаний об академике А. М. Балдине «Он всегда был убежден в том, что отстаивал».

К юбилею Лаборатории информационных технологий были изданы две книги: сборник воспоминаний сотрудников ЛИТ «Это было недавно, это было давно...» и сборник «Тот самый “Импульс”», составленный по материалам популярной в ОИЯИ стенгазеты «Импульс», которую в 1963–1989 г. выпускали сотрудники лаборатории.

В серии учебно-методических пособий УНЦ ОИЯИ выпущено 3 пособия.

В 2016 г. вышли в свет 6 выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 53 статьи. Издано 7 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», содержащих 171 статью.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В 2016 г. был отпечатан 51 номер еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс».

В рамках обмена научными публикациями в сотрудничающие 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 146 статей и докладов, содержащих результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в журналах «Ядерная физика», «Теоретическая и математическая физика», «Приборы и техника эксперимента», «Радиационная биология. Радиоэкология», «Биохимия», «Кристаллография», «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования», «Математическое моделирование» 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 2015 г.». Продолжался выпуск экспресс-бюллетеней отдела лицензий и интеллектуальной собственности.

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на изготовление постеров — стендовых докладов сотрудников Института для представления на конференциях и совещаниях; различных плакатов, в том числе для фотовыставок, организованных в ОИЯИ и других научных центрах мира в связи с 60-летием ОИЯИ.

По заявкам лабораторий и других подразделений ОИЯИ выполнялись переплетные работы, копирование научно-технической и инженерно-конструкторской документации, а также новая услуга — сканирование документов большого формата (до размера А0). Отпечатано 116 тысяч различных бланков.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2016 г. число читателей Научно-технической библиотеки составило 2424 человека. Количество выданной литературы 8880 экземпляров. На 1 января 2017 г. библиотечный фонд составил 436 014 экземпляров, из них 192 160 экземпляров на иностранных языках.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 168 изданий, выполнено 296 заявок из других библиотек. По всем источникам комплектования поступило 2694 экземпляров книг, периодических изданий, препринтов, диссертаций и авторефератов, 1149 из них на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге, каталогах филиала, а также в автоматизированной информационно-библиотечной системе «Absotheque». Ежедневно выпускались экспресс-бюллетени «Книги», «Статьи», «Препринты» (вышло в свет 156 номеров) с информацией относительно 8044 названий. Электронные версии информационных бюллетеней ежедневно рассылаются по 100 адресам по e-mail. Подписаться можно в разделе «Сервисы» на сайте NTB.

Каждую неделю обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, диссертаций и авторефератов. На них представлено 2444 издания. Организованы 4 тематические выставки.

Электронные каталоги журналов, статей, препринтов, книг, диссертаций и авторефератов доступны в Интернете по адресу: <http://lib.jinr.ru>. Общее количество обращений к электронным каталогам NTB составило 14 тыс. Сохраняется возможность заказа литературы в режиме on-line через OPAC (On-line Public Access Catalogue) (см. сайт NTB, раздел «Электронные каталоги»).

Выпущен «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2015 г.» (1425 записей). Указатель с ссылками на полные тексты публикаций доступен в Интернете (см. сайт NTB, раздел «Сервисы»). К 60-летию ОИЯИ выпущен библиографический указатель «Книги, монографии сотрудников ОИЯИ 1956–2016». Отсканировано и размещено

в электронном каталоге 3064 препринта и сообщения ОИЯИ. База данных работ сотрудников ОИЯИ доступна в Интернете через электронные каталоги <http://lib.jinr.ru/cat.htm>.

Библиотека получает 113 названий периодических изданий. Благодаря тому, что NTB 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 NTB в Национальном электронном консорциуме и консорциумах РФФИ сотрудники ОИЯИ получили электронный доступ к журналам издательства «Elsevier», к журналам Американского физического общества, журналу «Nature», журналам и книгам издательства «Шпрингер», к мировым реферативным базам данных научных публикаций «Web of Science», «MathSciNet», «Scopus». Были куплены электронные книги издательства «Cambridge University Press».

В рамках проекта «История ОИЯИ и г. Дубны на страницах книг, журналов и центральных газет» введено 120 новых библиографических описаний.

В 2016 г. в порядке обмена на публикации, выпускаемые издательским отделом ОИЯИ, поступило 420 изданий из 13 стран. Из них на долю России приходится 69, Украины — 6, Румынии — 8, Германии — 230, Франции — 7, Японии — 26, ЦЕРН — 33.

В 2016 г. в автоматизированную информационно-библиотечную систему «Absotheque» введено: книг — 684 названия; журналов — 1744 номера; препринтов — 3645 названий; диссертаций и авторефератов — 175 названий; книжных статей — 770 названий и журнальных статей — 7738 названий.

На 1.01.2017 количество библиографических описаний в АИБС «Absotheque» составило 272 735 записей.



ОТДЕЛ ЛИЦЕНЗИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В 2016 г. работа отдела лицензий и интеллектуальной собственности (ОЛИС) проводилась по следующим направлениям.

В области работы по защите промышленной интеллектуальной собственности велась работа по заявкам на патенты ОИЯИ, прошедшим формальную экспертизу Федерального института промышленной собственности (ФИПС) в 2014–2016 гг. Проведено согласование, внесены изменения, добавления, уточнения в заявочные документы по замечаниям экспертов ФИПС. Выполнена экспертиза ряда проектных разработок сотрудников ОИЯИ на предмет патентоспособности, 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 восьми разработкам совместно с авторами подготовлены комплекты заявочных документов, которые поданы в Роспатент РФ для получения патентов на изобретения:

- «Устройство для эмиссионного и массового спектрального анализа органических веществ»;
- «Способ профилактики нарушений неврологического статуса и мышечного тонуса при острой болезни в эксперименте»;
- «Способ фокусировки пучков заряженных частиц»;
- «Способ медленного вывода пучка заряженных частиц»;
- «Способ многооборотной инжекции заряженных частиц в циклический ускоритель»;
- «Способ изменения реактивности в ядерных установках на быстрых нейтронах с порогеделяющимися изотопами»;
- «Криогенное фланцевое разъемное соединение для шарикового холодного замедлителя нейтронов»;
- «Полупроводниковый пиксельный детектор заряженных ионизирующих частиц».

В 2016 г. по ранее поданным заявкам завершена работа и получено пять патентов РФ на изобретения:

- «Устройство для измерения угла наклона плоскости» автора А. Д. Волкова;
- «Способ измерения спектра переданного импульса нейтронов» автора Ю. В. Никитенко;
- «Способ и устройство для измерения профиля нейтронного пучка (пучков)» авторов В. М. Быстрицкого, В. М. Слепнева, Н. И. Замятина;
- «Способ настройки высокочастотного резонатора на резонансные частоты с заданной кратностью» автора С. В. Прохорова;
- «Устройство для измерения местоположения проволок в газовых проволочных камерах» авторов Л. Глонти, В. Д. Кекелидзе, Ю. К. Потребеникова, В. А. Самсонова, Т. Л. Еника, А. О. Колесникова, С. А. Мовчана, А. Н. Сотникова.

На 1 января 2017 г. ОИЯИ обладает 60 действующими патентами РФ на изобретения.

В области патентно-информационной работы. В 2016 г. получено 36 номеров официального издания Федерального государственного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» бюллетеня «Изобретения. Полезные модели». С 2014 г. этот бюллетень поступает в ОИЯИ в электронном виде на базе информационно-поисковой системы «Мимоза» и содержит полные описания патентов на изобретения, рефераты описаний изобретений на английском языке, формулы полезных моделей, а также извещения об изменении правового статуса.

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 3271 бюллетень.

Регулярно обновляется Интернет-страница ОЛИС на сайте ОИЯИ.

В области стандартизации. Пополнена библиотека стандартов: приобретены 45 новых меж-

государственных и государственных стандартов (ГОСТов) РФ, 12 указателей ГОСТов и информационных указателей стандартов за 2016 г.; указатели национальных стандартов, технических условий, руководящих документов, рекомендаций и правил 2016 г. На основании этих нормативных документов (НД) внесено 399 изменений в соответствующие документы фонда библиотеки стандартов и экземпляры абонентов. Выдано в подразделения 80 официальных копий ГОСТов и других нормативных документов в постоянное пользование. Подразделения регулярно получали информацию о новых поступлениях и изменениях в НД.

Продолжается работа по внесению изменений в базу данных «Перечень нормативно-технических документов, действующих в Объединенном институте ядерных исследований». По состоянию на конец 2016 г. база данных содержит более 6000 наименований стандартов и НД с гиперссылками на эти доку-

менты, размещенные на сайтах Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) и справочно-правовой системы «Консультант +».

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-2016). Электронная версия перечня содержит прямые ссылки на официальные документы, размещенные на правительственных сайтах Российской Федерации и в справочно-правовой системе «Консультант +».

Внесены изменения в перечень полученных от федеральных органов РФ лицензий на право деятельности, связанной с исполнением уставных функций ОИЯИ.

2016

**АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Всего в 2016 г. в ОИЯИ поступило 120,0 М\$ (млн долларов США), что составило 58 % от плановых доходов бюджета.

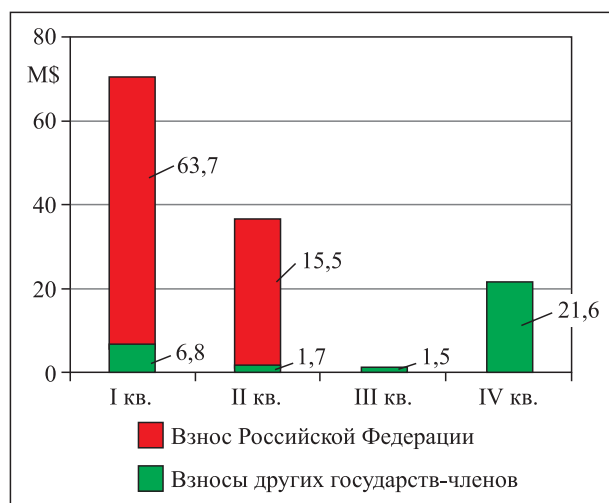


Рис. 1. Поквартальные поступления взносов государств-членов в 2016 г.

По сравнению с 2015 г. выплата взносов стран-участниц Института в 2016 г. была менее равномерной. Многие страны уплатили свои взносы только в конце года, что на фоне дефицита средств еще больше сказалось на непростой ситуации с финансированием Института в 2016 г.

Основные расходы бюджета были предусмотрены на оплату труда сотрудникам Института и на обеспечение материальных затрат по реализации основных научных проектов (см. таблицу), 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.

Фактические расходы за прошедший год по данным бухгалтерского отчета суммарно составили 150,3 М\$ при плане 210,6 М\$, т. е. расходы бюджета выполнены на 71 %.

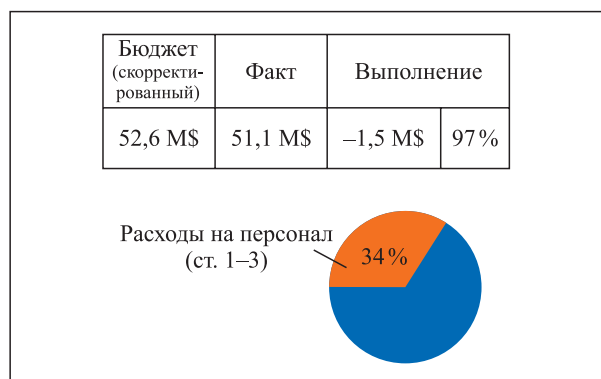


Рис. 2. Фактические расходы на персонал в 2016 г.

Расходы на персонал в 2016 г. составили 51,1 М\$. Их доля от общей суммы фактических расходов бюджета — 34 %.

Фактические материальные расходы в 2016 г. составили 72,0 М\$. В связи со значительным недофинансированием они оказались ниже запланированных в бюджете расходов на 39 М\$. Их доля в фактических расходах 2016 г. — 48 %.

Раздел 1 Научные исследования		Раздел 2 Базовые установки		Раздел 3 Инфраструктура лабораторий		Раздел 4 Инфраструктура ОИЯИ		Итого по разделам 1–4	
План. (к\$)	Факт. (к\$)	План. (к\$)	Факт. (к\$)	План. (к\$)	Факт. (к\$)	План. (к\$)	Факт. (к\$)	План. (к\$)	Факт. (к\$)
156 339,9	105 705,0	11 450,3	6 803,9	21 212,7	18 817,6	21 615,0	18 958,3	210 617,9	150 284,8

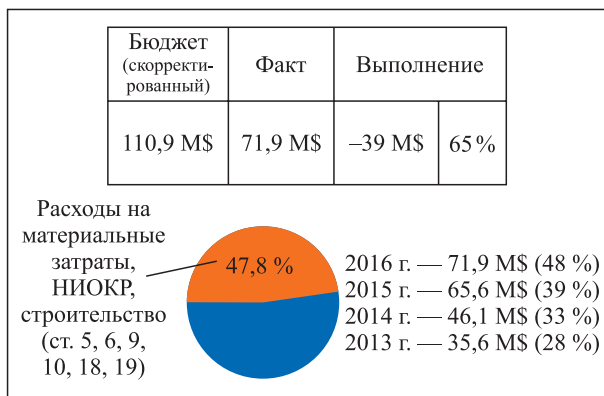


Рис. 3. Фактические расходы на материальные затраты, НИОКР и строительство в 2016 г.

Фактические расходы на международное сотрудничество — 8,1 M\$. Суммарно они составляют 62 % от общей суммы. Большая доля этих расходов

включает в себя поездки сотрудников ОИЯИ в ЦЕРН и другие крупнейшие научные центры, а также в страны, не являющиеся членами ОИЯИ, с которыми заключены соглашения о сотрудничестве.

Фактические расходы на электроэнергию, тепловую энергию и водоснабжение составили по итогам 2016 г. 4,3 M\$.

Другие расходы, которые осуществлялись в 2016 г., в основном связаны с инфраструктурой. По итогам года они суммарно составили 14,9 M\$.

В 2016 г. на капитальный и текущий ремонт было использовано 7,3 M\$. Из них 5,1 M\$ было использовано лабораториями для осуществления ремонта зданий и сооружений, расположенных на площадках Института.

2,2 M\$ было направлено на ремонт зданий и сооружений, относящихся к общеинститутской инфраструктуре.

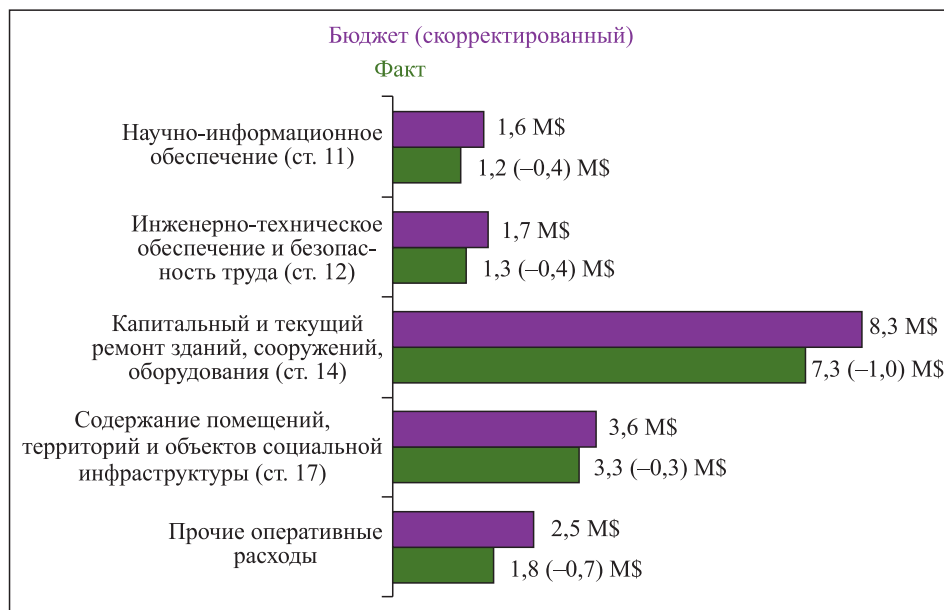


Рис. 4. Выполнение оперативных расходов в 2016 г.

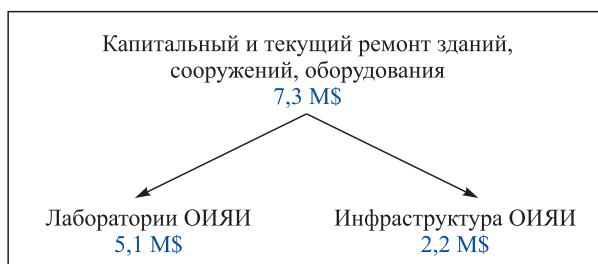
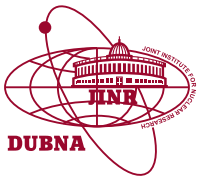


Рис. 5. Капитальный и текущий ремонт в 2016 г.



КАДРЫ

Численность персонала ОИЯИ на 1 января 2016 г. составила 4913 человек.

В ОИЯИ работают: академики РАН В. А. Матвеев, Ю. Ц. Оганесян, М. А. Островский, Г. В. Трубников; члены-корреспонденты РАН В. Л. Аксенов, Л. В. Григоренко, Д. И. Казаков, Е. А. Красавин, И. Н. Мешков, А. А. Старобинский, Г. Д. Шир-

ков; члены других государственных академий наук И. Звара, Т. Равдандорж, Б. С. Юлдашев; 236 докторов наук, 578 кандидатов наук, в том числе 66 профессоров, 25 доцентов.

В 2016 г. в ОИЯИ принято на работу 573 человека, уволен за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 461 человек.

НАГРАЖДЕНИЯ

За заслуги перед ОИЯИ, многолетнюю и плодотворную деятельность отмечено 968 сотрудников Института, в том числе трем сотрудникам присвоено звание *«Почетный работник науки и техники РФ»*; четырем — звание *«Заслуженный деятель науки Московской области»*; 71 — звание

«Почетный сотрудник ОИЯИ». Один сотрудник ОИЯИ награжден *премией губернатора Московской области в сфере науки и инноваций для молодых ученых*. Также сотрудники Института отмечены другими ведомственными, областными, городскими и институтскими наградами.



Ответственный за подготовку отчета – Б. М. Старченко

Отчет подготовили:

**А. В. Андреев
А. Е. Васильев
Н. А. Головков
С. Н. Доценко
Е. В. Иванова
А. В. Карпов
И. В. Кошлань
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. 2016

Годовой отчет

2017-10

Редакторы *Е. В. Григорьева, А. И. Петровская*
Компьютерная верстка *И. Г. Андреевой, Е. М. Граменицкой,*
Е. В. Дергуновой, Т. А. Савельевой

Подписано в печать 19.05.2017.
Формат 60×84/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 22,67. Уч.-изд. л. 27,29. Тираж 220 экз. Заказ № 59122.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/