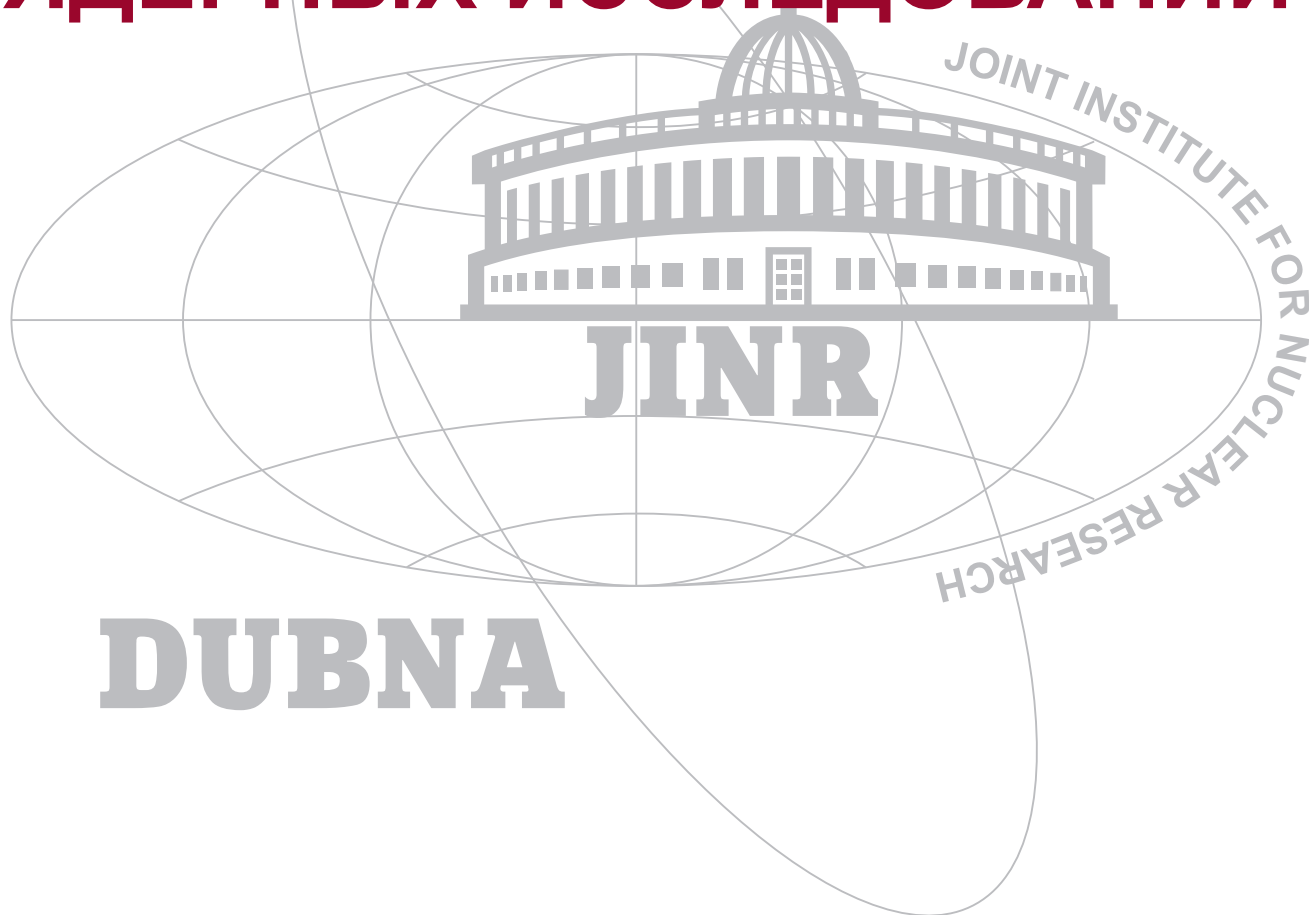


2021

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Объединенный институт ядерных исследований

Россия, 141980, Дубна, Московская обл.,
ул. Жолио-Кюри, 6
Телефон: (496) 216-50-59
Факс: (496) 216-51-46, (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	38
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Научно-техническое сотрудничество	43
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММЫ ОИЯИ	
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова	91
Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина .	100
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова	111
Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	119
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка	128
Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова	142
Лаборатория радиационной биологии	156
Учебно-научный центр	164
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Издательский отдел	199
Научно-техническая библиотека	201
Отдел лицензий и интеллектуальной собственности	203
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Финансовая деятельность	207
Кадры	208



ВВЕДЕНИЕ

В год 65-летия ОИЯИ в ходе мартовской сессии Комитет полномочных представителей государств-членов ОИЯИ одобрил и утвердил Стратегический план долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее, который ориентирован на стабильное развитие Института как лидирующей международной межправительственной организации и прорывные научные исследования в интересах государств-членов ОИЯИ.

2021 г. был отмечен историческим событием: сообщество полноправных государств-членов ОИЯИ пополнилось новой страной — Арабской Республикой Египет. Институт принял активное участие в программе года науки и технологий в Российской Федерации — стране своего местопребывания. Юбилей Института и его яркие научные достижения — прекрасный повод от имени многотысячного международного коллектива поблагодарить все страны-участницы, а также ассоциированные страны и партнеров Института за активную и всестороннюю поддержку деятельности ОИЯИ.

Несмотря на строгие ограничения в связи с пандемией COVID-19, Институт ритмично и полноценно работал, оперативно реагируя на возникающие вызовы. Уходящий год позволил многим нашим коллегам наладить новые партнерские связи, представить смелые научные инициативы, показал безусловную значимость науки и непреходящую ценность доверительного международного научного диалога.

Прошедший год был богатым на события. Теоретикам Института удалось вывести наиболее общую формулу, которая позволяет упростить многопетлевые вычисления и использовать ренормгрупповые уравнения в различных обобщениях Стандартной модели (СМ) без трудоемких и громоздких вычислений. В качестве приложения были выведены четырехпетлевые бета-функции всех калибровочных констант в СМ, а также в ее обобщении с несколькими хиггсовскими дублетами. Расчеты опираются на ренормгруппу Н. Н. Боголюбова и Д. В. Ширкова, ставшую классикой теоретической физики.

Ключевым результатом 2021 г. в рамках реализации мегасайенс-проекта NICA стал технический пуск канала бустер-нуклотрон — в сентябре пучок ионов железа, выведенный из бустера комплекса NICA и ускоренный до проектных параметров ускорителя (около 600 МэВ/нуклон), был успешно проведен по каналу. 28 декабря в туннеле коллайдера NICA был установлен первый сверхпроводящий магнит, что является очень важной вехой, ознаменовавшей начало сборки коллайдера и подготовки к вводу ускорительного комплекса в эксплуатацию.

Эксперименты на фабрике сверхтяжелых элементов позволиликратно увеличить статистику по получению изотопов московия и флеровия. Полученные на фабрике сотни событий позволяют исследовать свойства сверхтяжелых элементов и приблизиться к синтезу 119-го и 120-го элементов. Планомерно совершенствуется научная инфраструктура фабрики СТЭ: развиваются ускорители У-400 и У-400М, создается новая установка ДЦ-140 для прикладных исследований в области трековых мембран и материаловедения. В 2021 г. успешно проведены три серии экспериментов на новом газонаполненном сепараторе ГНС-2. Реакции слияния изотопов ^{243}Am , ^{242}Pu и ^{238}U с ускоренными ионами ^{48}Ca на циклотроне ДЦ-280 были использованы для определения параметров этого нового сепаратора и возможностей продолжить исследования сверхтяжелых ядер на более высоком уровне чувствительности.

В начале марта 2021 г. состоялся официальный ввод в эксплуатацию Байкальского глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD в составе восьми кластеров, ставшего частью глобальной сетевой исследовательской инфраструктуры для нейтринной астрофизики. Байкальский нейтринный телескоп строится и набирает данные силами международной коллаборации с ведущей ролью Института ядерных исследований РАН, основоположника этого эксперимента и «нейтринной астрономии» в мире, и Объединенного института ядерных исследований. Всего в проекте принимают участие более 70 ученых и инженеров из 11 научных центров России, Герма-

нии, Польши, Чехии, Словакии и Казахстана. Прекрасным подарком Вселенной в завершение 2021 г. можно без преувеличения назвать еще одно уникальное событие — в декабре впервые два крупнейших в мире нейтринных телескопа — IceCube в Южном полушарии и Baikal-GVD в Северном — обнаружили и зарегистрировали два нейтринных сигнала от одного возможного источника — вспыхнувшего радиоблазара.

Возросло количество заявок на эксперименты в рамках пользовательской программы ИБР-2. Продолжалась разработка амбициозного проекта по созданию в ОИЯИ нового источника нейтронов во второй половине 2030-х гг., который должен стать мировым рекордсменом по интенсивности. В 2021 г. ОИЯИ присоединился к участию в международной программе GNeuS (Global Neutron Scientist), направленной на поддержку и развитие исследований методами нейтронного рассеяния.

Высокое качество научной инфраструктуры Института было отмечено рекомендацией о включении ее объектов — комплекса NICA, нейтринного телескопа Baikal-GVD, фабрики СТЭ и реактора ИБР-2 — в сеть EUROLABS и дорожную карту ESFRI 2021.

Широким фронтом велись работы с использованием различных ядерно-физических методик для решения задач экологии, материаловедения, археологии, искусствоведения, медицины, исследования объектов внеземного происхождения и многого другого. В арсенале используемых специалистами ОИЯИ методов — рентгенофлуоресцентная спектрометрия, инфракрасная спектроскопия, стратиграфия и оптическая микроскопия, химический микроанализ. Ученым Института удалось достичь прорывных результатов в новом направлении — исследованиях биогибридных наноконструкций, направленных на создание лекарственных препаратов нового поколения для борьбы с устойчивыми к антибиотикам микроорганизмами либо имеющих высокий потенциал против локализованных раковых опухолей. С помощью метода нейтронного активационного анализа был достигнут успех в исследовании объектов культурного наследия и археологических находок.

В области информационных технологий в 2021 г. усилия специалистов ОИЯИ были сконцентрированы на развитии платформы DIRAC, которая включает в себя грид-технологии, облачные хранилища, суперкомпьютер «Говорун» и роботизированные системы хранения данных. Институт ориентирован на опережающее развитие IT-инфраструктуры Многофункционального информационно-вычислительного комплекса. Наш суперкомпьютерный кластер — один из лидирующих в мировом рейтинге топ-500 систем, которые быстрее и эффективнее всего обрабатывают данные. Яркая инициатива дубненских ученых в этой области — межлабораторный международный проект ЛИТ, ЛЯР и ЛТФ совместно с коллегами из Германии, Израиля, Соединенных Штатов по созданию квантового алго-

ритма для расчета пределов ядерной стабильности и пределов таблицы Менделеева. Это очень нетривиальный алгоритм расчета взаимодействия нескольких сотен тел — протонов, нейтронов и электронов, связанных электромагнитными и ядерными взаимодействиями.

Радиобиологи Института представили промежуточные результаты по созданию композитных защитных материалов для защиты от космического излучения оболочки космического корабля и скафандров космонавтов. Кроме того, разработан уникальный вариант симулятора радиационного поля внутри жилого модуля космического аппарата в условиях глубокого космоса. Этот вариант симулятора воспроизводит в правильном соотношении все компоненты радиационного поля корабля, усредненные по солнечной активности.

Нельзя не отметить растущую научную значимость и более активное участие сотрудников и исследовательских коллективов ОИЯИ в физическом анализе данных экспериментов ALICE, CMS, ATLAS, NA61 и NA64 на LHC в ЦЕРН. В 2021 г. значительный вклад был сделан специалистами Института в рамках программы модернизации детектора ATLAS, в частности, в производство и сборку всех 32 больших квадруплетов Micromegas для малых мюонных колес. Было продолжено успешное участие физиков ОИЯИ в обслуживании детектора ATLAS и разработке программного обеспечения.

В эксперименте CMS, основываясь на полной статистике Run-2 140 fb^{-1} , ученые ОИЯИ установили верхние пределы отношения $(\sigma B)z'/(\sigma B)z^0$ произведений сечения образования и вероятности распада в дилептонном канале нового резонанса с собственной шириной до 10% к каналу Z^0 -бозона SM с доверительной вероятностью 95%. В рамках модернизации детектора CMS для HL-LHC группа ОИЯИ продолжала участвовать в разработке калориметра с высокой гранулярностью (HGCal) и модернизации передней мюонной станции ME1/1.

Достигнут успех в реализации проекта международного инновационного центра ОИЯИ. В конце декабря стартовал первый этап проекта ARIADNA — инфраструктуры для прикладных исследований на NICA, объединяющей каналы транспортировки ионных пучков. Начата эксплуатация оборудования станции SOChI (Station Of Chip Irradiation) — важного компонента программы прикладных исследований и инноваций NICA, предназначенного для облучения микросхем пучками ионов, выводимых из NICA. В декабре по каналу SOChI был проведен и дошел до мишени пучок углерода с энергией 3,2 МэВ/нуклон. Одобрен проект создания медицинского сверхпроводящего циклотрона MSC-230, который будет обеспечивать использование наиболее современных методов протонной терапии, включая так называемый «карандашный» пучок и флэш-терапию.

По количеству научных публикаций и защите диссертаций Институт вышел на допандемийный

уровень: защищены 17 кандидатских диссертаций и шесть докторских.

Учебно-научный центр ОИЯИ провел большой ряд практик и стажировок. Реализация новых идей и подходов в развитии образовательного направления деятельности ОИЯИ дает свои плоды. Студенты со всего мира участвуют в проводимой УНЦ онлайн-программе для студентов и аспирантов научно-технических специальностей INTEREST — INTERNATIONAL REMOTE STUDENT TRAINING AT JINR. В 2021 г. в трех этапах онлайн-программы INTEREST приняли участие 136 студентов и аспирантов из 25 стран мира. Начато плодотворное и многообещающее сотрудничество с образовательным центром «Сириус» (Сочи).

В сентябре в Дубне по инициативе ОИЯИ был открыт Физико-математический лицей им. академика В. Г. Кадышевского. Лучшие преподаватели не только Дубны, но и Российской Федерации стали частью большого преподавательского коллектива этого лицея. В числе лицеистов — дети из стран-участниц ОИЯИ. Создание комфортной образовательной среды, несомненно, будет способствовать гармоничному развитию юных членов нашего общества, раскрытию их талантов.

Еще одной амбициозной инициативой стало решение о создании в Дубне при содействии ОИЯИ филиала Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова на базе действующего филиала НИИЯФ МГУ.

На ноябрьской сессии Комитета полномочных представителей государств-членов ОИЯИ в Болгарии были приняты положения о флаге ОИЯИ и об ассоциированном членстве в Институте — документы, разработанные рабочей группой по стратегическим вопросам при Комитете полномочных представителей, — новый эффективный инструмент по реализации стратегии Института в части развития международного сотрудничества.

Одним из ключевых итогов ноябрьской сессии КПП в Болгарии явилось также подписание Софийской декларации, которое приветствовали Президент Республики Болгарии, представители дипломатического корпуса стран-участниц и стран — ассоциированных членов, члены КПП, высокие гости мероприятия. Документ содержит обращение к заинтересованным государствам и организациям присоединиться к многостороннему научному сотрудничеству, реализуемому в рамках ОИЯИ.

Активизировалось тесное взаимодействие с Республикой Сербией. Совместно с представителями правительства и профильного министерства этой страны был разработан план действий по изменению статуса Сербии в Объединенном институте с ассоциированного до полноправного членства. Серьезно расширена работа с университетами, в государствах-членах Института развивается сеть информационных центров ОИЯИ, которые не только ведут самостоятельную работу, но и начинают сотрудничать и обмениваться опытом между собой.

Еще одно важное звено международной работы в ОИЯИ, дающее видимые практические результаты, — это стажировки JEMS для административно-научного персонала исследовательских и образовательных организаций стран-участниц, ассоциированных членов, а также стран-партнеров ОИЯИ. В целом, партнерская сеть ОИЯИ в 2021 г. впервые превысила тысячу научных и научно-образовательных организаций.

Объединенный институт ядерных исследований выступает одним из организаторов года фундаментальных наук в интересах устойчивого развития (International Year of Basic Sciences for Sustainable Development — IYBSSD 2022), провозглашенного 2 декабря на Генеральной ассамблее ООН, и входит в состав его руководящего комитета.

В начале 2021 г. началась реорганизация структуры управления ОИЯИ, в которой были выделены департаменты и службы Института. Был создан отдел инноваций и интеллектуальной собственности в службе главного инженера. Активными темпами идет цифровизация Института.

В числе приоритетных направлений развития нашего Института — создание в Дубне комфортной и привлекательной социальной среды. В 2021 г. завершен полномасштабный ремонт и модернизация гостиничного номерного фонда и общежития корпуса 3 гостиницы «Дубна», торжественный запуск в эксплуатацию которого был приурочен к 65-летию Института и состоялся в присутствии чрезвычайных и полномочных послов Республики Польша, Республики Словакия и Чешской Республики в РФ. Произведен капитальный ремонт сквера на площади Жолио-Кюри, в основе решений по благоустройству которого — забота о сохранении нынешнего исторического облика центра Институтской части города.

23 июля 2021 г. в рамках мероприятий, посвященных 65-летию юбилею ОИЯИ и г. Дубны, состоялось торжественное открытие панно «Периодическая таблица Д. И. Менделеева», отражающего выдающийся вклад ученых подмосковной Дубны в открытие новых химических элементов. Его площадь — более 284 м², что делает эту таблицу самой большой в Европе.

15 ноября в Париже в штаб-квартире ЮНЕСКО состоялось вручение Международной премии ЮНЕСКО–России им. Д. И. Менделеева в области фундаментальных наук академику Ю. Ц. Оганесяну, научному руководителю Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, и профессору В. Бальзани (Болонский университет, Италия) в знак признания прорывных открытий, расширивших границы Периодической таблицы, а также значительного вклада в содействие развитию фундаментальных наук в глобальном масштабе.

Большое внимание уделялось сбережению здоровья сотрудников. В прошедшем году мы добились отрицательной динамики по COVID-19. В Институте число лиц, защищенных от этого вируса, составило 4300 человек, т. е. 80 % сотрудников. Сов-

местно с ФМБА России подписана дорожная карта по модернизации МСЧ №9 и начата реализация амбициозных планов по коренному преобразованию медсанчасти в медицинское учреждение передового уровня.

В октябре началась подготовка к разработке нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. Не меняя основных научных направлений своей деятельности, Институт берет ориентир на поиск и решение новых задач в области физики элементарных частиц и атомного ядра, физики конденсированных состояний, опираясь на международные глобальные инициативы в решении задач устойчивого развития человечества. Сейчас это, несомненно, исследования в области изменения климата и экологии, новая энергетика, работа с

большими данными, биомедицина и все, что связано с науками о жизни. Мы нацелены на формирование современной, международной, амбициозной научной программы.

Наша главная ценность — человеческий капитал, интеллект ученых, инженеров и специалистов многонационального коллектива: от молодых до зрелых лидеров и заслуженных ветеранов Института. Наша непреложная миссия — привлечение талантливых и профессиональных кадров в Институт, гибкая кадровая политика, расширение географии стран-участниц Института и стран-партнеров. Нет сомнения в том, что сплоченный международный коллектив Института готов ответить на любые вызовы.



Академик Г. В. ТРУБНИКОВ,
директор
Объединенного института
ядерных исследований

2021

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**





РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ

СЕССИИ КОМИТЕТА ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 25 марта в формате видеоконференции под председательством представителя Румынии Ф.-Д. Бузату.

Заслушав и обсудив доклад директора Института Г.В. Трубникова, КПП принял к сведению информацию дирекции ОИЯИ о рекомендациях 129-й сессии Ученого совета ОИЯИ, корректировке текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, организационных мероприятиях в целях реализации долгосрочной стратегии Института, вкладе стран-участниц в реализацию крупных проектов Института, о новых полученных научных и научно-технических результатах и наиболее важных событиях, относящихся к деятельности ОИЯИ.

КПП утвердил Стратегический план долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г., далее одобренный Ученым советом, и поручил дирекции Института продолжить работу по стратегическому планированию в целях разработки Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. Комитет поддержал инициативу дирекции ОИЯИ о создании рабочей группы по вопросам стратегического развития при председателе КПП и рекомендовал полномочным представителям правительств государств-членов ОИЯИ до 1 мая 2021 г. направить директору Института предложения по составу рабочей группы.

КПП одобрил работу дирекции Института в целях реализации положений Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ по повышению эффективности административной деятельности Института, формированию новой структуры управления и разработке комплексной системы мониторинга показателей долгосрочной стратегии ОИЯИ.

КПП утвердил предложенную редакцию скорректированного Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., основанную на положениях долгосрочной стратегии ОИЯИ, с учетом реко-

мендаций Финансового комитета ОИЯИ и основных направлений корректировок, одобренных на предыдущей сессии КПП в ноябре 2020 г.

КПП отметил существенный научно-технический, интеллектуальный и кадровый вклад государств-членов ОИЯИ в реализацию крупных проектов Института. В частности, активное вовлечение ученых и специалистов в коллаборации MPD, BM@N и SPD вокруг проекта класса мегасайенс «Комплекс NICA»; подписание меморандума о взаимопонимании по задачам проекта Baikal-GVD и экспериментальных исследований в области нейтринной астрофизики высоких энергий, нейтринной астрономии и физики нейтрино с участием ряда партнерских институтов и компаний стран-участниц ОИЯИ; вклад стран-участниц в создание и запуск фабрики сверхтяжелых элементов; создание международного комитета пользователей ИБР-2 с широким представительством государств-членов ОИЯИ в его составе, а также увеличивающееся количество пользователей суперкомпьютера «Говорун» и разворачивание работ по подключению новых элементов облачной структуры организаций государств-членов Института к распределенной информационно-вычислительной среде на базе ресурсов ОИЯИ и стран-участниц.

Комитет поздравил дирекцию Института с запуском одного из основных блоков мегасайенс-проекта «Комплекс NICA» — сверхпроводящего бустерного синхротрона (бустера), состоявшимся 20 ноября 2020 г. с участием Председателя Правительства Российской Федерации М.В. Мишустина, и с удовлетворением отметил получение в четком соответствии с планом-графиком 19 декабря 2020 г. устойчивой циркуляции пучка инжектированных в бустер однозарядных ионов гелия.

КПП приветствовал ввод в эксплуатацию крупнейшего в Северном полушарии глубоководного

нейтринного телескопа, торжественный запуск которого состоялся 13 марта 2021 г. с участием министра науки и высшего образования России, полномочного представителя Правительства РФ в ОИЯИ В. Н. Фалькова и стал одним из ключевых мероприятий проходящего в России года науки и технологий.

КПП с удовлетворением отметил результаты первых экспериментов на фабрике сверхтяжелых элементов ОИЯИ в ноябре 2020 г. и январе 2021 г. по синтезу изотопов московия в реакции кальций-48 + америций-243, зарегистрировавших 55 цепочек распада ядра московия-288 и 6 цепочек московия-289, что практически в два раза превышает число таких изотопов, синтезированных ранее на ускорителе У-400 за период с 2003 по 2012 г., и, по предварительным результатам, впервые зафиксировавших α -распад дубния-268, являющийся свидетельством открытия нового изотопа лоуренсия-264.

КПП приветствовал открытие Информационного центра ОИЯИ на базе Академии научных исследований и технологий (ASRT) Арабской Республики Египет (АРЕ), состоявшееся 23 декабря 2020 г. при участии представителей Правительства АРЕ, руководства ОИЯИ, ASRT и Северо-Осетинского государственного университета, а также ряда почетных гостей из стран-участниц и партнеров ОИЯИ.

КПП одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по реализации программы мероприятий, приуроченных к 65-летию образования ОИЯИ и году Болгарии в ОИЯИ, а также по определению перспектив участия в мероприятиях года науки и технологий в Российской Федерации. Наряду с запуском глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD в план основных мероприятий по проведению в Российской Федерации года науки и технологий в 2021 г. вошел намеченный на декабрь 2021 г. первый сеанс полного цикла ускорения на выведенных пучках комплекса NICA.

КПП с удовлетворением принял к сведению информацию о проведении первого заседания совместного комитета по сотрудничеству между Вьетнамом и ОИЯИ как важного инструмента углубления участия Вьетнама в деятельности Института и поддержал дирекцию в реализации решения сессии КПП в ноябре 2019 г. о разработке плана сотрудничества между Вьетнамской академией наук и технологий, Винатомом и ОИЯИ по проекту нового исследовательского реактора во Вьетнаме.

КПП одобрил деятельность дирекции по формированию концепции проекта инновационного исследовательского центра ОИЯИ в области ядерных технологий и международной исследовательской программы центра, а также планов по реализации данного проекта.

Заслушав и обсудив доклад руководителя департамента развития цифровых сервисов М. П. Васильева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2020 г. и о проекте уточненного бюджета ОИЯИ

на 2021 г.», КПП утвердил сводную итоговую корректировку доходов и расходов бюджета ОИЯИ на 2020 г., уточненный бюджет ОИЯИ на 2021 г. с общей суммой доходов и расходов 265 825,2 тыс. долларов США.

В целях уменьшения резких ежегодных изменений нижних пределов взносов государств-членов КПП внес уточнение в способ расчета нижних пределов взносов, устанавливающее, что сумма прямых расходов на персонал, направленный в ОИЯИ полномочным представителем, рассчитывается как среднее арифметическое показателей за трехлетний период, предшествующий году, в котором рассчитываются взносы государств-членов.

КПП уточнил взносы государств-членов ОИЯИ на 2021 г., а также ориентировочные взносы государств-членов на 2022–2024 гг. с учетом использования уточненных нижних пределов взносов и выплаты задолженности государств-членов в 2021 г. по взносам в бюджет ОИЯИ.

Заслушав и обсудив доклад полномочного представителя Правительства Грузии в ОИЯИ А. Хведелидзе «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 22 марта 2021 г.», КПП утвердил протокол заседания Финансового комитета от 22 марта 2021 г.

С учетом экономии средств по статье международного научно-технического сотрудничества (МНТС) в 2020 г., обусловленной пандемией коронавирусной инфекции, КПП поручил дирекции Института рассмотреть вопрос о соответствующем увеличении расходов по этой статье при формировании бюджета ОИЯИ на 2022, 2023 гг.

КПП принял к сведению информацию о выборе аудиторской организации для проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2020 г. по специальному заданию, утвердил план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2020 г., представленный дирекцией Института, а также организацией ООО «ФинЭкспертиза» — аудитором ОИЯИ за 2020 г., уполномочив ее провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период.

Заслушав и обсудив предложение директора Института Г. В. Трубникова «Об утверждении в должностях вице-директоров, главного ученого секретаря и главного инженера ОИЯИ», КПП на основании результатов голосования утвердил в должностях на срок полномочий избранного директора ОИЯИ, т. е. до 1 января 2026 г., вице-директоров — С. Н. Дмитриева, В. Д. Кекелидзе, Л. Костова, главного ученого секретаря — С. Н. Неделько, главного инженера — Б. Н. Гикала.

КПП выразил благодарность Р. Ледницкому, Б. Ю. Шаркову, А. С. Сорину за многолетний труд в составе дирекции ОИЯИ, огромный вклад в результаты деятельности Института и развитие международного научного сотрудничества.

Заслушав и обсудив информацию директора Института Г. В. Трубникова и директора ЛИТ В. В. Коренькова «О присвоении Лаборатории ин-

формационных технологий имени М. Г. Мещерякова», КПП присвоил Лаборатории информационных технологий имя М. Г. Мещерякова за его выдающийся вклад в создание, становление и развитие сетевой инфраструктуры и информационно-вычислительного комплекса лаборатории, Института и стран-участниц.

По информации полномочного представителя Правительства Республики Болгарии в ОИЯИ Ц. Бачийского о программе года Болгарии в ОИЯИ и проведении сессии КПП в ноябре 2021 г. КПП одобрил программу мероприятий года Болгарии в ОИЯИ, представленную в докладе, включая проведение ноябрьской сессии КПП 2021 г. в Болгарии, поручив дирекции Института оказать активное содействие в проведении программы мероприятий с учетом эпидемиологической ситуации.

Очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 22–23 ноября в Банско и Софии (Болгария) под председательством представителя Румынии Ф.-Д. Бузату.

Заслушав и обсудив доклад директора Института Г. В. Трубникова, КПП принял к сведению информацию о рекомендациях 130-й сессии Ученого совета ОИЯИ, исполнении текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, вкладе стран-участниц в осуществление крупных проектов Института, новых научных и научно-технических результатах и наиболее важных событиях в научно-образовательной деятельности и международном сотрудничестве ОИЯИ. Комитет с удовлетворением отметил организационные мероприятия и высокий темп работы Института по реализации задач Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ на период до 2030 г. и далее.

КПП принял к сведению информацию об избрании С. Я. Килина сопредседателем Ученого совета ОИЯИ и об изменении в составе Ученого совета ОИЯИ с 1 ноября 2021 г.: назначении полномочным представителем Правительства Республики Словакии Ф. Шимковицем в состав Ученого совета ОИЯИ Б. Томашика (Университет им. Матая Бела, Банска-Бистрица) и прекращения полномочий М. Гнатича.

КПП отметил успешную работу по реализации проекта NICA: в первую очередь, очередной важный этап — ускорение ионного пучка в бустере до проектной энергии, запуск канала транспортировки пучка от бустера к нуклотрону и успешный вывод пучка ионов железа Fe^{14+} из бустера в нуклотрон по этому каналу, а также завершение масштабных работ по вводу в эксплуатацию электрических подстанций, подготовке центральной криогенной станции, установке оборудования в новом компрессорном корпусе и вводу в эксплуатацию новых основных зданий. Учитывая рекомендации международного экспертного комитета проекта NICA, заключение комитета по анализу затрат

и графику реализации проекта «Комплекс NICA» (CSRC), а также решения наблюдательного совета по проекту «Комплекс NICA» о необходимости продления сроков работ по завершению проекта, КПП согласился с корректировкой сроков создания основных объектов комплекса NICA (базовая конфигурация) с тем, чтобы начать реализацию научной программы до конца 2023 г.

КПП отметил существенный прогресс в создании Байкальского нейтринного телескопа для наблюдения природных потоков нейтрино: установку и ввод в эксплуатацию нового кластера оптических модулей в период с февраля по апрель 2021 г., что привело к увеличению эффективного объема глубоководного детектора до $0,4 \text{ км}^3$, а также приветствовал интенсификацию работы по анализу данных, полученных в 2018–2020 гг.

КПП отметил значительный научно-технический, научно-организационный и интеллектуальный вклад государств-членов ОИЯИ в развитие коллабораций MPD, SPD и VM@N на комплексе NICA и расширение международного сотрудничества в рамках коллаборации Baikal-GVD.

КПП высоко оценил успешное проведение экспериментов на фабрике сверхтяжелых элементов, включая эксперименты на сепараторе ГНС-2, в которых была показана способность мишени выдерживать облучение пучком с интенсивностью до 3 мкА частиц и получено более 100 событий образования изотопов ^{286}Fl и ^{287}Fl , что утроило число событий, накопленных в мире.

Комитет принял к сведению информацию о статусе работы по созданию нового источника нейтронов — импульсного быстрого реактора «Нептун» (ИБР-3): получено техническое задание по реакторной установке, ведутся НИОКР по разработке топлива на основе нитрида нептуния — и поддержал проведение следующего этапа работ — разработку эскизного и обликвого проектов, обоснование стоимости установки и принятие решения в 2023 г. о ее сооружении.

КПП с удовлетворением отметил активную работу Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова по развитию исследований в области алгоритмов квантовых компьютерных вычислений в программной среде, содержащей набор квантовых симуляторов, на суперкомпьютере «Говорун».

КПП одобрил активное развитие фундаментальных и прикладных направлений исследований, связанных с науками о жизни и физикой конденсированных сред, на основе разработки межлабораторной программы исследований на базе Лаборатории радиационной биологии и создаваемого в Институте международного инновационного центра ядерных технологий.

КПП поддержал инициативу дирекции ОИЯИ о проведении оценки реализации Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее — для уточнения и корректировки приоритетов долгосрочного планирования развития крупной

научно-исследовательской инфраструктуры Института и направлений научных исследований в ходе разработки нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. Представление доклада международной рабочей группы о реализации и корректировке научной стратегии развития ОИЯИ до 2030 г. и далее запланировано на следующей сессии в марте 2022 г.

КПП поручил дирекции Института представить концепцию Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 г. на сессии КПП в марте 2022 г. с учетом корректировки долгосрочной научной стратегии Института и оптимизации структуры Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества, финансирования и кадрового обеспечения научных проектов, а также проработать предложения по динамике взносов стран-участниц для реализации Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. с учетом актуальной международной инфляционной статистики и прогнозов.

КПП поручил дирекции Института совместно с рабочей группой по стратегическим вопросам при председателе КПП проанализировать актуальность применяемого нормативного регулирования научно-исследовательских и образовательных программ сотрудничества и грантов полномочных представителей, включая практику использования средств в рамках программ и грантов. На основе проведенного анализа КПП ожидает предложения о совершенствовании нормативного регулирования программ сотрудничества и грантов с учетом оптимизации структуры взносов государств-членов ОИЯИ.

КПП поздравил научного руководителя Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова академика Юрия Цолаковича Оганесяна с присуждением Международной премии ЮНЕСКО–России им. Д. И. Менделеева за достижения в области фундаментальных наук, выразив ему глубочайшую признательность за его вклад в мировую науку и в развитие ОИЯИ.

КПП одобрил проведенную дирекцией Института работу по реорганизации структуры и оптимизации штата Управления, осуществлению других организационных мер по повышению эффективности научно-организационной и административной деятельности Института, а также разработке комплексной системы мониторинга показателей долгосрочной стратегии ОИЯИ в соответствии с положениями Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее. Комитет поддержал более активное привлечение к участию в конкурсе на замещение должностей в административные службы Института представителей государств-членов ОИЯИ по направлению полномочных представителей; рекомендовал привлечь рабочую группу по стратегическим вопросам при председателе КПП для методологической поддержки.

КПП поддержал предложение дирекции Института о целесообразности финансового участия

ОИЯИ в развитии и поддержке медицинских, социальных и образовательных учреждений, расположенных на территории г. Дубны, в целях повышения качества жизни и создания благоприятных условий жизнедеятельности работников Института, а также одобрил действия дирекции Института по укреплению стратегического сотрудничества с Федеральным медико-биологическим агентством России, направленного на повышение качества медицинского обслуживания работников ОИЯИ.

КПП одобрил инициативу дирекции Института по социальной поддержке работников ОИЯИ, прекративших трудовые правоотношения с Институтom.

КПП принял к сведению информацию дирекции Института о новой редакции Положения о закупочной деятельности ОИЯИ и продолжении работы по совершенствованию закупочной деятельности Института.

КПП поддержал организацию системной работы дирекции Института по развитию сети информационных центров ОИЯИ, проведению стажировок JEMS, других форм коммуникаций с научными, научно-образовательными организациями, профильными для Института государственными органами государств-членов ОИЯИ, а также по развитию новых инструментов в сфере научных коммуникаций и научной дипломатии.

КПП приветствовал деятельность дирекции Института по расширению круга государств-членов ОИЯИ и государств — ассоциированных членов Института.

КПП утвердил рекомендации 129-й и 130-й сессий Ученого совета ОИЯИ, а также Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2022 г.

Заслушав и обсудив доклад директора Института Г. В. Трубникова «О принятии Арабской Республики Египет в состав государств-членов ОИЯИ», КПП в соответствии со статьями 7 и 17 Устава ОИЯИ, рассмотрев заявление Правительства Арабской Республики Египет о желании принять участие в работе Института в качестве полноправного члена, выражающее согласие с положениями Устава ОИЯИ и вытекающими из членства в Институте обязательствами, на основании консенсуса принял Арабскую Республику Египет в состав государств-членов ОИЯИ с момента подписания настоящего протокола.

Заслушав и обсудив доклад руководителя департамента бюджетной и экономической политики Н. В. Калинина «О проекте бюджета ОИЯИ на 2022 г., об ориентировочных взносах государств-членов ОИЯИ на 2023, 2024, 2025 гг.», КПП утвердил бюджет ОИЯИ на 2022 г. с общей суммой доходов и расходов 274 304,1 тыс. долларов США, взносы и шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2022 г., а также процедуру выплаты задолженности государств-членов в 2022 г. по взносам в бюджет ОИЯИ.

КПП разрешил директору Института в 2022 г. вносить корректировки в бюджет ОИЯИ, включая корректировки статей расходов по заработной плате и международному сотрудничеству, в рамках утвержденного бюджета в соответствии с регламентом внесения корректировок в бюджет ОИЯИ.

КПП согласился с включением в бюджет ОИЯИ на 2022 г. взноса Корейской Народно-Демократической Республики, относительно которой принято решение о приостановлении ее членства, для сохранения установленных пропорций взносов государств-членов Института, а также принял решение компенсировать в 2022 г. дефицит бюджета ОИЯИ, возникающий вследствие приостановленного членства КНДР в ОИЯИ, за счет прочих доходов и поступлений бюджета ОИЯИ.

КПП определил ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2023 г. в сумме 223,0 млн долларов США, на 2024 г. в сумме 228,6 млн долларов США и на 2025 г. в сумме 234,6 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2023, 2024 и 2025 гг.

КПП поручил рабочей группе по финансовым вопросам ОИЯИ и дирекции Института проработать предложения по увеличению сумм взносов государств-членов, начиная со следующего Семи-летнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., исходя из фактической и прогнозной инфляции.

КПП утвердил бюджет по использованию целевых средств Российской Федерации, выделенных в соответствии с Соглашением между Правительством РФ и ОИЯИ о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, на 2022 г. в сумме 2 571 292,5 тыс. рублей.

КПП разрешил директору Института проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета ОИЯИ на 2022 г., в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2020–2023 гг., а также разрешил дирекции Института ежегодно планировать средства в рамках возможностей бюджета для участия ОИЯИ в развитии и поддержке медицинских, социальных и образовательных учреждений, расположенных на территории г. Дубны, в целях повышения качества жизни и создания благоприятных условий жизнедеятельности работников Института.

Комитет поручил дирекции ОИЯИ до конца февраля 2022 г. выработать и представить на рассмотрение рабочей группы по финансовым вопросам ОИЯИ детальную процедуру учета удерживаемого налога на доходы физических лиц (НДФЛ) иностранных работников — граждан государств-членов ОИЯИ.

КПП заслушал и обсудил доклад полномочного представителя Правительства Азербайджанской Республики А. М. Гашимова «О размере взноса Азербайджанской Республики в бюджет ОИЯИ» с

просьбой принять меры по уплате взноса Азербайджанской Республикой в бюджет ОИЯИ за 2021 г. в полном объеме.

По докладу председателя Финансового комитета полномочного представителя Правительства Грузии А. Хведелидзе «Об итогах заседания Финансового комитета ОИЯИ от 19 ноября 2021 г.» КПП утвердил данный протокол; принял предложение Арабской Республики Египет о постепенном увеличении членского взноса в бюджет ОИЯИ, предусматривающее достижение полного размера взноса Арабской Республики Египет, рассчитанного в соответствии с принципами новой методики расчета шкалы взносов государств-членов, не позднее 2028 г. При этом членские взносы в бюджет ОИЯИ, уплачиваемые Арабской Республикой Египет до 2028 г., должны быть не менее суммы прямых расходов на персонал, направленных в ОИЯИ полномочным представителем, расходов на гранты полномочного представителя и программы сотрудничества, компенсации инфраструктурных расходов. КПП постановил планировать взнос Арабской Республики Египет дополнительно к расчетной сумме взносов государств-членов ОИЯИ, а дирекции Института внести корректировки в бюджет ОИЯИ на 2022 г. с учетом взноса Арабской Республики Египет.

КПП поручил дирекции ОИЯИ провести работу, направленную на уточнение расчетов по поступлениям средств от стран, принимающих участие в деятельности Института на основе двустороннего соглашения о научно-техническом сотрудничестве.

Комитет утвердил аудиторское заключение по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности и бухгалтерский отчет ОИЯИ за 2020 г., принял к сведению информацию об исполнении дирекцией Института плана мероприятий по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2019 г., а также план мероприятий по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2020 г., подготовленный дирекцией Института.

Заслушав и обсудив доклад вице-директора Института С. Н. Дмитриева «О проекте инновационного центра ядерно-физических исследований ОИЯИ», КПП одобрил деятельность дирекции Института по разработке проекта и продолжение работ по созданию центра с активным вовлечением партнеров из стран-участниц ОИЯИ.

КПП отметил успешное начало реализации проектов создания циклотрона ДЦ-140 для разработки технологий радиационного материаловедения, испытаний электронных компонентов и производства трековых мембран, а также сверхпроводящего протонного ускорителя (230 МэВ) для продвижения новых методов адронно-лучевой терапии и развития радиобиологических исследований.

РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОИЯИ

Азербайджанская Республика	– А. Мамед оглы Гашимов	Республика Куба	– А. Диас Гарсиа
Республика Армения	– С. С. Айоцян	Республика Молдова	– В. В. Урсаки
Республика Белоруссия	– А. Г. Шумилин	Монголия	– С. Даваа
Республика Болгария	– Ц. Бачийски	Республика Польша	– М. Валигурски
Социалистическая		Российская Федерация	– В. Н. Фальков
Республика Вьетнам	– Ле Хонг Кхьем	Румыния	– Ф.-Д. Бузату
Грузия	– А. Хведелидзе	Словацкая Республика	– Ф. Шимковиц
Республика Казахстан	– Б. Каракозов	Республика Узбекистан	– Б. С. Юлдашев
Корейская Народно-		Украина	– Б. В. Гринев
Демократическая Республика	– Ли Че Сон	Чешская Республика	– М. Вышинка

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Председатель – Г. В. Трубников
Сопредседатель – С. Я. Килин (Республика Белоруссия)
Ученый секретарь – С. Н. Неделько

Ф. Азайез	– Южно-Африканская Республика	А. Нерсесян	– Республика Армения
А. Апраамян	– Соединенные Штаты Америки	Н. Нешкович	– Республика Сербия
Ц. Баатар	– Монголия	И. Падрон Диас	– Республика Куба
У. Басслер	– Швейцария	И. Повар	– Республика Молдова
Бом Хун Ли	– Республика Корея	С. Поспишил	– Чешская Республика
К. Борча	– Румыния	Э. Рабинович	– Израиль
М. Будзыньски	– Республика Польша	В. А. Рубаков	– Российская Федерация
М. Валигурски	– Республика Польша	К. Русек	– Республика Польша
И. Вильгельм	– Чешская Республика	В. А. Садовничий	– Российская Федерация
С. Галес	– Французская Республика	А. М. Сергеев	– Российская Федерация
Б. В. Гринев	– Украина	М. Спиро	– Французская Республика
П. Джубеллино	– Федеративная Республика Германия	Ч. Стоянов	– Республика Болгария
А. Дубничкова	– Словацкая Республика	Г. Стратан	– Румыния
М. Ежабек	– Республика Польша	Б. Томашик	– Словацкая Республика
М. В. Здоровец	– Республика Казахстан	Г. В. Трубников	– Российская Федерация
Г. М. Зиновьев	– Украина	П. Фре	– Итальянская Республика
С. Я. Килин	– Республика Белоруссия	Г. Хуухэнхуу	– Монголия
М. В. Ковальчук	– Российская Федерация	Р. Ценов	– Республика Болгария
Г. Лаврелашвили	– Грузия	Цзяньган Ли	– Китайская Народная Республика
П. В. Логачев	– Российская Федерация	Чан Дык Тхиеп	– Социалистическая Республика Вьетнам
С. А. Максименко	– Республика Белоруссия	Л. Чифарелли	– Итальянская Республика
С. А. Маскевич	– Республика Белоруссия	Х. Штёкер	– Федеративная Республика Германия
В. А. Матвеев	– Российская Федерация	А.-И. Этьенвр	– Французская Республика
И. Мних	– Швейцария	Б. С. Юлдашев	– Республика Узбекистан
Ш. Нагиев	– Азербайджанская Республика		
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 – М. Левитович (Франция)
Ученый секретарь – Н. К. Скобелев

Программно-консультативный комитет по физике конденсированных сред

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

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИРЕКЦИЯ

Директор Г. В. Трубников
Вице-директор С. Н. Дмитриев
Вице-директор В. Д. Кекелидзе
Вице-директор Л. Костов
Главный ученый секретарь С. Н. Неделько
Главный инженер Б. Н. Гикал

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова

Директор Д. И. Казаков

Исследования:

- свойств симметрии элементарных частиц
- структуры теории поля
- взаимодействий элементарных частиц
- по теории атомного ядра
- по теории конденсированных состояний

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка

Директор В. Н. Швецов

Исследования:

- ядер методами нейтронной спектromетрии
- 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 Р. Ледницки

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 им. М. Г. Мещерякова

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. Дзепелова

Директор В. А. Бедняков

Исследования:

- нейтрино и редких процессов
- сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий
- структуры ядер мезоатомных процессов и в области ядерной спектроскопии
- методов ускорения частиц
- прикладные, радиобиологические и медицинские

Лаборатория радиационной биологии

Директор А. Н. Бугай

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. И. Сидорчук

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:

- образовательная программа для студентов старших курсов вузов
- подготовка студентами и аспирантами квалификационных работ
- проведение международных студенческих практик и школ
- пропаганда достижений современной науки
- повышение квалификации ИТР Института

Общеинститутские службы

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

КПП отметил успешное проведение международного круглого стола, участники которого поддержали основные направления развития прикладных инновационных исследований на ускорительном комплексе NICA, и одобрил первоочередные шаги по созданию широкой международной коллаборации для их реализации.

КПП принял к сведению решение дирекции ОИЯИ о выкупе оборудования наноцентра ЛЯР ОИЯИ, арендованного ранее у Фонда инфраструктурных и образовательных программ, выходе из состава акционеров АО «Международный инновационный нанотехнологический центр» и о выходе из инвестиционного соглашения от 31 августа 2010 г. между ОИЯИ, ГК «Российская корпорация нанотехнологий», ОАО «Концерн “Радиотехнические и информационные системы”», ЗАО «Фирма “АйТи”. Информационные технологии» и ОАО «Особые экономические зоны», поручив дирекции ОИЯИ направить в страны-участницы материалы, связанные с выкупом оборудования наноцентра ЛЯР ОИЯИ и выходом из инвестиционного соглашения от 31 августа 2010 г.

Заслушав и обсудив доклад председателя рабочей группы по вопросам стратегического развития при председателе КПП И. Штекля «Об итогах заседания рабочей группы по вопросам стратегического развития при председателе КПП от 22 июля 2021 г.», КПП приветствовал появление нового инструмента межсессионной работы КПП — рабочей группы по вопросам стратегического развития (РГСВ) и начало его практической работы; одобрил усилия дирекции Института по обеспечению эффективной работы РГСВ, в частности, созданию секретариата РГСВ при дирекции Института под председательством вице-директора Л. Костова; закрепил за данной группой название «рабочая группа по стратегическим вопросам при КПП».

Заслушав и обсудив доклад председателя РГСВ И. Штекля «О проекте Положения об ассоциированном членстве в ОИЯИ», КПП утвердил Положение об ассоциированном членстве в ОИЯИ с учетом замечаний полномочных представителей, высказанных на сессии, с указанием распространить действие Положения об ассоциированном членстве на соглашения об участии в выполнении программ ОИЯИ, заключенные ОИЯИ с государствами, если их условия не противоречат требованиям положения, а также при необходимости

предложить государствам, заключившим указанные соглашения, внести в них изменения, необходимые для приведения условий соглашений в соответствие с Положением об ассоциированном членстве.

КПП приветствовал использование данного положения как повод возобновить переговоры о формализации статуса с широким кругом стран-партнеров ОИЯИ и поручил дирекции Института ежегодно представлять государствам-членам ОИЯИ отчет о ходе выполнения соглашений об ассоциированном членстве в ОИЯИ.

Заслушав и обсудив доклад председателя РГСВ при КПП И. Штекля «О проекте Положения о флаге ОИЯИ», КПП утвердил данное положение и разрешил использование флага в соответствии с регламентом использования флага Объединенного института ядерных исследований.

Заслушав и обсудив доклад директора Института Г. В. Трубникова «Софийская декларация о ценности развития международной научно-технической интеграции», КПП принял декларацию с учетом поступивших предложений в ходе подготовки и обсуждения, отметив необходимость довести настоящую декларацию до сведения правительств государств-членов ОИЯИ.

Опираясь на настоящую декларацию и в соответствии со Стратегическим планом долгосрочного развития ОИЯИ на период до 2030 г. и далее, КПП поручил дирекции Института активизировать системную работу по привлечению в ОИЯИ новых партнеров, а также изучить перспективные направления дальнейшего расширения сообщества государств-членов, ассоциированных членов и стран-партнеров и разработать соответствующий план действий.

КПП поблагодарил председателя Болгарской академии наук Ю. Ревальского за интересный и содержательный доклад «Болгарская академия наук — традиции и перспективы».

КПП принял к сведению информацию о подготовке Республики Сербии к вступлению в полноправные члены ОИЯИ и приветствовал подписание соответствующего плана действий.

КПП выразил благодарность организаторам и полномочному представителю Правительства Республики Болгарии за высокий уровень подготовки и проведения сессии КПП.

СЕССИИ УЧЕНОГО СОВЕТА

18–19 февраля в формате видеоконференции прошла 129-я сессия Ученого совета под председательством директора Института Г. В. Трубникова и профессора Национального института физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея К. Борчи (Бухарест, Румыния).

Г. В. Трубников сделал всесторонний доклад, посвященный решениям очередной сессии КПП,

прошедшей в формате видеоконференции (ноябрь 2020 г.), результатам и достижениям Объединенного института ядерных исследований, а также последним событиям в области международного сотрудничества Института.

Ученый совет принял к сведению информацию о ходе реализации проекта NICA, представленную в докладе В. Д. Кекелидзе, о первых экс-

периментах на фабрике СТЭ, представленную в докладе Ю.Ц.Оганесяна. Был заслушан доклад о программе Центра радиобиологических исследований ОИЯИ, представленный А.Н.Бугаев, а также доклад А.С.Сорина о проекте корректировок Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг.

Ученый совет заслушал научный доклад «Реализация проекта СКИФ в Институте ядерной физики им. Г.И.Будкера (Новосибирск)», представленный П.В.Логачевым, и принял к сведению презентацию Р.Гувера «Недавние исследования углеродистых метеоритов с помощью сканирующей электронной микроскопии и эпитермального нейтронно-активационного анализа в сотрудничестве с Объединенным институтом ядерных исследований и Палеонтологическим институтом РАН и их потенциальное значение для астробиологии, происхождения и распространения биосфер».

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили: И.Церруя (ПКК по физике частиц), М.Левитович (ПКК по ядерной физике), И.Церруя и М.Левитович (совместное заседание ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике для оценки проектов ОИЯИ в области нейтринной физики), Д.Л.Надь (ПКК по физике конденсированных сред).

Было утверждено решение жюри о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ», а также о присуждении премии им. Б.М.Понтекорво и ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

С предложением о присвоении Лаборатории информационных технологий имени М.Г.Мещерякова выступили директор ОИЯИ Г.В.Трубников и директор ЛИТ В.В.Кореньков.

На сессии было объявлено о вакансии на должность директора ЛФВЭ.

Общие положения резолюции. Ученый совет выразил глубокую благодарность В.А.Матвееву за его выдающийся вклад в развитие ОИЯИ и успехи, достигнутые за период его руководства Институтом, а также поздравил Г.В.Трубникова с избранием на пост директора ОИЯИ.

Ученый совет с удовлетворением отметил ряд очных и дистанционных заседаний и конференций в государствах-членах ОИЯИ, приуроченных к 65-летию Института, как полезный инструмент для повышения представленности ОИЯИ на международной арене. Ученый совет приветствовал одобренную Комитетом полномочных представителей инициативу объявить 2021 г. годом Болгарии в ОИЯИ.

Ученый совет поддержал участие ОИЯИ в программе мероприятий на 2021 г., объявленный годом науки и технологий в Российской Федерации, и рекомендовал дирекции Института принять меры по широкому распространению сведений о ключевых достижениях ОИЯИ в российских средствах

массовой информации и средствах массовой информации других стран.

Ученый совет приветствовал одобрение Комитетом полномочных представителей программы развития Института, представленной Г.В.Трубниковым, и полностью одобрил Стратегический план долгосрочного развития ОИЯИ на период до 2030 г. и далее.

Ученый совет отметил последние научные результаты и технические достижения, полученные в рамках развития крупных объектов исследовательской инфраструктуры ОИЯИ.

В частности, Ученый совет высоко оценил недавний успех, достигнутый при вводе в эксплуатацию бустера комплекса NICA, подтвержденный ускорением пучка ионов. Ученый совет приветствовал прогресс в создании систем коллайдера комплекса NICA и детектора MPD, а также высокое качество результатов научного сотрудничества вокруг NICA и планы в этом направлении на 2021 г.

Ученый совет был впечатлен итогами первого эксперимента по синтезу изотопов московия, проведенного на фабрике сверхтяжелых элементов (СТЭ), и обработки первых данных, полученных с помощью нового газонаполненного сепаратора ГНС-2. Фабрика СТЭ и ее новое оборудование с очевидной ясностью расширят исследовательские возможности. Ученый совет отметил прогресс в разработке ускорительного комплекса DRIBs-III для исследований в области ядер вдали от острова стабильности.

Ученый совет высоко оценил установку двух новых кластеров Байкальского нейтринного телескопа, глубоководный детектор которого достиг эффективного объема 0,35 км³, что сделало Baikal-GVD одним из трех крупнейших нейтринных телескопов по эффективной площади и объему в Северном полушарии.

Отмечен прогресс в реализации программы пользователей спектрометров ИБР-2, и поддержана деятельность по разработке в ОИЯИ концепции нового источника нейтронов для ЛНФ.

Ученый совет одобрил вклад центра Tier-1 ОИЯИ в обработку экспериментальных данных эксперимента CMS в 2020 г., отметив, что по производительности он занимает второе место среди мировых центров эксперимента CMS, и приветствовал публикацию научных результатов, полученных с использованием ресурсов суперкомпьютера «Говорун».

Отмечено расширение сферы прикладных исследований ОИЯИ, проводимых в сотрудничестве с партнерскими организациями и направленными, в частности, на содействие работам, относящимся к тематике COVID-19, и поддержаны одобренные Комитетом полномочных представителей инициативы по созданию межлабораторного инновационного центра ОИЯИ, программа развития которого будет определена в будущем.

Ученый совет высоко оценил новые шаги по укреплению сотрудничества с государствами, не являющимися членами ОИЯИ, по расширению общих научно-технических интересов, обмену информацией, обучению будущих специалистов.

Ход реализации проекта NICA. Ученый совет принял к сведению отчет о ходе реализации проекта NICA, представленный исполняющим обязанности вице-директора ОИЯИ и директором ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, и отметил недавние впечатляющие достижения в реализации проекта, в первую очередь создание сверхпроводящего бустерного синхротрона, запуск которого подтвердил высокое качество всех подготовительных работ.

Высоко оценена эффективность регулярных заседаний комитета по анализу затрат и графика исполнения проекта NICA, а также хорошие темпы совершенствования инфраструктуры и производства элементов коллайдера, отмечено развитие сотрудничества на двух основных экспериментальных установках — MPD и BM@N и подготовка третьего эксперимента — SPD, где формируется коллаборация.

Ресурсы, запрошенные для проекта NICA в рамках корректировки Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., соответствуют созданию базовой конфигурации комплекса NICA и реализации намеченной научной программы. Ученый совет выразил согласие с тем, что при соблюдении предложенного профиля финансирования запуск базовой конфигурации комплекса в 2022–2023 гг. является реалистичным. В то же время Ученый совет допускает возможные сдвиги в планах на 2021–2023 гг. из-за пандемии COVID-19.

Первые эксперименты на фабрике СТЭ. Ученый совет с большим интересом заслушал доклад научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна, отметил успешную реализацию первых экспериментов по синтезу 115-го элемента (московия) в реакции $^{243}\text{Am} + ^{48}\text{Ca}$, поздравил коллектив лаборатории с успешным началом работы фабрики СТЭ и рекомендовал выполнение программы экспериментальных исследований на ней в приоритетном порядке в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

Программа Центра радиобиологических исследований. Заслушав доклад по программе исследований в области радиационной биологии директора ЛРБ А. Н. Бугая, Ученый совет высоко оценил научные цели и стратегию инновационных исследований в области радиационной нейробиологии и клинической радиобиологии, приветствовал расширение научного сотрудничества стран-участниц ОИЯИ по социально значимым направлениям прикладных исследований и рекомендовал подготовить более проработанное проектное предложение по инновационным исследованиям с конкретными этапами, чтобы рассмотреть его на следующих заседаниях ПКК ОИЯИ.

Проект корректировок Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. Ученый совет принял к сведению доклад главного ученого секретаря А. С. Соруна «Проект корректировок Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг.», высоко оценил всестороннюю работу дирекции ОИЯИ по определению ключевых показателей эффективности и анализу выполнения текущего семилетнего плана.

Ученый совет в целом поддержал предложенные направления корректировок Семилетнего плана развития ОИЯИ, касающиеся, в частности, реализации мегасайенс-проекта NICA, развития ускорительного комплекса DRIBs-III, разработки нового источника нейтронов, участия ОИЯИ в создании лаборатории SOLCRYS в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS Ягеллонского университета, создания нейтринного телескопа Baikal-GVD, проведения передовых экспериментов с реакторными нейтрино в рамках проектов DANSS и GEMMA/ ν GeN, развития Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ, включающего суперкомпьютер «Говорун».

Ученый совет одобрил инициативу дирекции ОИЯИ по созданию международного межлабораторного инновационного центра ядерно-физических исследований (инновационного центра), основной задачей которого является разработка технологий и методов в области ядерной и радиационной медицины, радиационных материалов, информационных технологий, а также повышение квалификации специалистов из стран-участниц ОИЯИ. Приняты к сведению планы на 2021–2023 гг. по созданию нового циклотрона ДЦ-140 в рамках программы инновационного центра.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет принял к сведению рекомендации ПКК (январь 2021 г.), представленные И. Церруей, М. Левитовичем и Д. Л. Надем, и обратился к дирекции ОИЯИ с просьбой учесть эти рекомендации при подготовке Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2022 г.

Ученый совет одобрил предпринимаемые дирекцией меры по концентрации научной программы ОИЯИ на основных задачах текущего семилетнего плана, в частности, мандат, данный дирекцией ОИЯИ всем трем ПКК, представить свои предложения по приоритизации проектов Института, что позволит сконцентрировать финансовые, кадровые и интеллектуальные ресурсы на крупных научных проектах с высоким потенциалом и перспективами.

Высоко оценена нетривиальная работа ПКК по приоритизации проектов в рамках Проблемно-тематического плана ОИЯИ, о чем свидетельствовала расстановка приоритетов в нейтринной программе ОИЯИ, рекомендованная на совместном заседании ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике. Этот процесс чрезвычайно важен для

реализации Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ на период до 2030 г. и далее.

Ученый совет приветствовал намерение дирекции ОИЯИ следовать рекомендациям ПКК по приоритизации проектов на основании их научной значимости, а также на основании вклада групп ОИЯИ в их реализацию, но при этом соблюдать выполнение действующих международных обязательств.

Физика частиц. В отношении проекта NICA Ученый совет присоединился к поздравлениям ПКК по физике частиц в адрес команды бустера в связи с плавной и успешной трассировкой первого пучка в бустере, подтверждающей высокое качество всех подготовительных работ. Несмотря на проблемы, вызванные пандемией, все направления инфраструктуры ЛФВЭ развиваются необходимыми темпами. С удовлетворением отмечен прогресс в строительстве и вводе в эксплуатацию новой компрессорной станции криогенного комплекса, в разработке каналов транспортировки пучка с соответствующей магнитной оптикой, в серийном производстве криомагнитной системы коллайдера и других элементов NICA. Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продлении проекта «Нуклотрон–NICA» до конца 2023 г.

Ученый совет поздравил коллектив эксперимента MPD с завершением сборки ярма магнита, доставкой соленоидного магнита и началом монтажа элементов магнита в холле MPD с целью их ввода в эксплуатацию в 2021–2022 гг.

Ученый совет высоко оценил прогресс в реализации проекта BM@N, включая подготовку детекторов, моделирование и разработку методов анализа данных для предстоящих сеансов работы детектора с ионными пучками в 2021 г., а также поздравил коллаборацию с первой публикацией результатов по короткодействующим корреляциям в журнале «Nature Physics».

Отмечено длительное сотрудничество между ОИЯИ и GSI, большой синергизм исследовательских программ NICA и FAIR, подчеркнута ценность опыта, полученного физиками ОИЯИ в эксперименте CBM на FAIR, для экспериментов MPD, SPD и BM@N на NICA. Совет одобрил рекомендацию ПКК о продолжении участия ОИЯИ в проекте CBM до конца 2025 г.

Отметив большое сходство мюонных систем PANDA и флагманского эксперимента ОИЯИ SPD и высоко оценив тесное сотрудничество между исследовательскими программами FAIR и NICA, Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК об участии ОИЯИ в проекте PANDA до конца 2024 г., а также разделил озабоченность ПКК высоким средним возрастом коллектива ОИЯИ и большой долей участников с очень низким вкладом FTE (0,3 и ниже) и согласился с рекомендацией ПКК адаптировать обязательства группы к имеющимся ресурсам. Ученый совет присоединился к ПКК и поблагодарил команду SPD за подготовку подроб-

ного отчета о дизайн-проекте (CDR) универсального 4π-детектора для регистрации и идентификации вторичных частиц при высокой светимости.

Поддержано предложение ПКК в адрес руководства проекта NICA о формировании соответствующего консультативного комитета по детекторам для тщательного анализа CDR и его последующего преобразования в технический проект (TDR). Ученый совет также призвал команду SPD приложить все усилия для формирования международной коллаборации, поиска необходимых ресурсов и привлечения студентов и молодых ученых.

Ядерная физика. Ученый совет поздравил коллектив ЛЯР с успешным запуском экспериментальной программы фабрики СТЭ. Первый эксперимент был направлен на синтез изотопов 115-го элемента (московия) в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$, что стало осуществимо благодаря возможностям сортировки и отбора событий в новом газонаполненном сепараторе ГНС-2, введенном в эксплуатацию в 2020 г. В ходе пяти недель эксперимента было получено более 50 событий распада изотопов ^{288}Mc и ^{289}Mc , что почти вдвое увеличило статистику по этим изотопам, набранную в предыдущих экспериментах на ускорительном комплексе У-400 в период с 2003 по 2012 г. Достигнуто сильное подавление фона в фокальной плоскости сепаратора ГНС-2, что имеет большое значение для регистрации распадов с большим временем жизни.

В следующем сеансе экспериментов на фабрике СТЭ будут использованы преимущества повышенной интенсивности лучей ^{48}Ca на мишени (до 3,0–5,0 мкА частиц), новой системы дифференциальной откачки и применения мишеней большой площади. Программа включает эксперименты по синтезу изотопов флеровия (Fl) в реакции $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ и получение высокоинтенсивного пучка ^{50}Tl для подготовки экспериментов по синтезу элементов 119 и 120. Ученый совет поддержал текущую научную программу фабрики СТЭ и предлагаемые в ней эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов.

Ученый совет признал научную значимость проводимых на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2 исследований, связанных с изучением свойств легких экзотических ядер на границе стабильности. Первые эксперименты на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2 были проведены с использованием реакции $^2\text{H}(^8\text{He}, ^3\text{He})^7\text{H}$ для получения информации о структуре суперобогатенного нейтронами ядра ^7H , в котором четко наблюдались основное и возбужденное состояния. В других реакциях исследовались возбужденные состояния в экзотических ядрах ^7He , ^9He и ^{10}Li .

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК об открытии в 2022 г. проекта по модернизации ускорителя ЭГ-5 в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» сроком на один год. Финансирование про-

екта на 2022 г. будет осуществляться в рамках бюджета, выделенного ЛНФ в соответствии с корректировками Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг., утвержденными КПП 23 ноября 2020 г.

В отношении темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о ее продлении до конца 2024 г. Тема посвящена изучению редких явлений, связанных со слабыми взаимодействиями, где применяются методы современной ядерной спектроскопии. Ученый совет одобрил общее направление подобных перспективных разработок, когда участие в престижных международных проектах обеспечивает доступ к передовым технологиям для развития собственных нейтринных экспериментов на двух экспериментальных установках, расположенных на Калининской АЭС и на озере Байкал.

Ученый совет признал важность крупномасштабного проекта «Baikal-GVD» и особо отметил ключевой вклад ОИЯИ в создание глубоководного детектора для этого проекта.

Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продолжении научной программы в рамках темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» с первым приоритетом.

Нейтринная физика. Ученый совет поблагодарил ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике за тщательный анализ пяти нейтринных проектов по теме «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» на совместной сессии двух ПКК. В соответствии с подходом, предложенным директором ОИЯИ Г.В. Трубниковым, конечной целью была классификация проектов с использованием схемы, принятой на предыдущем совместном заседании в январе 2019 г., исходя, прежде всего, из научной значимости проектов, эффективности и результативности работы группы ОИЯИ:

— категория А: отличные проекты, которые следует полностью обеспечить соответствующими ресурсами, мотивировать к их продолжению и повышению их научной значимости;

— категория В: очень хорошие проекты, содержащие некоторые недоработки и финансируемые строго с учетом рекомендаций по устранению таковых недоработок;

— категория С: проекты, демонстрирующие относительно низкую эффективность.

Руководителям проектов было предложено ответить на короткий список вопросов, подготовленный представителями двух ПКК. Каждый проект был рассмотрен одним рецензентом ПКК по физике частиц и одним рецензентом ПКК по ядерной физике. Заполненные анкеты и отчеты рецензентов были размещены на веб-странице Indico совместной сессии ПКК. Окончательная оценка каждого проекта проводилась с учетом мнений двух соответствующих рецензентов и последующего обсуждения проекта на совместном заседании двух ПКК.

В процессе оценки каждого проекта были выработаны конкретные замечания, указывающие на его сильные и слабые стороны, представленные в рекомендациях совместной сессии и резюмированные следующей классификацией:

Категория А: DANSS, EDELWEISS-RICOSHET, GERDA (LEGEND);

Категория В: GEMMA, SuperNEMO.

Физика конденсированных сред. Ученый совет высоко оценил пристальное внимание ПКК по физике конденсированных сред к разработке концепции нового источника нейтронов в ЛНФ, одобрил дальнейший мониторинг и обзор прогресса в этом направлении и поддержал рекомендации ПКК по строительству лаборатории SOLCRYS в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS. Вместе с ПКК Ученый совет приветствовал прогресс в строительстве лаборатории SOLCRYS и рекомендовал уделять более пристальное внимание графику строительства и деталям проекта лаборатории. Между тем Ученый совет разделил некоторые опасения ПКК по поводу небольшой задержки запланированного графика строительства лаборатории, произошедшей в 2020 г. из-за пандемии COVID-19, которую можно будет компенсировать в рамках проекта в целом. Одобрены регулярные заседания рабочей группы по строительству лаборатории SOLCRYS, а также обсуждение основных параметров создаваемой установки.

Ученый совет с удовлетворением отметил результаты оценки ПКК планов развития комплекса спектрометров ИБР-2 на 2021–2025 гг., в частности, приветствовал состояние работ по нейтронному дифрактометру ДРВ (дифракция в реальном времени) и новые возможности малоуглового рассеяния нейтронов и построения изображений, которые будут отвечать высоким требованиям сообщества пользователей к экспериментам по малоугловому рассеянию.

Ученый совет согласился с ПКК в том, что разработка нового спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии имеет важное значение для расширения возможностей экспериментов по изучению динамики и колебательных свойств конденсированных сред, а также в том, что деятельность, направленная на разработку и модернизацию других спектрометров, важна для успешной реализации программы пользователей ЛНФ, расширения спектра исследований, проводимых на ИБР-2, и обеспечения конкурентных исследовательских возможностей по сравнению с другими ведущими нейтронными центрами. Одобрена дальнейшая техническая модернизация ИБР-2 и предлагаемые меры по улучшению его рабочих характеристик.

Ученый совет удовлетворен статистикой реализации программы пользователей ЛНФ на спектрометрах ИБР-2 и внедрением нового веб-приложения, предназначенного для сбора и оценки предло-

жений по исследованиям. Отметив вместе с ПКК, что ИБР-2 и спектрометры работают по программе пользователей даже в период пандемии, Ученый совет поддержал дальнейшее развитие программы пользователей ЛНФ и рекомендовал ее продолжение.

О составех ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ, представленному директором Института Г. В. Трубниковым, Ученый совет назначил В. Доминика (Институт экспериментальной физики Варшавского университета, Польша) и А. Иванова (Институт Лауэ–Ланжевена, Гренобль, Франция) в состав программно-консультативных комитетов по физике частиц и по физике конденсированных сред соответственно, сроком на три года.

Ученый совет поблагодарил Я. Плюту и И. Мниха за их плодотворную работу в составе ПКК по физике частиц.

Научные доклады. Ученый совет поблагодарил академика П. В. Логачева за научный доклад «Реализация проекта СКИФ в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера (Новосибирск)», а также профессора Р. Гувера за прекрасную презентацию «Недавние исследования углеродистых метеоритов с помощью сканирующей электронной микроскопии и эпитеpmального нейтронно-активационного анализа в сотрудничестве с ОИЯИ и Палеонтологическим институтом РАН и их потенциальное значение для астробиологии, происхождения и распространения биосфер».

Награды и премии. Ученый совет одобрил предложение директора ОИЯИ Г. В. Трубникова о присвоении звания «Почетный доктор ОИЯИ» профессору М. Валигурскому, профессору С. Дубничке и профессору Л. Чифарелли за их выдающийся вклад в развитие науки и подготовку молодых ученых.

Ученый совет утвердил рекомендации жюри, представленные исполняющим обязанности вице-директора ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, о присуждении ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

Ученый совет утвердил рекомендации жюри, представленные директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым и председателем жюри А. Г. Ольшевским, о присуждении премии им. Б. М. Понтекорво за 2020 г. профессору К. Ниве (Нагойский университет, Япония) за развитие техники ядерных эмульсий высокого разрешения, которая привела к открытию тау-нейтрино и непосредственному наблюдению его осцилляций.

Присвоение Лаборатории информационных технологий имени М. Г. Мещерякова. Ученый совет поддержал предложение дирекции ОИЯИ, представленное директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым и директором ЛИТ В. В. Кореньковым, о присвоении Лаборатории информационных технологий имени М. Г. Мещерякова.

Объявление новых выборов директора ЛФВЭ. Ученый совет объявил о вакансии на должность директора ЛФВЭ и выборах на 131-й сессии Ученого совета в феврале 2022 г.

23–24 сентября состоялась 130-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института Г. В. Трубникова и профессора Белорусского государственного университета С. Я. Килина.

Г. В. Трубников сделал всесторонний доклад, посвященный ключевым для ОИЯИ событиям 2021 г., решениям сессии Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2021 г.), ходу реализации семилетнего плана, деятельности в сфере развития международного сотрудничества Института.

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

Ученый совет заслушал научный доклад «Четыре столпа ЛТФ», представленный Д. И. Казаковым, и доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

Состоялось вручение премии им. Б. М. Понтекорво, а также вручение дипломов победителям ежегодного конкурса ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

На сессии были объявлены выборы на должность директора ЛТФ.

Общие положения резолюции. Ученый совет поблагодарил профессора К. Борчу в связи с окончанием срока его пребывания на посту сопредседателя Ученого совета за безупречную работу, дипломатичное ведение дискуссий и внимание к каждому мнению.

По предложению директора ОИЯИ Ученый совет избрал С. Я. Килина сопредседателем Ученого совета сроком на три года, начиная с этой сессии.

Заслушав доклад директора ОИЯИ Г. В. Трубникова, Ученый совет высоко оценил прогресс в реализации семилетнего плана, в особенности по флагманским проектам, отметил возросшую активность и результаты в области развития международного сотрудничества, достигнутые Институтом в 2021 г., а также поддержал ориентированность ОИЯИ на расширение научного партнерства и на его развитие как международной межправительственной исследовательской организации.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет заслушал рекомендации ПКК, принятые на заседаниях комитетов в июне 2021 г. Всеми ПКК была применена новая схема оценки, предложенная дирекцией ОИЯИ, для классификации проектов по трем категориям (А, В и С), основанная, в первую очередь, на их научных достижениях, эффективности, влиянии и видимости групп ОИЯИ. Проекты были утверждены дирек-

цией ОИЯИ до конца текущего семилетнего плана (до конца 2023 г.) с учетом того, что те проекты, которые войдут в следующий семилетний план, будут по умолчанию продлены до конца запрошенного периода.

Физика частиц. Ученый совет отметил прогресс в реализации проекта NICA, в частности, ввод в эксплуатацию электрических подстанций, подготовку центральной криогенной станции, установку оборудования в новом компрессорном корпусе и ввод в эксплуатацию новых основных зданий. Ученый совет приветствовал завершение монтажа канала транспортировки пучка от бустера к нуклотрону и планы на второй сеанс бустера в 2021 г. Совет поздравил команду ускорителя с вводом в эксплуатацию канала «бустер–нуклотрон» и успешным завершением работы по транспортировке пучка ионов железа от бустера к нуклотрону по этому каналу, а также одобрил рост коллаборации MPD и подготовку детектора MPD для первых физических измерений при запуске комплекса NICA.

По рекомендации ПКК Ученый совет одобрил участие ОИЯИ в эксперименте T2K-II фазы II до конца 2023 г. с рейтингом В и ожидает отчета о ходе работы через год. Ученый совет рекомендовал руководству Института при составлении следующего семилетнего плана иметь в виду то, что возможное участие ОИЯИ в будущем крупномасштабном эксперименте Нурег-Катиоканде должно быть отделено от участия в эксперименте T2K-II.

Учитывая важность обязательств ОИЯИ по модернизации детектора CMS, Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК одобрить участие ОИЯИ во втором этапе модернизации детектора до конца 2023 г. с рейтингом А.

Ученый совет разделил озабоченность ПКК нехваткой кадров для анализа данных и моделирования в эксперименте BM@N, признавая большую важность успешной работы детектора BM@N в первом сеансе ускорительного комплекса, включая бустер, и поддержал рекомендацию ПКК о продолжении проекта BM@N до конца 2023 г. с рейтингом А.

Ученый совет отметил важную роль группы ОИЯИ в разработке и создании основных субдетекторных систем установки СОМЕТ, а также заметное участие ОИЯИ в координации исследований и управлении международным сотрудничеством и одобрил рекомендацию ПКК о продолжении проекта до конца 2023 г. с рейтингом А и об отчете о ходе его реализации через год.

Высоко оценен значительный вклад коллектива ОИЯИ в проектирование, строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание спектрометра NA62, а также результаты анализа наборов данных 2016–2018 гг., в котором было зафиксировано 20 событий-кандидатов редкого распада каона $K^+ \rightarrow \pi + \nu\nu$. Совет поддержал рекомендацию ПКК одобрить участие ОИЯИ в эксперименте NA62 до конца 2023 г. с рейтингом В.

Ученый совет поздравил команду ALPOM-2 с успешным завершением анализа данных и публикацией результатов измерений анализирующей мощности, которые имеют особое значение для экспериментов JLab, и поддержал рекомендацию ПКК о продолжении эксперимента ALPOM-2 до конца 2023 г. с рейтингом А.

Относительно участия ОИЯИ в эксперименте STAR, наряду с вкладом группы в создание и обслуживание детектора с момента его запуска, в разработку программного обеспечения и анализ данных, Ученый совет отметил, что ограниченное влияние и заметность команды ОИЯИ за последние три года не соответствуют численности (33 человека) группы (FTE 21). В связи с тем, что опыт, полученный командой, имеет применение в проекте NICA, Ученый совет согласился с ПКК в том, что команде следует постепенно переориентироваться на эксперименты NICA, одобрив рекомендацию ПКК о продолжении участия ОИЯИ в эксперименте STAR до конца 2023 г. с рейтингом В.

Ученый совет поддержал план группы ОИЯИ по модернизации протонного поляриметра эксперимента DSS для измерений поляризованных дейтронов и протонов на нуклотроне и рекомендацию ПКК о продолжении эксперимента DSS до конца 2023 г. с рейтингом В.

Ученый совет одобрил планы группы ОИЯИ по участию в программе модернизации HADES и в физическом анализе ($p + p$)-данных, отметив относительно небольшой размер команды ОИЯИ, актуальность HADES и CBM для физических программ MPD и BM@N и синергетический потенциал этих экспериментов. Ученый совет согласился с рекомендацией ПКК объединить команды ОИЯИ, участвующие в HADES и CBM, в одну, ориентированную на исследовательскую программу эксперимента CBM, и рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте HADES до конца 2023 г. с рейтингом В.

Отметив новые результаты, полученные в программе энергетического сканирования эксперимента NA61, и участие группы ОИЯИ в модернизации установки NA61, Ученый совет признал актуальность NA61 для проекта NICA, а также возможные преимущества обучения молодых исследователей в рамках данного эксперимента для их дальнейшей работы на NICA и поддержал рекомендацию ПКК о продолжении участия ОИЯИ в эксперименте NA61 до конца 2023 г. с рейтингом В.

Ученый совет высоко оценил прогресс в реализации проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов» и расширение использования прецизионных лазерных инклинометров (ПЛИ): четыре были установлены в туннеле LHC, еще два используются для детектора VIRGO. Ученый совет поддержал участие группы ОИЯИ в регистрации угловых микросейсмических наклонов земной поверхности для коллайдеров NICA, LHC и FCC, а также использование компактных ПЛИ для проекта «Теле-

скоп Эйнштейна», одобрив рекомендацию ПКК о продолжении проекта до конца 2023 г. с рейтингом А.

Ученый совет с удовлетворением отметил важные научные результаты, полученные группами ОИЯИ, участвовавшими в экспериментах ALICE, ATLAS и CMS на LHC.

Ядерная физика. Ученый совет отметил, что ввод в эксплуатацию фабрики СТЭ, модернизация циклотрона У-400М, а также создание экспериментальных установок нового поколения для работы на ускорителях ЛЯР расширили возможности проведения в ОИЯИ фундаментальных ядерно-физических и прикладных исследований на высочайшем уровне в широкой коллаборации с научными центрами государств-членов Института и других стран, заинтересованными в проведении исследований в Дубне.

Ученый совет особо выделил результаты первых экспериментов на фабрике СТЭ по получению изотопов Fl (флеровия) и Mc (московия) в реакциях синтеза $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$ и $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$ соответственно, а также поддержал программу детального изучения радиоактивных свойств изотопов от Lg до Mc в 2022–2023 гг.

Ученый совет одобрил продолжение экспериментов по α -, β - и γ -спектроскопии изотопов трансфермиевых элементов с использованием сепараторов SHELS и ГНС-2, которые позволят получить данные о структурах ядерных уровней. Изучение химических свойств новых элементов и связанных с ними релятивистских эффектов — еще одна цель экспериментов, проводимых в ЛЯР. Для этого в экспериментальном зале ДЦ-280 был установлен новый газонаполненный сепаратор ГНС-3.

Ученый совет отметил, что эксперименты по изучению массово-энергетического распределения составных систем с Z от 114 до 120, образованных в реакциях с пучками $^{52,54}\text{Cr}$, ^{48}Ti , ^{86}Kr и ^{68}Zn , позволят оценить вклад квазиделения в сечения захвата, что чрезвычайно важно для планируемых экспериментов по синтезу новых сверхтяжелых элементов с $Z = 119$ и $Z = 120$.

Основные этапы темы по дальнейшему совершенствованию ускорительного комплекса и исследовательских установок ЛЯР направлены на повышение стабильной работы ускорителей, увеличение интенсивности и улучшение качества пучков ионов как стабильных, так и радиоактивных нуклидов в диапазоне энергий от 5 до 60 МэВ/нуклон при снижении их энергозатрат. Основная цель работы по теме — существенно повысить эффективность проведения экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов и изучению их свойств, а также по получению легких ядер на границе нуклонной стабильности.

Ученый совет одобрил рекомендации ПКК по продлению тем «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной

стабильности» и «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок (DRIBS-III)» на 2022–2023 гг. с первым приоритетом.

Поддержана рекомендация ПКК об открытии проекта «Исследование эмиссии мгновенных нейтронов в делении ядер (ENGRIN)» в 2022 г. Проекту присвоен рейтинг В сроком на один год с учетом возможности его дальнейшего продления.

Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продлении проекта «Исследование глубокоподкритических электроядерных систем и особенностей их применения для производства энергии, трансмутации отработанного ядерного топлива (E&T&RM)» до конца 2023 г. с рейтингом В.

Физика конденсированных сред. Ученый совет одобрил проведение внеочередной сессии ПКК по физике конденсированных сред, состоявшейся 29 апреля 2021 г. и посвященной приоритизации проектов ОИЯИ по трем категориям, а также поблагодарил ПКК за продолжение этой работы на очередной, 54-й сессии, состоявшейся 28 июня 2021 г., и за подготовку итогового приоритетного перечня проектов ОИЯИ в области физики конденсированных сред после их детального рассмотрения.

Ученый совет приветствовал продолжающуюся проработку концепции нового источника нейтронов ОИЯИ «Нептун». В частности, было отмечено, что в соответствии с рекомендациями ПКК ЛНФ была подготовлена обновленная дорожная карта проекта по созданию нового источника нейтронов для утверждения руководством ОИЯИ и ГК «Росатом», что позволит начать работы по проведению НИОКР в части создания твэлов с топливом на основе нитрида нептуния и по подготовке технического задания на разработку эскизного проекта реактора «Нептун». Ученый совет разделял мнение ПКК о необходимости представить на следующей сессии ПКК подробный доклад по НИОКР, а также отчет об основных элементах конструкции холодных замедлителей, первичной нейтронной оптики и радиационной защиты как неотъемлемых составляющих источника нейтронов.

Ученый совет совместно с ПКК поддержал дальнейшее развитие малоуглового рассеяния на действующем и будущем импульсном источнике нейтронов, рекомендовав, в частности, продолжить работы по модернизации основных узлов дифрактометра ЮМО и представить детальную программу его модернизации на следующей сессии.

Ученый совет одобрил рекомендацию ПКК о продлении темы «Радиационно-физические, радиохимические и нанотехнологические исследования на пучках ускоренных тяжелых ионов» на 2022–2023 гг.

Поддержано предложение ПКК дополнительно обсудить подходы к назначению рецензентов при рассмотрении проектов на следующей сессии ПКК.

Ученый совет поблагодарил ПКК за проведение первой сессии виртуальных презентаций молодых

ученых, которая возобновила практику представления стендовых сообщений, приостановленную в связи с пандемией, и предложил двум другим ПКК использовать этот опыт.

Научный доклад. Ученый совет поблагодарил директора ЛТФ Д.И. Казакова за доклад о работе Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова, в котором подробно рассказано об успехах по всем основным направлениям исследований, проводимых в ЛТФ: физике высоких энергий, ядерной физике, теории конденсированного состояния, математической физике, а также в научно-организационной и научно-просветительской работе.

Отмечен высокий уровень достигнутых научных результатов, большинство из которых являются мировыми, и то, что ЛТФ занимает первое место в мировой научной повестке во многих областях. Одобрено сотрудничество ЛТФ с лабораториями ОИЯИ, имеющими экспериментальную базу, в частности, в рамках флагманских проектов, и деятельность ЛТФ по организации научных конференций и школ для молодых ученых, укрепляющая статус ЛТФ как одного из ведущих мировых центров теоретической физики, а также рост кадрового потенциала лаборатории за счет привлечения как молодежи, так и ряда выдающихся ученых.

Ход реализации проекта NICA. Заслушав представленный директором ЛФВЭ Р. Ледницким отчет о ходе реализации проекта NICA и успехах, достигнутых несмотря на созданные пандемией сложности, Ученый совет отметил, в частности: прогресс в создании канала вывода и транспортировки пучка тяжелых ионов, ускоренных в сверхпроводящем бустерном синхротроне, к нуклотрону; успешные результаты тестирования каналов, подтвердившие высокое качество подготовительных работ; успехи в развитии инфраструктуры и темпы производства элементов коллайдера; укрепление сотрудничества по двум основным экспериментальным установкам (MPD и BM@N), а также формирование коллаборации и детекторно-консультативного комитета для подготовки третьего крупного детектора (SPD); значительный прогресс в создании установки MPD — сверхпроводящий соленоидный магнит интегрирован с ярмом; продолжение подготовки к осеннему сеансу эксперимента BM@N в рамках физической программы для короткодействующих корреляций и к весенне-

му сеансу с пучками тяжелых ионов, запланированному на 2022 г., с учетом возможных сдвигов в графике реализации проекта NICA, которые могут быть вызваны затянувшейся пандемией.

Ход реализации Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ. Ученый совет ознакомился с докладом директора ОИЯИ Г.В. Трубникова о реализации долгосрочной стратегии ОИЯИ, который на заседании представил С.Н. Неделько.

Ученый совет одобрил активные меры, принимаемые в ОИЯИ по развитию инноваций, согласно долгосрочному стратегическому плану развития: начало создания собственного инновационного центра; организацию комитета по прикладным исследованиям и инновациям NICA и рабочей группы по стратегическим вопросам, созданной по решению КПП; запуск нового веб-ресурса для мониторинга реализации стратегии. Совет также отметил, что дирекция уделяет должное внимание повышению эффективности реализации тематического плана и административного управления и что разработка новых и модернизация существующих установок проводится соответствующим образом.

Ученый совет ожидает, что на следующей сессии будет представлена концепция Семилетнего плана долгосрочного стратегического развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.

Доклады молодых ученых. Ученый совет с интересом заслушал доклад Д. Бадреевой «Влияние заряженных липидов на взаимодействие пептида β -амилоида с фосфолипидной мембраной», выбранный ПКК по физике конденсированных сред для представления на этой сессии, и подчеркнул, что доклады молодых ученых крайне приветствуются.

Награды и премии. Ученый совет поздравил профессора К. Ниву (Нагойский университет, Япония) с присуждением премии имени Б. Понтекорво за 2020 г. Совет высоко оценил подготовленный профессором К. Нивой для этой сессии доклад, который был представлен А.Г. Ольшевским.

Одобрено предложение директора ОИЯИ Г.В. Трубникова о присвоении звания почетного доктора ОИЯИ президенту НИЦ «Курчатовский институт» профессору М. Ковальчуку.

Ученый совет поздравил победителей ежегодного конкурса ОИЯИ на лучшую научную, научно-методическую и научно-техническую прикладную работу.

ЗАСЕДАНИЯ ФИНАНСОВОГО КОМИТЕТА ОИЯИ

Заседание Финансового комитета состоялось 22 марта в формате видеоконференции под председательством представителя Грузии А. Хведелидзе.

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института Г.В. Трубникова и рекомендовал

КПП одобрить меры по совершенствованию системы административного управления Институтом в целях реализации положений Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее, а также утвердить корректировку Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2017–2023 гг.,

включая финансовое обоснование предложенных изменений и плановое распределение средств на 2021–2023 гг.

Финансовый комитет приветствовал сообщения о запуске одного из основных блоков мега-сайенс-проекта «Комплекс NICA» — сверхпроводящего бустерного синхротрона (бустера), состоявшемся 20 ноября 2020 г. с участием Председателя Правительства Российской Федерации М. В. Мишустина, и о запуске 13 марта 2021 г. крупнейшего в Северном полушарии глубоководного нейтринного телескопа *Vaikal-GVD*, прошедшем с участием министра науки и высшего образования России, полномочного представителя Правительства РФ в ОИЯИ В. Н. Фалькова.

Финансовый комитет высоко оценил результаты первых экспериментов на фабрике СТЭ в ноябре 2020 г. и январе 2021 г. по синтезу изотопов московия в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$, в которых зарегистрировано 55 цепочек распада ядра ^{288}Mc и 6 цепочек ^{289}Mc , что практически в два раза превышает число данных изотопов, синтезированных ранее на ускорителе *У-400* за весь период с 2003 по 2012 г., а также приветствовал получение предварительных результатов экспериментов, указывающих на первые свидетельства α -распада ^{268}Db , что ведет к открытию нового изотопа ^{264}Lr .

Финансовый комитет отметил укрепление связей с научными, научно-техническими и образовательными организациями стран-участниц ОИЯИ в части расширения партнерской сети, подписания новых документов о сотрудничестве на разном уровне, развития совместно организованных коллабораций и комитетов, а также создания информационных центров ОИЯИ на базе организаций сотрудничающих государств.

Финансовый комитет одобрил деятельность дирекции ОИЯИ по подготовке и участию Института в мероприятиях 2021 г., приуроченных к 65-летию образования ОИЯИ, году Болгарии в ОИЯИ и году науки и технологий в Российской Федерации.

По докладу руководителя департамента развития цифровых сервисов М. П. Васильева «Об исполнении бюджета ОИЯИ за 2020 г. и о проекте уточненного бюджета ОИЯИ на 2021 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП принять к сведению информацию об исполнении бюджета, утвердить сводную итоговую корректировку доходов и расходов бюджета ОИЯИ на 2020 г. и уточненный бюджет ОИЯИ на 2021 г. с общей суммой доходов и расходов 265 825,2 тыс. долларов США.

Финансовый комитет рекомендовал КПП с учетом экономии средств по статье международного научно-технического сотрудничества в 2020 г., обусловленной пандемией коронавирусной инфекции, поручить дирекции Института рассмотреть вопрос о соответствующем увеличении расходов по этой статье при формировании бюджета ОИЯИ на 2022, 2023 гг.

Финансовый комитет рекомендовал КПП в целях уменьшения резких ежегодных изменений нижних пределов взносов государств-членов внести уточнение в способ расчета нижних пределов взносов (протокол КПП от 25–26 марта 2015 г., раздел III, пункт 5), устанавливающее, что сумма прямых расходов на персонал, направленный в ОИЯИ полномочным представителем, рассчитывается как среднее арифметическое показателей за трехлетний период, предшествующий году, в котором рассчитываются взносы государств-членов.

Финансовый комитет рекомендовал КПП уточнить взносы государств-членов ОИЯИ на 2021 г., ориентировочные взносы государств-членов на 2022–2024 гг. с учетом использования уточненных нижних пределов взносов, а также выплату задолженности государств-членов в 2021 г. по уплате взносов в бюджет ОИЯИ.

По докладу вице-директора Института Р. Ледницкого «О выборе аудиторской организации по проведению проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2020 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить план аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2020 г., представленный дирекцией Института, а также утвердить ООО «ФинЭкспертиза» аудитором ОИЯИ за 2020 г., уполномочив его провести аудиторскую проверку финансовой деятельности Института за указанный период и анализ исполнения дирекцией Института плана мероприятий по итогам аудиторской проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2019 г.

Заседание Финансового комитета состоялось 19 ноября в Банско (Болгария) под председательством представителя Грузии А. Хведелидзе.

Финансовый комитет заслушал доклад директора Института Г. В. Трубникова и рекомендовал КПП:

— принять к сведению информацию о рекомендациях 130-й сессии Ученого совета ОИЯИ, исполнении текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, вкладе стран-участниц в осуществление крупных проектов Института, новых научных и научно-технических результатах и наиболее важных событиях в научно-образовательной деятельности и международном сотрудничестве ОИЯИ;

— поддержать инициативу дирекции Института о проведении оценки реализации Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее — для уточнения и корректировки приоритетов долгосрочного планирования развития крупной научно-исследовательской инфраструктуры Института и направлений научных исследований для разработки нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.;

— одобрить проведенную дирекцией Института работу по реорганизации структуры и оптимизации штата Управления, осуществлению других

организационных мер по повышению эффективности научно-организационной и административной деятельности Института, а также разработке комплексной системы мониторинга показателей долгосрочной стратегии ОИЯИ в соответствии с положениями Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ;

— поддержать предложение дирекции Института о целесообразности финансового участия ОИЯИ в развитии и поддержке медицинских, социальных и образовательных учреждений, расположенных на территории Дубны, в целях повышения качества жизни и создания благоприятных условий жизнедеятельности работников Института;

— одобрить инициативу дирекции Института по социальной поддержке работников ОИЯИ, прекративших трудовые правоотношения с Институтом.

По докладу руководителя департамента бюджетной и экономической политики Института Н. В. Калинина «О проекте бюджета ОИЯИ на 2022 г., об ориентировочных взносах государств-членов ОИЯИ на 2023, 2024, 2025 гг.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет ОИЯИ на 2022 г. с общей суммой доходов и расходов 274 304,1 тыс. долларов США, взносы и шкалу взносов государств-членов ОИЯИ на 2022 г., а также выплату задолженности государств-членов в 2022 г. по уплате взносов в бюджет ОИЯИ; разрешить директору Института в 2022 г. вносить корректировки в бюджет ОИЯИ, включая корректировки статей расходов по заработной плате и международному сотрудничеству, в рамках утвержденного бюджета в соответствии с регламентом внесения корректировок в бюджет ОИЯИ; согласиться с включением в бюджет ОИЯИ на 2022 г. взноса Корейской Народно-Демократической Республики, относительно которой принято решение о приостановлении ее членства, для сохранения установленных пропорций взносов государств-членов Института, компенсировать в 2022 г. дефицит бюджета ОИЯИ, возникающий вследствие приостановленного членства КНДР в ОИЯИ, за счет прочих доходов и поступлений бюджета ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП определить ориентировочные размеры бюджета ОИЯИ по доходам и расходам на 2023 г. в сумме 223,0 млн долларов США, на 2024 г. в сумме 228,6 млн долларов США и на 2025 г. в сумме 234,6 млн долларов США, а также ориентировочные суммы взносов государств-членов ОИЯИ на 2023, 2024 и 2025 гг.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить рабочей группе по финансовым вопросам ОИЯИ и дирекции Института проработать предложения по увеличению сумм взносов государств-членов, начиная со следующего Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг., исходя из фактической и прогнозной инфляции.

Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить бюджет по использованию целевых средств Российской Федерации, выделенных в соответствии с Соглашением между Правительством РФ и ОИЯИ о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, на 2022 г. в сумме 2 571 292,5 тыс. рублей.

Финансовый комитет рекомендовал КПП разрешить директору Института проиндексировать окладную и тарифную части заработной платы членов персонала с учетом возможностей бюджета ОИЯИ на 2022 г., в соответствии с Коллективным договором ОИЯИ на 2020–2023 гг.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции ОИЯИ до конца февраля 2022 г. выработать и представить на рассмотрение рабочей группе по финансовым вопросам ОИЯИ детальную процедуру учета удерживаемого налога на доходы физических лиц (НДФЛ) иностранных работников — граждан государств-членов ОИЯИ.

По докладу председателя Финансового комитета представителя Грузии А. Хведелидзе «О заявлении о намерении вступления Арабской Республики Египет в состав государств-членов ОИЯИ. О размере взноса Арабской Республики Египет в бюджет ОИЯИ» Финансовый комитет рекомендовал КПП, в случае положительного решения о принятии Арабской Республики Египет в состав государств-членов, принять предложение Арабской Республики Египет о постепенном увеличении членского взноса в бюджет ОИЯИ, предусматривающее достижение полного размера взноса, рассчитанного в соответствии с принципами новой методики расчета шкалы взносов государств-членов, не позднее 2028 г. При этом членские взносы в бюджет ОИЯИ, уплачиваемые Арабской Республикой Египет до 2028 г., должны быть не менее суммы прямых расходов на персонал, направленный в ОИЯИ полномочным представителем, расходов на гранты полномочного представителя и программы сотрудничества, компенсации инфраструктурных расходов. Финансовый комитет рекомендовал КПП планировать взнос Арабской Республики Египет дополнительно к расчетной сумме взносов государств-членов ОИЯИ.

Финансовый комитет рекомендовал КПП поручить дирекции ОИЯИ провести работу, направленную на уточнение расчетов по поступлениям средств от стран, принимающих участие в деятельности Института на основе двустороннего Соглашения о научно-техническом сотрудничестве.

По информации председателя рабочей группы по вопросам стратегического развития при председателе КПП И. Штекля «Об итогах заседания рабочей группы по вопросам стратегического развития при председателе КПП от 22 июля 2021 г.» Финансовый комитет приветствовал начало деятельности рабочей группы и дальнейшее развитие инструментов межсессионной работы.

По докладу руководителя проектов аудиторской компании «ФинЭкспертиза» И. В. Красильникова «Об итогах проведения аудиторской проверки финансовой деятельности Института за 2020 г. и анализе исполнения дирекцией Института плана мероприятий по итогам проведения аудиторской проверки финансовой деятельности

ОИЯИ за 2019 г.» Финансовый комитет рекомендовал КПП утвердить аудиторское заключение и бухгалтерский отчет ОИЯИ за 2020 г.

Финансовый комитет выразил благодарность директору ЛНФ В. Н. Швецову за интересный и содержательный доклад «Нейтронные исследования в науках о жизни».

СЕССИИ ПРОГРАММНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫХ КОМИТЕТОВ

54-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 18 января в формате видеоконференции под председательством профессора И. Церруи.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущем совещании, а также проинформировал ПКК о резолюции 128-й сессии Ученого совета.

ПКК принял к сведению отчет о ходе развития инфраструктуры ЛФВЭ, включая установку нуклотрон, представленный Н. Н. Агаповым. Комитет с удовлетворением отметил успехи в реконструкции линий электропередач, вводе в эксплуатацию электрических подстанций, монтаже оборудования на компрессорной станции и капитальном строительстве.

С интересом заслушан отчет о реализации проекта MPD, представленный А. Кищелем. Производство всех компонентов начальной конфигурации детектора MPD продолжается, их ввод в эксплуатацию запланирован на 2021–2022 гг. ПКК поздравил команду с достижением важных вех: завершением сборки ядра магнита, доставкой солевого магнита и началом установки элементов MPD на их место в павильоне MPD.

ПКК высоко оценил успехи в реализации проекта VM@N, представленного М. Н. Капишиным, сосредоточение команды на подготовке к сеансам работы установки с пучками ионов в 2021 г. ПКК поздравил коллаборацию VM@N с первой публикацией результатов анализа короткодействующих корреляций в журнале «Nature Physics».

ПКК приветствовал успехи в реализации проекта «Нуклотрон–NICA», представленные А. О. Сидориным, поздравил сотрудников с успешной и надежной циркуляцией первого пучка в бустере, подтвердившей высокое качество всех подготовительных работ, и с удовлетворением отметил успехи, достигнутые ОИЯИ в строительстве и вводе в эксплуатацию новой компрессорной станции криогенного комплекса, разработке каналов транспортировки пучка с соответствующей магнитной оптикой, серийном производстве компонент криомагнитной системы коллайдера, пучковой камеры и других элементов NICA. Рекомендовано продолжить работы по проекту «Нуклотрон–NICA» до конца 2023 г.

ПКК принял к сведению отчет о проекте «Сжатое барионное вещество» (CBM), представленный В. П. Ладыгиным. Эксперимент CBM на будущем ускорителе FAIR (Германия) сосредоточен на исследовании адронной материи при самых высоких плотностях барионов и умеренных температурах, включая деконфайнмент и фазовые переходы с восстановлением киральной симметрии. Опыт, полученный физиками ОИЯИ в разработке кремниевых детекторов и программного обеспечения для реконструкции событий в FAIR/CBM, будет полезен для экспериментов MPD, SPD и VM@N на NICA. Рекомендовано продолжить участие группы ОИЯИ в проекте CBM до конца 2025 г.

ПКК принял к сведению отчет Г. Д. Алексева об участии ОИЯИ в эксперименте PANDA, который запланирован на FAIR High Energy Storage Ring (HESR). Команда планирует внести свой вклад в создание различных подсистем установки и предложила для PANDA измерение структурных функций протонов в новой кинематической области и измерение упругих и глубоконеупругих антипротон-ядерных процессов. ПКК рекомендовал участие ОИЯИ в проекте PANDA на период 2022–2024 гг., в то же время выразив обеспокоенность высоким средним возрастом сотрудников ОИЯИ, занятых в проекте, и большой долей участников с низким FTE (0,3 и менее). Команде рекомендовано адаптировать свои обязательства к имеющимся ресурсам.

Программно-консультативный комитет с интересом заслушал презентацию концептуального проекта (CDR) эксперимента SPD, сделанную А. В. Гуськовым. Основная цель эксперимента — изучение поляризованной глюонной структуры протона и дейтрона при образовании чармония, открытого чарма и прямых фотонов. ПКК поблагодарил коллаборацию SPD за подготовку всеобъемлющего CDR и рекомендовал руководству NICA назначить соответствующий консультативный комитет по детекторам для тщательного анализа CDR и последующей разработки технического проекта SPD. ПКК призвал команду приложить все усилия для налаживания международного сотрудничества, поиска необходимых ресурсов и привлечения студентов и молодых ученых.

Приняты к сведению доклады о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспе-

риментах на LHC, представленные В. Н. Поздняковым (ALICE), Е. В. Храмовым (ATLAS) и И. Н. Горбуновым (CMS). ПКК отметил важность научных результатов, а также значительный вклад групп в программу модернизации детекторов.

Совместная сессия ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике для оценки нейтринных проектов ОИЯИ состоялась 21 января.

Программно-консультативные комитеты по физике элементарных частиц и по ядерной физике провели совместное заседание по оценке пяти нейтринных проектов по теме «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» с конечной целью классифицировать проекты на три категории, исходя, прежде всего, из научной значимости проекта, эффективности и результатов работы группы ОИЯИ. Окончательная оценка проектов проводилась с учетом мнений рецензентов от каждого ПКК и последующего обсуждения проекта на совместном заседании двух комитетов.

Заслушан доклад К. Н. Гусева о проекте GERDA (LEGEND), посвященном поиску безнейтринного двойного β -распада ^{76}Ge с помощью открытых Ge-детекторов, непосредственно погруженных в жидкий аргон. Проект GERDA реализуется в Гран-Сассо (Италия) усилиями большого международного коллектива. Анализ полного набора данных GERDA, соответствующего в суммарной экспозиции 127,2 кг·лет первой и второй фаз, позволил установить новый рекордный предел периода полураспада для безнейтринного двойного β -распада ^{76}Ge свыше $1,8 \cdot 10^{26}$ лет. Полномасштабный проект LEGEND с 1 т ^{76}Ge нацелен на чувствительность 10^{28} лет за счет уменьшения фона в десять раз для ответа на вопрос об иерархии масс нейтрино.

ПКК заслушали доклад В. И. Третьяка о проекте SuperNEMO в LSM (Модан, Франция), посвященном поиску безнейтринного двойного β -распада ($0\nu 2\beta$) с использованием трекокалориметрической методики и возможности измерять порядка 100 кг различных изотопов для максимальной чувствительности детектора к периодам полураспадов $T_{1/2}(0\nu 2\beta) \geq 10^{26}$ лет. Группа ОИЯИ участвует в создании пассивной защиты, системы ВЕТО, калориметра, программного обеспечения, в обработке данных и разработке методов радиохимической очистки. Было отмечено, что исполнение проекта задерживается на несколько лет, и это препятствует успеху эксперимента в условиях жесткой международной конкуренции. Тем не менее возможности трекового калориметра, а также свободная селективность по любому из изотопов-кандидатов помогут SuperNEMO внести свой вклад в оценку возможного сигнала $0\nu 2\beta$, обнаруженного в результате других поисков. Для этого ПКК призвал авторов создать эффективную группу, нацеленную на использование детектора SuperNEMO Demonstrator.

ПКК заслушали доклад Ю. А. Шитова о реакторном нейтринном проекте DANSS на Калининской АЭС, посвященном поиску стерильных нейтрино. В эксперименте DANSS компактный нейтринный спектрометр безопасно установлен рядом с реактором. За пять лет работы в 2016–2020 гг. зарегистрирована мировая рекордная статистика в 4 млн реакторных антинейтрино. Это позволило DANSS получить результаты мирового уровня — показать отсутствие значимого сигнала осцилляций реакторных антинейтрино в стерильные нейтрино после анализа большей части собранной статистики и показать возможности контролировать мощность реактора со статистической погрешностью $\sim 1,5\%$ за два дня измерений, и определять состав ядерного топлива. Планируется создание мини-спектрометра S3 (S-куб) объемом ~ 64 л, который будет регистрировать ~ 300 – 400 нейтрино в сутки, а также модернизация спектрометра DANSS-2 с улучшением в два раза энергетического разрешения, что позволит существенно расширить исследуемую область фазового пространства для поиска стерильных нейтрино.

Заслушан доклад А. В. Лубашевского с предложением о продлении проекта νGeN (GEMMA), который выполняется группой ОИЯИ на Калининской АЭС. Измерения сосредоточены на поиске магнитного момента нейтрино и изучении когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядре. В эксперименте используются сверхчистые германиевые детекторы с низким порогом (200 эВ), с низким фоном $1/(\text{кэВ} \cdot \text{кг} \cdot \text{сут})$, общей массой около 5,5 кг, размещенные на близком расстоянии от центра реактора, в потоке более 5×10^{13} антинейтрино/(\text{см}^2 \cdot \text{с}). Выгодными особенностями установки являются защита 50 м в.э. и передвижной спектрометр, позволяющий варьировать поток антинейтрино. Несмотря на задержки в реализации проекта и, как следствие, сниженный научный выход, ПКК отметил серьезные обязательства группы ОИЯИ и ее способность самостоятельно проводить исследования, а также потенциал проекта в условиях сильной международной конкуренции, в частности, в наблюдении когерентного рассеяния нейтрино.

Заслушан доклад Е. А. Якушева о последних результатах эксперимента EDELWEISS и о продолжении его исследовательской программы с новыми криогенными детекторами HPGe-боллометрами, которая будет расширена за счет включения исследований когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядрах. ПКК отметил успешную разработку боллометрических детекторов, которые позволят EDELWEISS-RICOCHET проводить высокоточные спектрометрические измерения вплоть до очень низких энергий (с энергетическим порогом ниже 100 эВ). Первый этап программы RICOCHET с крупномасштабным (масштаба килограммов) экспериментом будет проводиться на исследовательском реакторе ILL (Гренобль, Франция). В то же время в EDELWEISS по-прежнему

му будут использоваться новейшие детекторы для прямого поиска частиц темной материи из галактического гало в области малых масс WIMP (1 ГэВ/ c^2 и ниже). С удовлетворением отмечено, что EDELWEISS-RICOCHET добился лучших в мире результатов и сохраняет сильные конкурентные возможности.

Результат обсуждения проектов на совместном заседании двух комитетов был резюмирован следующей классификацией:

Категория А: DANSS, EDELWEISS-RICOCHET, GERDA (LEGEND);

Категория В: GEMMA, SuperNEMO.

53-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 22 января под председательством профессора М. Левитовича.

М. Левитович представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ С. Н. Дмитриев проинформировал ПКК о резолюции 128-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2020 г.) и решениях КПП (ноябрь 2020 г.).

ПКК заслушал доклад В. К. Утёнкова о первом эксперименте на фабрике СТЭ в ЛЯР ОИЯИ по синтезу изотопов 115-го элемента (московия) в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$, который был выполнен на сепараторе ГНС-2. В течение трехнедельного эксперимента было получено более тридцати событий распада изотопов ^{288}Mc и ^{289}Mc , что практически удвоило статистику по таким изотопам, набранную ранее на ускорительном комплексе У-400 за период 2003–2012 гг. В эксперименте удалось достичь чрезвычайно эффективного подавления фона в фокальной плоскости сепаратора, что крайне важно при регистрации событий распада ядер с большими временами жизни. Это позволило впервые зарегистрировать наблюдавшийся в ряде случаев α -распад ^{268}Db с последующим переходом в новый спонтанно делящийся изотоп ^{264}Lg .

Дальнейшая программа экспериментов на фабрике СТЭ предусматривает повышение интенсивности пучков ^{48}Ca на мишенях до 3,0–5,0 мкА частиц (завершение работ по созданию дифференциальной откачки и переход на мишени большей площади). Программа также включает в себя проведение экспериментов по синтезу изотопов Fl в реакции $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ и отработку режимов ускорения ^{50}Ti для подготовки экспериментов по синтезу 119-го и 120-го элементов.

ПКК поздравил коллектив ЛЯР с успешным началом реализации экспериментальной программы фабрики СТЭ и рекомендовал завершить в короткие сроки работы по созданию системы дифференциальной откачки на сепараторе ГНС-2 и вращающейся мишени большой площади, что позволит проводить эксперименты на пучках предельно высокой интенсивности.

ПКК заслушал представленный В. Худобой доклад о результатах первых экспериментов на фраг-

мент-сепараторе ACCULINNA-2, нацеленных на изучение супернейтроноизбыточного ядра ^7H в реакции $^2\text{H} (^8\text{He}, ^3\text{He}) ^7\text{H}$. Сечение этой реакции мало, однако экспериментаторы предприняли все необходимые меры для набора статистики на установке ACCULINNA-2. Проведенный анализ данных позволил авторам сделать вывод о наблюдении основного и возбужденного состояний ^7H , также были исследованы возбужденные состояния в других экзотических ядрах, таких как ^7He , ^9He и ^{10}Li . В настоящее время проводится анализ данных, и результаты будут представлены на следующих сессиях. ПКК отнес экспериментальную программу ACCULINNA-2 к категории А.

Заслушано предложение по открытию нового проекта «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и развитие его экспериментальной инфраструктуры», представленное А. С. Дорошкевичем, и отмечена исключительная важность установки ЭГ-5 для ОИЯИ как одной из важнейших установок своего класса. ПКК рекомендовал открыть в 2022 г. новый проект по модернизации ускорителя ЭГ-5 и сопутствующей экспериментальной инфраструктуры в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» сроком на один год. При наличии финансирования проект может быть продлен еще на два года. ПКК отнес этот проект к категории В.

Заслушан доклад П. И. Зарубина по проекту BECQUEREL, который нацелен на изучение диссоциации релятивистских ядер с помощью треков в ядерной эмульсии (ЯЭ). В эксперименте на нуклотроне изучалась фрагментация ядер с образованием стабильных и радиоактивных изотопов. Проведенный анализ данных эксперимента и их интерпретация позволили нескольким молодым исследователям защитить кандидатские диссертации. Ожидается, что реализация планов по автоматизации обработки данных приведет к значительному увеличению статистики. ПКК признал уникальность метода ЯЭ для идентификации заряженных частиц при релятивистских энергиях, однако по сравнению с другими методами ядерные эмульсии оказываются менее конкурентоспособными, поэтому проект BECQUEREL был отнесен к категории С.

ПКК заслушал доклад по проекту «Исследование глубокоподкритических систем, управляемых ускорителем, и особенностей их применения для производства энергии и трансмутации отработанного ядерного топлива (Э&Т&РМ)», представленный С. И. Тютюнниковым и Е. А. Левтеровой. Проект посвящен изучению реакций в урановой мишени, облученной пучками дейтронов и протонов на фазотроне. Интересные результаты по наблюдению высокоэнергетической и высокоинтенсивной эмиссии нейтронов с поверхности ядерной сборки могут быть использованы при трансмутации отработанного ядерного топлива. Проект нацелен на создание экспериментальной установки с «квази-бесконечной» мишенью. ПКК рекомендовал про-

должить работу по проекту Э&Т&РМ в 2021 г. и отнес проект к категории В.

ПКК заслушал отчет Е. А. Якушева по исполнению темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» и предложение по ее продлению. Тема включает семь проектов, направленных на изучение редких явлений, связанных со слабым взаимодействием, в которых применяются методы современной ядерной спектроскопии. Реализация всех проектов объединена имеющимися ресурсами и научными подходами. Помимо научных кадров в данную тему включены ресурсы, позволяющие осуществлять научную программу: лаборатория по производству и ремонту полупроводниковых детекторов; лаборатория по созданию и производству сцинтилляционных материалов для детекторов; радиохимический сектор, механические мастерские, группа компьютерного обеспечения экспериментов, группа масс-сепараторов и др. ПКК с удовлетворением отметил международное признание заслуг коллектива, который внес весьма заметный вклад в создание установок, моделирование и анализ данных, а также его способность руководить и участвовать в экспериментах мирового уровня. ПКК поддержал планы дальнейшего развития темы, когда участие в престижных международных проектах обеспечивает доступ к передовым разработкам для развития домашних нейтринных экспериментов на двух основных экспериментальных базах — в лабораториях, расположенных на Калининской АЭС и на озере Байкал. ПКК признал важным проект «Baikal-GVD» как один из флагманских проектов ОИЯИ и рекомендовал продлить тему «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» до конца 2024 г. с первым приоритетом.

53-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 25 января в режиме видеоконференции под председательством профессора Д. Л. Надя.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущей сессии ПКК, касающихся исследований ОИЯИ в области физики конденсированных сред. Вице-директор ОИЯИ Б. Ю. Шарков проинформировал ПКК о резолюции 128-й сессии Ученого совета Института (сентябрь 2020 г.) и о решениях КПП ОИЯИ (ноябрь 2020 г.).

ПКК принял к сведению отчет о ходе работ по созданию нового источника нейтронов в ЛНФ, представленный В. Н. Швецовым, приветствовал планируемую организацию специального подразделения по задачам ИБР-3 и счел, что объем работ, необходимых для выполнения ключевых этапов и достижения результатов в соответствии с планом проекта, требует ускорения этого процесса.

Приняв к сведению отчет о ходе строительства лаборатории SOLCRYС Н. Кучерки, ПКК отметил, что небольшую задержку в запланированном графике, произошедшую в прошлом году в связи с

непредвиденными обстоятельствами, вызванными пандемией, возможно компенсировать в пределах полного графика работ. Он также принял к сведению результаты очередных совещаний рабочей группы по созданию лаборатории SOLCRYС, состоявшихся в 2020 г. в удаленном интерактивном режиме. В ходе совещаний были обсуждены основные элементы проекта — сверхпроводящий виглер и расширение здания для установки. Детально обсуждались варианты каналов пучков с предполагаемыми итоговыми техническими характеристиками. Приветствуя постоянный прогресс в создании лаборатории SOLCRYС, ПКК рекомендовал уделять пристальное внимание графику работ и деталям проектирования лаборатории и регулярно информировать о продолжении работ.

ПКК принял к сведению планы развития аппаратуры ИБР-2 на 2021–2025 гг., представленные Д. П. Козленко, и информацию о состоянии нейтронного дифрактометра ДРВ (дифракция в реальном времени) на канале 6А ИЯУ ИБР-2, представленную В. А. Турченко. В частности, отмечено, что новые возможности малоуглового рассеяния нейтронов и визуализации на канале 10А реактора ИБР-2, оснащенного криогенным замедлителем, должны дополнить спектрометр ЮМО и удовлетворить высоким требованиям сообщества пользователей к экспериментам по малоугловому рассеянию. Разработка нового спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии на канале 2 ИБР-2 имеет важное значение для расширения возможностей по проведению экспериментов, связанных с изучением динамики и колебательных свойств конденсированных сред. Деятельность, направленная на разработку и модернизацию других спектрометров, важна для обеспечения конкурентоспособных исследовательских возможностей, сравнимых с другими ведущими нейтронными центрами, для успешной реализации научной программы и пользовательской программы ЛНФ, а также для расширения области исследований на ИЯУ ИБР-2. ПКК поддержал заявленную модернизацию и предлагаемые меры для улучшения характеристик спектрометров за счет увеличения соотношения сигнал/фон.

ПКК принял к сведению информацию о статистике программы пользователей ЛНФ и внедрении нового веб-приложения, предназначенного для сбора и обработки заявок на проведение экспериментов, и с удовлетворением отметил, что ИБР-2 функционирует в соответствии с программой пользователей даже в период пандемии. ПКК поддержал дальнейшее развитие пользовательской программы ЛНФ и рекомендовал продолжить ее выполнение, а также приветствовал внедрение нового веб-приложения для сбора заявок.

ПКК с интересом заслушал научный доклад «Экспериментальные исследования и мультимасштабное моделирование латентных треков в радиационно стойких диэлектриках» В. А. Скуратова и поблагодарил докладчика.

Принята к сведению информация о международной конференции «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2» (12–16 октября 2020 г., Дубна) Т. И. Иванкиной. Признавая существенное внимание международного научного сообщества к современным научным результатам, полученным с использованием ИЯУ ИБР-2, ПКК рекомендовал продолжить практику проведения подобных международных конференций в будущем.

По результатам встречи с членами дирекции ОИЯИ ПКК выразил намерение приступить к выполнению ранжированной оценки всех научных тем и проектов ОИЯИ, входящих в компетенцию ПКК по физике конденсированных сред, на основе научной значимости проекта или темы и результативности задействованной группы ОИЯИ.

55-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 21–22 июня в формате видеоконференции по председательством профессора И. Церруи.

Директор ОИЯИ Г. В. Трубников и председатель ПКК отдали дань уважения профессору Ж. Клеймансу (ЮАР), члену ПКК с 2010 г., трагически погибшему 22 февраля 2021 г. Участники сессии почтили память Ж. Клейманса минутой молчания.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущей сессии, а также проинформировал членов ПКК о резолюции 129-й сессии Ученого совета ОИЯИ.

С интересом заслушан доклад вице-директора ОИЯИ В. Д. Кекелидзе о текущей деятельности Института, решениях сессии Ученого совета и КПП и о создании новых управленческих структур, направленных на консолидацию интеллектуальных, материальных и кадровых ресурсов в соответствии с приоритетами семилетнего плана.

ПКК принял к сведению отчет о ходе реализации проекта «Нуклотрон–NICA», представленный А. О. Сидориным, одобрил завершение сооружения канала транспортировки пучка от бустера к нуклотрону и планы на второй сеанс работы бустера в 2021 г., а также с удовлетворением отметил, что задержка с завершением строительных работ в здании № 17 коллайдера не влияет на запланированное время запуска коллайдера NICA.

Заслушав отчет Н. Н. Агапова о развитии инфраструктуры ЛФВЭ, включая установку нуклотрон, ПКК оценил значительный прогресс, достигнутый при вводе в эксплуатацию электрических подстанций, подготовке центральной криогенной установки, размещении оборудования в новом компрессорном здании и вводе в эксплуатацию основных новых зданий.

ПКК высоко оценил отчет о реализации проекта МРД А. Кищеля, одобрив рост числа участников коллаборации МРД в связи с недавним присоединением трех новых институтов и готовность к первым физическим измерениям в начале работы

NICA, а также подчеркнул важность дальнейшей работы по моделированию, направленной на оптимизацию характеристик детектора и методики анализа.

Оценка новых, а также текущих проектов по трем категориям (А, В и С) проводилась по схеме, принятой на предыдущих совместных заседаниях с ПКК по ядерной физике в 2019 и 2021 гг. Рейтинг основан, в первую очередь, на научных достоинствах проекта, эффективности и результатах работы группы ОИЯИ. По указанию дирекции ОИЯИ проекты продлены до конца срока текущего семилетнего плана, т. е. до конца 2023 г. Проекты, включенные в следующий семилетний план, будут автоматически продлены до конца запрошенного периода.

ПКК принял к сведению доклад В. В. Глаголева об участии ОИЯИ в экспериментах T2K-II и Hyper-Kamiokande. ПКК приветствовал план команды ОИЯИ по участию в модернизации ближнего детектора T2K-II. Однако роль, стратегия и перспективы группы вызвали опасения качественного и количественного характера. Поэтому ПКК рекомендовал участие ОИЯИ во второй фазе эксперимента T2K с рейтингом В до конца 2023 г. с представлением отчета о проделанной работе в течение одного года. Решение о возможном участии группы в будущем крупномасштабном эксперименте Hyper-Kamiokande должно приниматься руководством ОИЯИ при разработке следующего семилетнего плана развития ОИЯИ.

В. Ю. Каржавин представил отчет по новому проекту «Модернизация детектора CMS». Цель проекта — подготовить детектор CMS к эффективной работе в условиях HL-LHC. Команда ОИЯИ будет участвовать в проектировании и создании калориметра высокой гранулярности HGCal и модернизации передней мюонной станции ME1/1. ПКК рекомендовал одобрить участие группы ОИЯИ во втором этапе модернизации детектора CMS с рейтингом А до конца 2023 г.

Высоко оценены успехи в реализации проекта VM@N, о которых сообщил М. Н. Капишин. Команда сосредоточена на подготовке детекторов, дальнейшем развитии методов анализа данных и моделировании для предстоящих сеансов установки VM@N с ионными пучками, запланированных на 2022 г. ПКК вновь выразил озабоченность по поводу нехватки кадров для анализа данных и моделирования. ПКК признал высокую важность успешной работы детектора VM@N при первом запуске ускорительного комплекса, включая бустер, и рекомендовал продолжить проект VM@N с рейтингом А до конца 2023 г.

ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в проекте COMET на J-PARC 3. Цамалаидзе. Эксперимент направлен на поиск возможного нарушения аромата заряженного лептона в безнейтринном процессе перехода мюон–электрон для исследования физики за пределами SM. ПКК с удовлетворением отметил, что группа ОИЯИ игра-

ет важную роль в разработке и построении основных детекторных подсистем установки COMET, и рекомендовал продолжить проект с рейтингом А до конца 2023 г. с подготовкой отчета о ходе реализации проекта.

Отчет об участии ОИЯИ в эксперименте NA62 на SPS был представлен Д. Т. Мадигожиним. Эксперимент направлен на измерение очень редкого распада каона $K^+ \rightarrow \pi + \nu\nu$. NA62 планирует проверку SM посредством измерения с точностью 10% матричного элемента V_{td} матрицы Кабиббо–Кобаяши–Маскавы. ПКК высоко оценил результаты анализа наборов данных за 2016–2018 гг., которые привели к наблюдению 20 возможных событий редкого распада, и рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте NA62 с рейтингом В до конца 2023 г.

ПКК заслушал отчет о реализации выполняемого в Институте проекта ALPOM-2 Н. М. Пискунова. Основная цель проекта — расширить измерения анализирующей способности реакций рассеяния поляризованных нуклонов на различных мишенях на нуклотроне. Отметив особое значение этих измерений для экспериментов JLab, ПКК поддержал план группы по продолжению этого эксперимента, что обеспечит лидерство ОИЯИ в области поляриметрии, и рекомендовал продолжить эксперимент ALPOM-2 до конца 2023 г. с рейтингом А.

Ю. А. Панебратцев представил отчет об участии ОИЯИ в эксперименте STAR на RHIC. ОИЯИ внес свой вклад в создание и обслуживание торцевых и цилиндрических электромагнитных калориметров, в подготовку нового детектора плоскости реакции, в разработку программного обеспечения и анализ данных. ПКК отметил, что в последние три года влияние и значимость команды ОИЯИ (с точки зрения лидирующих позиций в коллаборации, числа публикаций с заметным вкладом ОИЯИ и выступлений на конференциях) несопоставимы с очень большим размером группы — 33 участника (21 FTE). Отметив, что опыт, полученный командой, имеет отношение к проекту NICA, ПКК призвал команду постепенно сместить акцент на эксперименты NICA и рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте STAR с рейтингом В до конца 2023 г.

Отчет о ходе реализации проекта DSS был представлен М. Янеком. Эксперимент сфокусирован на изучении спиновой структуры короткодействующих корреляций $2N$ и $3N$ путем измерения наблюдаемых поляризации в реакциях, индуцированных дейтронами на нуклотроне. Команда ОИЯИ внесла значительный вклад в создание аппаратуры, разработку программного обеспечения и анализ данных. ПКК поддержал планы группы ОИЯИ по модернизации установки и рекомендовал продолжить эксперимент DSS с рейтингом В до конца 2023 г.

ПКК принял к сведению отчет об участии ОИЯИ в эксперименте HADES в GSI, представлен-

ный В. П. Ладыгиным. Спектрометр HADES предназначен для изучения образования дилептонов с малой массой и исследования модификации легких векторных мезонов в теплой и плотной материи, создаваемой в результате столкновений тяжелых ионов на ускорителе SIS-18 в GSI. ОИЯИ сделал вклад в аппаратное обеспечение, разработку программ и анализ данных. ПКК отметил актуальность HADES и CBM для физических программ MPD и BM@N и возможную синергию между этими экспериментами, рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте HADES с рейтингом В до конца 2023 г.

А. В. Дмитриев проинформировал ПКК об участии ОИЯИ в эксперименте NA61 на SPS. ПКК отметил новые результаты, полученные в программе сканирования энергии в эксперименте NA61, и участие группы ОИЯИ в модернизации установки и рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте NA61 с рейтингом В до конца 2023 г.

М. В. Ляблин рассказал о ходе реализации проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов». Проект направлен на разработку точных приборов для регистрации микросейсмических явлений. Четыре прецизионных лазерных инклинометра (ПЛИ) установлены в туннеле LHC и еще два используются для детектора VIRGO. Рекомендовано продолжить проект с рейтингом А до конца 2023 г.

ПКК заслушал отчеты о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC, представленные Б. В. Батюней (ALICE), В. В. Любушкиным (ATLAS) и М. В. Савиной (CMS). Отмечены интересные результаты в изучении ультрапериферических PbPb-столкновений, в поиске проявлений физики за пределами SM и успехи в модернизации детекторов.

54-я сессия Программно-консультативно-го комитета по ядерной физике состоялась 23 июня под председательством профессора М. Левитовича.

М. Левитович представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ С. Н. Дмитриев проинформировал ПКК о резолюции 129-й сессии Ученого совета Института (февраль 2021 г.) и решениях КПП (март 2021 г.).

ПКК заслушал доклад «СТЭ в ЛЯР: исследование и развитие работ», представленный Ю. Ц. Оганесяном, содержащий обзор научно-исследовательских работ, проведенных за последние четыре года в ЛЯР ОИЯИ. Самым значительным событием стало начало экспериментов на новом циклотроне ДЦ-280 в 2019 г. ПКК отметил, что ввод в эксплуатацию фабрики СТЭ, модернизация циклотрона У-400М, а также создание экспериментальных установок нового поколения значительно расширяют возможности проведения в ОИЯИ фундаментальных ядерно-физических и прикладных исследований на высочайшем уровне.

ПКК особенно выделил результаты первых экспериментов на фабрике СТЭ по синтезу изотопов Mc (московия) и Fl (флеровия) в реакциях слияния $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$ и $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$ соответственно. Зарегистрировано 61 событие образования изотопов $^{288,289}\text{Mc}$ (ранее за все годы было зарегистрировано 35 цепочек), а также более 99 цепочек распада $^{286,287}\text{Fl}$ (ранее за все годы — 25 цепочек). Благодаря высокой эффективности проводимых экспериментов и сильному подавлению фона впервые был зарегистрирован α -распад ядра ^{268}Db , что привело к открытию нового изотопа ^{264}Lr . Также проведена серия экспериментов, направленных на изучение массово-энергетического распределения бинарных продуктов распада составных систем с Z от 114 до 120, образованных в реакциях с пучками $^{52,54}\text{Cr}$, ^{48}Ti , ^{86}Kr и ^{68}Zn . Такие эксперименты позволяют оценить вклад квазиделения в сечения захвата, что является крайне важным для планируемых экспериментов по синтезу новых сверхтяжелых элементов с $Z = 119$ и 120. Для изучения химических свойств новых элементов и связанных с ними релятивистских эффектов в экспериментальном зале ДЦ-280 уже смонтирован новый газонаполненный сепаратор ГНС-3.

ПКК заслушал отчет по реализации темы «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» за 2017–2021 гг., представленный Г.Г. Гульбекианом, и отметил, что на циклотронах ЛЯР (ДЦ-280, У-400, У-400М и ИЦ-100) за отчетный период был проведен широкий спектр научных и прикладных исследований в области физики тяжелых ионов. ПКК также отметил, что программа экспериментальных исследований на ускорительном комплексе ЛЯР У-400 была выполнена согласно плану работ. Время работы циклотрона использовалось в основном для выполнения программы исследований на пучках ^{48}Ca (установки ГНС и SHELS) и ^{50}Ti (установка SHELS), а также для выполнения прикладных работ (Роскосмос).

В июле 2020 г. начата модернизация циклотрона У-400М, которую планируется завершить в середине 2022 г. До этой остановки циклотрон У-400М обеспечивал выполнение программы экспериментальных исследований на пучках ^{11}B , ^{15}N , ^{32}S (сепараторы ACCULINNA-1 и ACCULINNA-2), на пучках ^{18}O , ^{22}Ne (установка КОМБАС) и ^{40}Ar , ^{48}Ca (масс-спектрометр MASHA).

ПКК отметил важность реконструкции ускорителя У-400 в У-400R и создания нового экспериментального зала и высоко оценил проделанную работу по подготовке проекта нового экспериментального зала ускорителя У-400R, который получил положительное заключение Главгосэкспертизы России. Планируемый срок строительства нового экспериментального зала составляет 2,5 года (2022–2024 гг.).

ПКК констатировал большое внимание к созданию и развитию новых экспериментальных уста-

новок ЛЯР. Введен в эксплуатацию новый газонаполненный сепаратор ГНС-2. Создана и испытана новая увеличенная система детекторов, размещенная в фокальной плоскости сепаратора ГНС-2, которая позволила повысить регистрацию продуктов реакций в 1,5 раза, что крайне важно для проведения длительных экспериментов по синтезу СТЭ. В рамках темы разработан и введен в эксплуатацию сепаратор ACCULINNA-2. В 2017–2021 гг. проведен ряд методических работ по подготовке к экспериментам на пучках ^6He , ^8He , ^9Li , ^{10}Be , ^{27}S и др.

ПКК заслушал предложение по продлению тем «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» и «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности» на 2022–2023 гг. С. И. Сидорчука.

Дальнейшая реализация темы «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» включает модернизацию и развитие циклотронного комплекса ЛЯР, расширение экспериментальной базы лаборатории (создание новых физических установок), развитие систем ускорителей. Основные этапы работы направлены на повышение стабильности работы ускорителей, увеличение интенсивности и улучшение качества пучков ионов как стабильных, так и радиоактивных нуклидов в диапазоне энергии от 5 до 60 МэВ/нуклон при одновременном снижении энергопотребления. Основной целью работ по теме является существенное повышение эффективности проведения экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов, а также легких ядер на границах нуклонной стабильности.

В рамках темы «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границе нуклонной стабильности» на фабрике СТЭ в 2022–2023 гг. будут продолжены эксперименты по синтезу изотопов элементов 114 (Fl) и 115 (Mc) в реакциях ^{48}Ca с ^{242}Pu и ^{243}Am с целью детального изучения радиоактивных свойств изотопов от Lr до Mc. Также будет проведена серия экспериментов по определению сечений образования изотопов СТЭ в реакциях актиноидов с ^{50}Ti и ^{54}Cr , что позволит определить перспективы синтеза новых элементов 119 и 120 и начать первые эксперименты.

На сепараторах SHELS и ГНС-3 с использованием детектирующих систем GABRIELA и SFiNX будут продолжены эксперименты по α -, β - и γ -спектроскопии изотопов трансфермиевых элементов, которые позволят получить данные о структурах ядерных уровней. Планируется выполнить первые эксперименты по спектроскопии ядер московия.

После запуска циклотрона У-400М в 2022 г. на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2 планируется продолжить изучение возможностей повышения эффективности экспериментов, нацеленных на исследование структуры ядра ^7H и других ней-

тронообогащенных ядер: ^{10}He , $^{11,13}\text{Li}$, ^{16}Be , $^{18,19}\text{C}$ и ^{26}O .

ПКК рекомендовал продлить темы «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» и «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности» на 2022–2023 гг. с первым приоритетом.

ПКК заслушал предложение по открытию нового проекта «Исследование эмиссии мгновенных нейтронов в делении ядер (проект ЭНГРИН)», представленное Ш. С. Зейналовым. Исследования посвящены изучению связей множественности и угловых распределений мгновенных нейтронов деления с полученными данными о спектрах энергии и массы осколков деления тяжелых ядер, наблюдаемого на пучке резонансных нейтронов. Такие эксперименты перспективны для оценки размеров и формы делящегося ядра и доли полной кинетической энергии осколков, полученных к моменту разрыва шейки. ПКК отнес проект к категории В и рекомендовал открыть в 2022 г. проект ЭНГРИН сроком на один год с возможностью его дальнейшего продления.

ПКК заслушал доклад о статусе проекта «Измерение обычного мюонного захвата для проверки ядерных матричных элементов 2β -распадов (MONUMENT)», представленный М. В. Ширченко. Задачей проекта является проведение экспериментальных измерений мюонного захвата на нескольких дочерних по отношению к кандидатам на $0\nu\beta\beta$ -распад ядрах. Получаемые новые результаты важны для проверки точности теоретических расчетов ядерных матричных элементов. Группа ОИЯИ будет проводить измерения на мезонной фабрике Института им. П. Шеррера (PSI) в Швейцарии. Старт самих измерений был запланирован на октябрь 2021 г. ПКК отнес проект к категории А и рекомендовал продолжить работы до конца 2023 г.

ПКК заслушал доклад по проекту «Исследование глубокоподкритических электроядерных систем и особенностей их применения для производства энергии и трансмутации отработанного ядерного топлива (Э&Т&РМ)» А. А. Балдина. Проект посвящен разработке новой концепции электроядерных систем (ADS) на основе сильнооточного ускорителя легких ядер. Перспективность ADS обусловлена как возможностью создания замкнутого топливного цикла, так и трансмутацией радиоактивных отходов. Проект включает в себя как теоретические исследования, так и эксперименты на пучках протонов, дейтронов и легких ядер ускорительного комплекса ОИЯИ, включая фазотрон и NICA. Специализированная станция ядерно-энергетических технологий, создаваемая на ускорительном комплексе NICA, откроет новые возможности экспериментальных исследований на выведенных пучках протонов и легких ядер.

ПКК рекомендовал продлить проект Э&Т&РМ до конца 2023 г. Кроме того, ПКК считает чрезвы-

чайно интересными два новых направления работ: по станции исследования ядерных энергетических технологий (СИЯЭТ) и по разработке и созданию прототипа комплекса лучевой терапии и прикладных исследований с пучками тяжелых ионов на нуклотроне-М — и рекомендовал представить доклад на одном из заседаний комитета с указанием для каждого из трех направлений статуса и, если возможно, подробного плана работ, включая бюджет, людские ресурсы и участие сторонних организаций. ПКК подтвердил свою прежнюю рекомендацию, отнеся проект Э&Т&РМ к категории В.

54-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 28 июня в режиме видеоконференции под председательством профессора Д. Л. Надя.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущих регулярной и внеочередной сессий ПКК, касающихся исследований ОИЯИ в области физики конденсированных сред. Вице-директора ОИЯИ Л. Костов и С. Н. Дмитриев проинформировали ПКК о резолюции 129-й сессии Ученого совета Института и о решениях КПП.

ПКК принял к сведению доклад М. В. Булавина о состоянии работ по новому источнику нейтронов ОИЯИ «Нептун». В соответствии с принятыми ранее рекомендациями ПКК учеными ЛНФ подготовлена обновленная дорожная карта проекта по созданию нового источника нейтронов для утверждения руководством ОИЯИ и ГК «Росатом». Утверждение дорожной карты позволит начать работы по проведению НИОКР в части создания твэлов с топливом на основе нитрида нептуния и по подготовке технического задания на разработку эскизного проекта реактора «Нептун». ПКК рекомендовал представить на следующей сессии ПКК подробный доклад по НИОКР, а также выразил надежду получить отчет об основных элементах конструкции холодных замедлителей, первичной нейтронной оптики и радиационной защиты как неотъемлемых составляющих источника нейтронов.

ПКК заслушал доклад о текущем состоянии малоуглового дифрактометра ЮМО на четвертом канале ИЯУ ИБР-2, представленный А. И. Ивановым, отметив высокую востребованность установки и важность получаемых на ней научных результатов, публикуемых в высокорейтинговых журналах. ПКК поддержал дальнейшие усилия по развитию метода малоуглового рассеяния на действующем и будущем импульсных источниках нейтронов и рекомендовал продолжить работы по модернизации основных узлов дифрактометра ЮМО. Рассмотрение детальной программы его модернизации запланировано на следующей сессии ПКК.

ПКК принял к сведению отчет по завершающейся теме «Радиационно-физические, радиохимические и нанотехнологические исследования на

пучках ускоренных тяжелых ионов», представленный П. Ю. Апелем. ПКК высоко оценил широкий спектр выполненных НИОКР и высокое качество полученных результатов. Предложение о продлении темы позволяет синхронизировать выполняемые в рамках темы работы с Семилетним планом развития ОИЯИ. ПКК счел представленное предложение хорошо сформулированным и рекомендовал продлить тему на 2022–2023 гг.

Одним из важных итогов состоявшейся сессии ПКК стало завершение работы по приоритизации проектов ОИЯИ, находящихся в компетенции ПКК по физике конденсированных сред. Были рассмотрены обновленные отчеты по проектам, в отношении которых на внеочередной сессии ПКК в апреле 2021 г. были высказаны критические замечания. ПКК отметил, что внесенные ранее замечания учтены, и рекомендовал отнести проекты «Создание комплекса криогенных замедлителей ИЯУ ИБР-2», «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований» и «Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)» к категории А.

ПКК обсудил дополнительные рецензии, запрошенные в ходе работы внеочередной сессии ПКК 29 апреля 2021 г. по проектам «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий», «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли», «РАДИО-

ГЕН: Молекулярная генетика радиационно-индуцированных изменений гена, генома и транскриптома *Drosophila melanogaster*», «Изучение радиопротекторных свойств белка Damage suppressor (Dsup) на модельном объекте *D. melanogaster* и культуре клеток человека НЕК293», и также рекомендовал отнести эти проекты к категории А.

С интересом заслушаны научные доклады «Магнитные жидкости и эластомеры: структурные исследования для инновационных приложений» (М. Балашою) и «Комплементарное исследование модельных липидных мембран методами нейтронного и рамановского рассеяния» (Д. В. Соловьев и Е. Арынбек) и выражена благодарность докладчикам за выступления, подготовленные на высоком уровне.

ПКК рассмотрел 12 виртуальных стендовых сообщений молодых ученых в области теории конденсированных сред и информационных технологий. Виртуальное сообщение Д. Р. Бадреевой «Влияние заряженных липидов на взаимодействие пептида бета-амилоида с фосфолипидной мембраной» было выбрано как лучшее на сессии. ПКК также отметил высокий уровень двух других виртуальных сообщений: «Распределенная информационно-вычислительная инфраструктура организаций стран-участниц ОИЯИ» Е. Мажитовой и «Информационная система для анализа морфофункциональных изменений в центральной нервной системе при исследовании воздействия ионизирующего излучения и других факторов (совместный проект ЛИТ и ЛРБ ОИЯИ)» И. А. Колесниковой.



ПРЕМИИ И ГРАНТЫ

Премия им. Б. М. Понтекорво присуждена профессору Томасу К. Гайссеру (Исследовательский институт Бартола, Делавэрский университет, США) за значительный вклад в физику нейтрино,

астрофизику частиц и физику космических лучей высоких энергий, в частности в расчет потока атмосферных нейтрино, начиная с ранней стадии его разработки.

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОИЯИ

За научно-исследовательские теоретические работы

Первые премии

«Расчет критических индексов и репрезентативных физических параметров скейлингового поведения стохастических систем методами квантовой теории поля».

Авторы: Л. Ц. Аджемян, Н. В. Антонов, М. Гнатич, Ю. Хонконен, П. И. Какинъ, Г. А. Калагов, М. В. Компаниец, Т. Лучивянски, Л. Мижишин, М. Ю. Налимов.

«Новая эра ренормгрупповых вычислений в ЛТФ: современные методы, инструменты и последние достижения».

Авторы: А. В. Бедняков, А. Ф. Пикельнер.

За научно-исследовательские экспериментальные работы

Первая премия

«Исследования нейтрино в эксперименте OPERA».

Авторы: С. Г. Васина, Ю. А. Горнушкин, С. Г. Дмитриевский, З. В. Крумштейн, Д. В. Наумов, А. Г. Ольшевский, А. Б. Садовский, А. П. Сотников, А. В. Чуканов, А. С. Шешуков.

Вторые премии

«Новые структурные, магнитные состояния и физические явления в геометрически фрустрированных функциональных магнитных материалах при изменении термодинамических параметров».

Авторы: Д. П. Козленко, Н. О. Голосова, С. Е. Кичанов, Е. В. Лукин, А. В. Руткаускас, Б. Н. Савенко, О. Н. Лис, Н. М. Белозерова, Данг Нгоак Туан, Ле Хонг Кхьем.

« α -, γ -спектрометрия и свойства распада изотопов $^{249, 252, 254, 256}\text{No}$ и $^{253, 254, 257}\text{Rf}$ ».

Авторы: А. И. Свирихин, А. В. Еремин, А. Г. Попеко, О. Н. Малышев, Ю. А. Попов, А. В. Исаев, М. Тезекбаева, Р. С. Мухин, А. Лопез-Мартенс, К. Хошильд.

За научно-методические и научно-технические работы

Первая премия

«Создание бустера NICA».

Авторы: А. В. Бутенко, В. И. Волков, А. Р. Галимов, В. Н. Карпинский, С. А. Костромин, И. Н. Мешков, В. А. Михайлов, А. О. Сидорин, Г. В. Трубников, Г. Г. Ходжибагиян.

Вторые премии

«Исследования дефектов методом аннигиляционной спектроскопии позитронов после механической обработки поверхности».

Авторы: К. Семек, П. Хородек, Е. Дрызек, М. К. Есеев, М. Врубель.

«Разработка и внедрение единого доступа к гетерогенным распределенным ресурсам ОИЯИ и стран-участниц на платформе DIRAC».

Авторы: В. В. Кореньков, Н. А. Кутовский, В. В. Мицын, А. А. Мошкин, И. С. Пелеванюк, Д. В. Подгайный, О. В. Рогачевский, В. В. Трофимов, А. Ю. Царегородцев.

За научно-технические прикладные работы

Первая премия

«Расчет и моделирование поля излучения внутри космического аппарата вне магнитосферы Земли».

Авторы: Г. Н. Тимошенко, И. С. Гордеев.

Вторые премии

«Атмосферные выпадения тяжелых металлов — оценка на основе анализа мхов-биоиндикаторов: результаты одномоментного сбора мхов-биоиндикаторов за 2015–2016 гг.».

Авторы: М. В. Фронтасьева, Ю. Алексеенко, К. Вергель, И. Зиньковская, П. Нехорошков, А. Свозилюкова-Краковска, Г. Христовова, О. Чаплигава, Чинь Тхи Тху Ми, Н. Юшин.

«Разработка ионоселективных треновых мембран для наносенсоров и электродиализа».

Авторы: П. Ю. Апель, И. В. Блонская, О. М. Иванов, О. В. Криставчук, Н. Е. Лизунов, А. Н. Нечаев, К. Олейничак, О. Л. Орелович, О. А. Полежаева, Ю. Ямаучи.

Поощрительные премии

«Метод сепарабельной аппроксимации сил Сфирма и эффекты сложных конфигураций в структуре экзотических ядер».

Авторы: Н. Н. Арсеньев, В. В. Воронов, Нгуен Ван Джай, Н. Пиетралла, А. П. Северюхин, Ч. Стоянов.

«Исследование свойств бозона Хиггса в распаде на $b\bar{b}$ кварковую пару и поиск новой физики на установке ATLAS на Большом адронном коллайдере».

Авторы: Ф. Ахмадов, Е. В. Храмов, Е. А. Черепанова.

«Экспериментальная проверка предсказаний Стандартной модели взаимодействий и поиск сигналов новой физики в процессах образования пар мюонов в эксперименте CMS на Большом адронном коллайдере».

Авторы: И. А. Голутвин, А. В. Зарубин, В. А. Зыкунов, В. Ю. Каржавин, В. В. Кореньков, А. В. Ланев, В. А. Матвеев, В. В. Пальчик, М. В. Савина, С. В. Шматов.

ГРАНТЫ

В 2021 г. сотрудники Объединенного института ядерных исследований получили финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Российского научного фонда (РНФ), Министерства науки и высшего образования РФ для реализации ряда научных проектов.

Российский фонд фундаментальных исследований профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках следующих конкурсов: конкурс проектов фундаментальных научных исследований (8 проектов), конкурс на лучшие проекты по теме «Фундаментальные свойства и фазовые превращения адронной и кварк-глюонной материи: установка класса мегасайенс “Комплекс NICA”» («Мегасайенс-NICA») (10 проектов), конкурс на лучшие научные проекты междисциплинарных фундаментальных исследований (2 проекта).

Ряд научных проектов ОИЯИ профинансирован РФФИ в рамках международных конкурсов совместно с такими организациями и госучреждениями, как Государственный комитет по науке Министерства образования и науки Республики Армении (1 проект), Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (2 проекта), Вьетнамская академия наук и технологий (1 проект), Департамент науки и технологии Правительства Индии (2 проекта), Государственный фонд естественных наук Китая (1 проект), Ми-

нистерство науки, технологии и окружающей среды Республики Кубы (1 проект), Министерство культуры, образования, науки и спорта Монголии (1 проект), Немецкое научно-исследовательское сообщество (2 проекта), Национальный центр научных исследований Франции (1 проект).

Российский научный фонд профинансировал научные проекты ОИЯИ в рамках следующих конкурсов: «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (5 проектов); «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными коллективами» — NSFC (Китай), DST (Индия) и DFG (Германия) (3 проекта); «Проведение инициативных исследований молодыми учеными» (2 проекта); «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» (1 проект); «Проведение исследований на базе существующей научной инфраструктуры мирового уровня» (4 проекта).

Министерством науки и высшего образования РФ профинансировано два проекта: «Сверхтяжелые ядра и атомы: пределы масс ядер и границы Периодической таблицы Д.И. Менделеева» и «Разработка и создание элемента экспериментальных станций на источниках нейтронов импульсного или постоянного типа».

2021

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**





НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Основные итоги 2021 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 42 темам первого приоритета;

- для решения вопросов сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях Объединенный институт командировал 959 специалистов;

- для совместных работ и консультаций, а также для участия в совещаниях, конференциях, школах в ОИЯИ было принято 323 специалиста;

- организовано и проведено 29 международных научных конференций и школ, 20 рабочих и 14 организационных совещаний.

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

11 января ОИЯИ с рабочим визитом посетил специальный представитель Президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития Д. Н. Песков.

На встрече с директором ОИЯИ академиком Г. В. Трубниковым гостем был представлен уникальный опыт ОИЯИ как международной межправительственной научно-исследовательской организации. Д. Н. Песков поздравил Г. В. Трубникова с вступлением в должность директора ОИЯИ, побывал на экскурсии в ЛФВЭ, посетив, в частности, площадку мегапроекта NICA, в ЛЯР — фабрику сверхтяжелых элементов на базе нового ускорителя ДЦ-280 и наноцентр, в ЛИТ — суперкомпьютер «Говорун», а также встретился с руководителями и сотрудниками этих лабораторий.

15 января состоялось 3-е заседание комитета по анализу затрат и графику исполнения проекта «Комплекс NICA» (Cost and Schedule Review Committee, CSRC), сформированного по решению КПП ОИЯИ и наблюдательного совета проекта «Комплекс NICA» с целью оказания консультативных услуг по вопросам, связанным с оценкой затрат и эффективности выполнения работ по проекту. Заседание прошло под руководством Ф. Феррони (INFN, Италия) в режиме видеоконференции с участием всех его членов.

По докладу руководителя проекта NICA В. Д. Кекелидзе, посвященному статусу проекта и выполнению рекомендаций предыдущего заседания CSRC, комитет отметил впечатляющий прогресс в реализации проекта в сложившихся сложных условиях мировой пандемии COVID-19, в частности, ввод в эксплуатацию бустера, установку элементов магнита MPD, создание комплекса энергоподстанций, успехи в создании новой криогенно-компрессорной станции.

Комитет предложил руководству проекта в ближайшее время подготовить обновленный график его реализации с указанием этапов и дат с тем, чтобы иметь возможность отслеживать прогресс с периодичностью в три месяца, а также настоятельно рекомендовал подготовить документ, содержащий анализ рисков для наиболее важных элементов проекта, составить подробный список потребности в квалифицированных специалистах с описанием требований к ним.

19 января в формате видеоконференции состоялась двусторонняя встреча, на которой были рассмотрены итоги года совместной работы в рамках меморандума о взаимопонимании между ОИЯИ и Ботсванским международным университетом науки и технологий (BIUST). Делегацию ОИЯИ возглавил вице-директор Б. Ю. Шарков, делегацию BIUST — вице-канцлер университета О. Тотоло.

Стороны оценили результаты сотрудничества, начавшегося в 2015 г., и успешную работу молодых специалистов из BIUST в лабораториях ОИЯИ. Руководитель департамента физики и аст-

рономии BIUST Г. Хиллхауз представил перспективы развития научной инфраструктуры и исследований университета и планы по дальнейшему наращиванию сотрудничества с ОИЯИ.

Заклучена договоренность об участии студентов Ботсванского университета в онлайн-программе Учебно-научного центра ОИЯИ INTEREST, а также принято решение расширить тематику направлений, по которым осуществляется отбор молодых ботсванских ученых для участия в научной работе в исследовательских группах лабораторий ОИЯИ, как только это станет возможным с эпидемиологической точки зрения.

20 января в формате видеоконференции состоялась встреча директора ОИЯИ Г. В. Трубникова с президентом Европейского физического общества (EPS) Л. Берже.

В ходе встречи рассмотрены перспективы взаимодействия и ряд совместных инициатив. В частности, в фокусе обсуждения была идея совместной организации конференций, школ для молодых ученых и содействие налаживанию контактов EPS в России. Рассматривалась также возможность расширения представительства Института в профильных отделениях и группах EPS, а также участия EPS в Ученом совете ОИЯИ. Консультации между EPS и ОИЯИ продолжатся в рабочем порядке.

28 января в формате видеоконференции состоялась встреча членов дирекции Института и представителей чилийской научной общественности под названием «Возможности сотрудничества Чили и ОИЯИ», в ходе которой обсуждался вопрос расширения доступа чилийских исследовательских организаций и университетов к исследовательской инфраструктуре Института и участия в его научных работах.

Организатором встречи выступил вице-ректор Национального университета им. А. Бейо (UNAB) А. Ореяна. На встрече присутствовали 29 участников из 8 организаций с чилийской стороны и 11 участников со стороны ОИЯИ во главе с вице-директором Б. Ю. Шарковым и главным ученым секретарем А. С. Сориним.

Чилийской стороне был представлен ряд докладов о базовых установках ОИЯИ, о пользовательской программе исследовательского реактора ИБР-2, программах подготовки кадров, состоянии и планах развития международного сотрудничества.

Состоялось обсуждение широкого круга вопросов. По итогам встречи было решено определить возможные точки дальнейшего взаимодействия и состав предполагаемого совета с обеих сторон, а также приоритетные направления исследований и развития сотрудничества.

4 февраля состоялся первый визит в ОИЯИ председателя Правления УК «Роснано» С. А. Куликова. Делегацию ООО «Роснано» принял директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников. Стороны обсу-

дили ряд вопросов сотрудничества. В ходе визита в ОИЯИ делегация «Роснано» посетила объекты научной инфраструктуры Института и познакомилась с его флагманскими проектами.

11 февраля в формате видеоконференции состоялась координационная встреча вице-директора ОИЯИ Р. Ледницкого с государственным секретарем Министерства образования, науки и технологического развития Республики Сербии М. Дукич-Миятовичем. Модераторами встречи выступили координаторы сотрудничества Сербия–ОИЯИ член управляющего совета Института ядерных наук «Винча» Л. Хадзиевски и начальник отдела международных связей ОИЯИ Д. В. Каманин. С сербской стороны во встрече участвовали помощник министра А. Йович, член Национального совета по научно-технологическому развитию и член Ученого совета ОИЯИ Н. Нешкович, руководитель отдела развития и научно-исследовательских программ и проектов Ж. Дукич и старший советник министерства С. Богданович.

Стороны обсудили текущее состояние и перспективы кооперации. Были рассмотрены итоги выполнения подписанной в октябре 2019 г. дорожной карты развития сотрудничества, в том числе вопросы подготовки и привлечения в ОИЯИ молодых научных кадров из Сербии, перспективы открытия информационного центра ОИЯИ в Нови-Саде, а также возможности участия Сербии в создании детекторов MPD и SPD коллайдера NICA. В обсуждении приняли участие заместитель директора ЛНФ О. Куликов, директор УНЦ ОИЯИ С. З. Пакуляк. В целом стороны подтвердили обоюдную заинтересованность в дальнейшем укреплении связей.

16 февраля в формате видеоконференции состоялась очередное, 31-е заседание объединенного комитета по сотрудничеству Национального института физики ядра и физики частиц Франции (IN2P3) и ОИЯИ. Стороны обсудили планы по научному обмену, достигнутые за год результаты, а также перспективы развития сотрудничества.

На встрече директор ОИЯИ Г. В. Трубников возглавил представительство Объединенного института, в которое также вошли научный руководитель В. А. Матвеев, вице-директора Б. Ю. Шарков, С. Н. Дмитриев и В. Д. Кекелидзе, главный ученый секретарь А. С. Сорин, руководители лабораторий ОИЯИ и отдела международных связей. Со стороны IN2P3 участвовали директор Р. Пэн, вице-директор Б. Жибель, вице-директора по научной работе Ф. Фарже, В. Пуаро, Л. Вакаван, Ж. Л. Бьярротт и С. Креп-Рёнодан, а также начальник отдела международных отношений IN2P3 Т. Палишата.

Были представлены обзорные доклады о статусе основных проектов и последних результатах работы институтов. Представители французской стороны с удовлетворением отметили высокий уровень сотрудничества ОИЯИ с научными органи-

зациями Франции, а также впечатляющий прогресс в реализации проекта NICA. В свою очередь, Г. В. Трубников подчеркнул, что яркая программа IN2P3 в области ускорительной физики вместе с направлением исследований IN2P3 по физике тяжелых ионов, в частности радиоактивных пучков, созвучна научным интересам ОИЯИ.

В ходе обсуждения утверждено 20 совместных исследовательских проектов по направлениям ядерной физики, астрофизики, физики частиц, ускорительных технологий и компьютеринга, в том числе два новых проекта по поиску темного распада нейтронов и физике электронного циклотронного резонанса (ECR).

Стороны поздравили друг друга с предстоящими юбилеями организаций — 65-летием ОИЯИ и 50-летием IN2P3, обсудив возможности перекрестного участия делегаций в юбилейных мероприятиях.

18 февраля в ЛФВЭ ОИЯИ была доставлена специализированная контейнер-цистерна для жидкого гелия. Это уникальное оборудование, поставленное по контракту между ОИЯИ и НПО «Гелиймаш», является одним из главных элементов инфраструктуры ускорителя NICA.

Прибывшая контейнер-цистерна объемом 40 м³ предназначена для хранения и перевозки жидкого гелия. В дальнейшем такие цистерны можно будет использовать для обеспечения гелием медицинских и научных центров.

Одним из первых результатов многолетнего сотрудничества ОИЯИ с ОАО НПО «Гелиймаш» стала разработка первых российских серийных гелиевых криогенных установок КГУ-250 и КГУ-1600 в 1970-х гг. В 1993 г. по предложению ОАО НПО «Гелиймаш» в ОИЯИ проводилось ожижение гелия и заправка им транспортных контейнеров для импорта, что позволило создать финансовую базу для строительства первого в Европе сверхпроводящего синхротрона — нуклотрона.

В настоящее время сотрудничество направлено на создание криогенного оборудования: совместные исследования, развитие крупномасштабных криогенных комплексов, пусконаладочные работы. Кроме того, в ОАО НПО «Гелиймаш» специально для ОИЯИ разработана высокоэффективная парожидкостная турбина с частотой вращения до 5000 оборотов в секунду, работающая в двухфазной среде гелия, которая позволяет благодаря новым технологическим решениям увеличить холодопроизводительность установок на 50 %.

24 февраля в ОИЯИ состоялась онлайн-встреча с представителями физического исследовательского центра Германии DESY и проекта «Рентгеновский лазер на свободных электронах European XFEL». Делегацию ОИЯИ возглавлял директор Института Г. В. Трубников. Представительство германской стороны — председатель Совета директоров DESY Г. Дош и директор European XFEL Р. Фейденхансл. Во встрече приняли уча-

стие представители руководства научных лабораторий и департаментов ОИЯИ, DESY и European XFEL.

Встреча была организована с целью обмена текущей информацией сторон о научных результатах и прогрессе по основным направлениям исследований, развиваемым в соответствии с рамочным соглашением между ОИЯИ и DESY, подписанным в 2019 г., а также в реализации крупных инфраструктурных проектов, таких как NICA, PETRA IV и др. Кроме того, стороны провели обсуждение направлений сотрудничества на ближайшие годы в области цифровизации и научного компьютеринга, физики частиц, физики астрочастиц и физики ускорителей.

По каждому направлению были представлены доклады и от ОИЯИ, и от германской стороны, в которых помимо обзора научной работы по теме сформулированы практические предложения по совместной работе в будущем. Состоялась активная дискуссия по таким областям взаимного интереса, как машинное обучение в области управления ускорителями и контроля над работой детекторов, в ходе которой со стороны участников проекта SPD также выдвинуты предложения по совместной работе.

Германская сторона проявила значительный интерес к образовательным возможностям в ОИЯИ для молодых ученых, в частности, новой летней школе DD (Дубна–Дармштадт), которая является совместной инициативой ОИЯИ и партнеров из FAIR/GSI и поддерживается VMBF.

Во ходе встречи намечено большое количество новых совместных проектов, для чего из числа докладчиков были выбраны координаторы совместных подпрограмм, а также решено проводить подобные встречи на регулярной основе.

24 февраля в формате видеоконференции состоялась первая встреча комитета пользователей нейтронного источника ИБР-2, организованная ЛНФ.

Комитет пользователей нейтронного источника ИБР-2 был основан для повышения пользовательской активности, в том числе взаимодействия с ЛНФ, поддержки при возникновении общих или специфических вопросов, а также с целью предоставления дискуссионных форумов для обсуждений интересов пользователей.

Во встрече приняли участие представители руководства ЛНФ, делегации из Польши, Болгарии, Венгрии, Армении и Испании. Состоялась плодотворная дискуссия о дальнейших шагах развития инструментов и инфраструктуры реактора, способах повышения уровня удовлетворенности пользователей, а также общем успехе нейтронной науки на ИБР-2.

4 марта состоялось первое в году заседание НТС ОИЯИ, в повестке дня которого наряду с другими вопросами были структурные изменения в Институте. НТС открыл доклад научного ру-

ководителя ОИЯИ В. А. Матвеева о результатах работы ПКК и сессии Ученого совета.

Директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе проинформировал членов НТС ОИЯИ о ходе работ на строительстве коллайдера NICA: успешном завершении первого пробного сеанса на бустере, а также завершении создания всех базовых систем ускорительного комплекса NICA в соответствии с планом. Следующий этап — интеграция бустера в общую систему с нуклотроном. По словам докладчика, начинающийся монтаж магнитных блоков в канале коллайдера должен завершиться в 2022 г.

На заседании состоялось вручение дипломов кандидата физико-математических наук молодым ученым Института, недавно защитившим свои диссертации в диссертационных советах лабораторий ОИЯИ. Диплом о присуждении ученой степени получили А. А. Сапожников (ЛИТ), А. А. Терехин (ЛФВЭ) и А. С. Айриян (ЛИТ).

Об изменениях в структуре Управления Институтом участников заседания НТС проинформировал директор ОИЯИ Г. В. Трубников. В целях повышения эффективности управления деятельностью Института сформированы пять новых департаментов: кадров и делопроизводства (руководитель — Е. А. Колганова); международного сотрудничества (руководитель — Д. В. Каманин); развития цифровых сервисов (руководитель — М. П. Васильев); бюджетной и экономической политики (руководитель — Н. В. Калинин); развития имущественного комплекса (руководитель — А. А. Брунь).

До 31 декабря 2021 г. исполняющей обязанности главного бухгалтера ОИЯИ назначена Е. Г. Кутейникова, исполнение обязанностей руководителя службы внутреннего аудита ОИЯИ возложено на О. В. Капускину, начальника отдела кадров — на С. В. Боброва, начальника юридического отдела — на А. Ю. Харевича, начальника службы материально-технического снабжения — на В. В. Иванова. С. Н. Доценко назначен помощником директора Института по финансовым вопросам. На руководителя протокола директора ОИЯИ И. Т. Сулейманова возложена общая координация работы подразделений, участвующих в протокольной деятельности, информационном обеспечении деятельности Института и коммуникациях со СМИ.

13 марта на Байкале состоялся торжественный запуск крупнейшего в Северном полушарии глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD, что явилось одним из ключевых мероприятий проходящего в России года науки и технологий. Уникальный нейтринный телескоп Baikal-GVD позволит обнаруживать источники нейтрино сверхвысоких энергий, исследовать эволюции галактик и Вселенной, а также решить задачу формирования мировой нейтринной сети. Создание телескопа — результат интенсивной работы международного коллектива ученых из России, Чехии, Словакии, Гер-

мании и Польши при ведущей роли Объединенного института ядерных исследований и институтов Российской академии наук.

Запуск осуществили министр науки и высшего образования РФ В. Н. Фальков вместе с директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым, директором ИЯИ РАН М. В. Либановым и ректором ИГУ А. Ф. Шмидтом. В церемонии принимал участие губернатор Иркутской области И. И. Кобзев.

В тот же день на льду лагеря Байкальской нейтринной обсерватории состоялось подписание Меморандума о взаимопонимании Минобрнауки России и ОИЯИ по развитию Байкальского глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD. Меморандум нацелен на развитие экспериментальных исследований в области нейтринной астрофизики высоких энергий, нейтринной астрономии и физики нейтрино и предусматривает всемерное содействие сторон реализации проекта Baikal-GVD, увеличение эффективного объема телескопа до кубического километра.

13 марта Председатель Правительства РФ М. В. Мишустин подписал распоряжение о плане основных мероприятий в рамках года науки и технологий в России.

Решением Правительства РФ в числе наиболее значимых федеральных мероприятий в плане года названы два мероприятия ОИЯИ: запуск нейтринного телескопа Baikal-GVD на озере Байкал и осуществление первого сеанса полного цикла ускорения на выведенных пучках комплекса NICA (экспериментальная программа VM@N).

16 марта в формате видеоконференции состоялась очередная, 10-я сессия объединенного комитета по сотрудничеству между ОИЯИ и АРЕ. В работе комитета со стороны ОИЯИ приняли участие вице-директор Р. Ледницки, директор УНЦ С. З. Пакуляк, руководитель отдела международных связей Д. В. Каманин, директор ЛНФ В. Н. Швецов и руководитель национальной группы Египта в ОИЯИ В. Бадави. Со стороны Египта участвовали вице-президент Академии научных исследований и технологий Дж. аль-Фики и профессор факультета фармацевтики Хелуанского университета С. Сурур.

Стороны отметили четкое исполнение дорожной карты развития сотрудничества ОИЯИ с Египтом в соответствии с намеченными планами, несмотря на пандемию, обсудили перспективы восстановления взаимодействия в полном объеме, включающем обмен визитами, организацию студенческих практик и долгосрочных командировок для специалистов, а также возможности участия египетских ученых и специалистов в масштабных проектах Института, таких как новый источник нейтронов в ЛНФ и эксперимент SPD в рамках мегасайенс-проекта NICA.

Египетская сторона проявила интерес к возможностям создаваемого инновационного центра ОИЯИ. Была достигнута договоренность о на-

чале функционирования информационного центра ОИЯИ в Академии научных исследований и технологий и подготовке к его инаугурации.

17 марта в формате видеоконференции состоялось 1-е заседание совместного координационного комитета (СКК) по сотрудничеству Вьетнама и ОИЯИ.

Делегацию ОИЯИ возглавил вице-директор Б. Ю. Шарков, делегацию Вьетнама — полномочный представитель Правительства Вьетнама Ле Хонг Кхьем. В работе СКК также приняли участие президент Вьетнамского института атомной энергии (Винатома) Чан Тхи Тхань и представители отраслевых структур, входящих в систему Винатома. В качестве приглашенного эксперта в заседании участвовал главный конструктор научно-исследовательских реакторов НИКИЭТ ГК «Росатом» И. Т. Третьяков.

На заседании обсуждались ключевые направления работы СКК: углубление участия Вьетнама в деятельности ОИЯИ, в том числе поддержка и расширение совместной научной программы, участие Вьетнама в программах подготовки кадров ОИЯИ, активное вовлечение в совместные проекты новых партнеров в Юго-Восточной Азии и др. Было принято решение подготовить к следующему заседанию проект стратегического плана действий по рассмотренным вопросам.

18 марта в режиме видеоконференции состоялась встреча дирекции ОИЯИ с новым полномочным представителем Правительства Республики Азербайджан в ОИЯИ академиком А. Гашимовым и его заместителем А. Рустамовым. Во встрече также принял участие академик-секретарь НАН Азербайджана, председатель комиссии по связям АР с ОИЯИ при НАН АР А. Гарибов. Со стороны ОИЯИ во встрече участвовали директор Г. В. Трубников, научный руководитель ОИЯИ В. А. Матвеев, вице-директор С. Н. Дмитриев, главный ученый секретарь А. С. Сорин и начальник отдела международных связей Д. В. Каманин.

Стороны отметили существующее тесное и плодотворное сотрудничество ОИЯИ и Азербайджана, договорились о его дальнейшем расширении. Особое внимание было уделено возможностям развития сотрудничества в рамках мегасайенс-проекта NISA, а также в области ядерной физики, радиационного материаловедения, информационных технологий и радиобиологии. Была отмечена важная роль ОИЯИ в деле подготовки высококвалифицированных научных кадров.

Дирекция ОИЯИ выразила готовность поддержать озвученную азербайджанской стороной инициативу провести отчетный семинар азербайджанских сотрудников ОИЯИ. Директор ОИЯИ Г. В. Трубников пригласил азербайджанских представителей принять участие в праздничных мероприятиях, посвященных 65-летию ОИЯИ.

18 марта в режиме видеоконференции состоялась встреча дирекции ОИЯИ с новым полно-

мочным представителем Правительства Республики Армении в ОИЯИ, председателем Государственного комитета по науке Министерства науки образования культуры и спорта РА С. Айоцяном и его заместителем А. Мовсисяном.

Со стороны ОИЯИ во встрече приняли участие научный руководитель Института В. А. Матвеев, вице-директора С. Н. Дмитриев и Б. Ю. Шарков, советник директора Института М. Г. Иткис, руководитель отдела международных связей Д. В. Каманин, старший научный сотрудник ЛЯП Г. Торосян.

Был обсужден ряд актуальных вопросов сотрудничества ОИЯИ с научными центрами Армении, отмечен высокий уровень кооперации и потенциал дальнейшего развития, а также рассмотрены некоторые формальные вопросы, в частности, планирование взноса Армении в бюджет ОИЯИ.

Армянские коллеги подчеркнули целесообразность продолжения работ по размещению в Армении сети прецизионных лазерных инклинометров (ПЛИ), разработанных в ОИЯИ, и проинформировали о статусе подготовки Институтом геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА и службой сейсмической защиты МЧС Армении мест для размещения ПЛИ на территории РА. С. Айоцян отметил высокую заинтересованность коллег из Института механики НАН РА в получении и анализе данных от сети ПЛИ с целью исследования механизмов происхождения землетрясений и их раннего предупреждения.

Стороны также с удовлетворением отметили результаты совместных работ по тестированию кристаллов калориметра для эксперимента Mu2e на пучках электронов ЛУЭ-75 Ереванского физического института в режиме предельно низких интенсивностей, требуемых условиями эксперимента, и выразили надежду на продолжение сотрудничества в этом направлении.

Обсуждение коснулось и планов проведения в Армении 5-й Международной конференции «Современные проблемы генетики, радиобиологии, радиоэкологии и эволюции», посвященной Н. В. Тимофееву-Ресовскому и его научной школе, в свете празднования 65-летию ОИЯИ.

24 марта ОИЯИ посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Чешской Республики в РФ В. Пивонька с сопровождающими лицами.

В ходе визита чешские дипломаты приняли участие в торжественной церемонии открытия гостиницы «Дубна» (ул. Московская, д. 2), ремонт которой осуществляется по заказу ОИЯИ чешской строительной компанией ASARKO, а также посетили готовящуюся к открытию мультимедийную выставку, приуроченную к 65-летию Института. Делегация побывала на экскурсии в ЛФВЭ для ознакомления с ходом реализации научного флагамена ОИЯИ — мегасайенс-проекта NISA. В рамках визита состоялась неформальная встреча В. Пивоньки с представителями чешской нацио-

нальной группы в ОИЯИ, которые, в частности, дали высокую оценку своей работе и пребыванию в Объединенном институте.

В дирекции ОИЯИ делегацию приветствовали директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, научный руководитель Института академик В. А. Матвеев, вице-директор Р. Ледницки и руководитель отдела международных связей Д. В. Каманин. Во встрече также приняли участие заместитель полномочного представителя Правительства Чехии в ОИЯИ И. Штекл и руководитель национальной группы Чехии в ОИЯИ В. Худоба.

Г. В. Трубников отметил активное и продуктивное участие чешских ученых в научной и организационной деятельности ОИЯИ, а также весомый вклад высокотехнологичных чешских предприятий в развитие научной инфраструктуры Института. Стороны особо подчеркнули важность усиления работы по привлечению молодежи в науку и подготовке высококвалифицированных кадров, обсудили организацию Дней Чехии в ОИЯИ, намеченных на октябрь 2021 г. В. Пивонька от имени Министерства иностранных дел и Министерства образования Чешской Республики передал Г. В. Трубникову приглашение посетить Чехию, как только позволит эпидемиологическая обстановка.

Чрезвычайный и Полномочный Посол Чешской Республики в РФ В. Пивонька передал свое поздравление Объединенному институту с 65-летним юбилеем со дня основания. Визит посла Чешской Республики освещали чешские теле- и радиокomпании, которым директор ОИЯИ Г. В. Трубников дал интервью.

22–26 марта проходил рабочий визит в ОИЯИ генерального директора Института ядерной физики (ИЯФ) Министерства энергетики Республики Казахстан, полномочного представителя Правительства РК в ОИЯИ Б. Каракозова в сопровождении директора филиала Института ядерной физики в Астане М. Здоровца.

23 марта состоялась встреча в дирекции ОИЯИ с участием директора Г. В. Трубникова, научного руководителя Института В. А. Матвеева, вице-директоров Р. Ледницкого и С. Н. Дмитриева, советника директора Института М. Г. Иткиса, руководителя отдела международных связей Д. В. Каманина. Национальную группу РК в ОИЯИ на встрече представляли ее руководитель А. Исадыков, его заместитель Д. Азнабаев, а также заместитель генерального директора по науке в ИЯФ Д. Джансейтов.

В ходе встречи стороны отметили высокий уровень сотрудничества, а также активное участие молодых ученых Республики Казахстан в научных проектах ОИЯИ, обсудили возможности для расширения сотрудничества, в частности, совместного развития ускорительного комплекса ИЯФ. Руководство ОИЯИ приветствовало инициативу казахстанских коллег провести одну из следующих конференций молодых ученых и специалистов ОИЯИ

в Алма-Ате. Б. Каракозов пригласил представителей ОИЯИ принять участие в международном научном форуме «Ядерная наука и технологии» в ИЯФ в сентябре 2021 г.

Гости посетили ЛФВЭ, где ознакомились со строящимся комплексом NICA, а также побывали на фабрике сверхпроводящих магнитов. В ЛЯР делегация посетила фабрику сверхтяжелых элементов на базе нового ускорителя ДЦ-280 и наноцентр, после чего состоялась встреча с директором ЛЯР С. И. Сидорчуком, посвященная обсуждению направлений сотрудничества. В ходе визита в ЛНФ, помимо экскурсии на исследовательский реактор ИБР-2, состоялась встреча с руководством лаборатории, на которой также обсуждались текущий статус и развитие сотрудничества, в частности, по строительству в ИЯФ многофункционального дифрактометра.

24 марта была организована встреча с национальной группой Республики Казахстан в формате отчетного семинара казахстанских сотрудников ОИЯИ.

25 марта полномочный представитель Правительства Республики Казахстан Б. Каракозов принял очное участие в сессии КПП ОИЯИ, а 26 марта в праздничных мероприятиях, посвященных 65-летию ОИЯИ.

26 марта ОИЯИ посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Федеративной Республики Германии в РФ Г. А. фон Гайр с сопровождающими лицами. В дирекции ОИЯИ делегацию приветствовали директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, научный руководитель Института академик В. А. Матвеев и другие руководители Института.

Стороны обсудили перспективы и направления дальнейшего сотрудничества Германии в ОИЯИ, а также возможности Объединенного института в сфере подготовки кадров. В частности, речь шла о 1-й международной школе D2 (Дубна–Дармштадт), намеченной на весну 2022 г. и организуемой совместно ОИЯИ и FAIR/GSI. Был также рассмотрен вопрос популяризации совместных научных проектов, в том числе в рамках интеграции в области науки, культуры и искусства. В качестве одной из таких площадок был назван летний фестиваль в Германии, организуемый немецкой стороной в рамках года Германии в России (2021).

В продолжение визита в ОИЯИ немецкая делегация ознакомились с объектами научной инфраструктуры ОИЯИ: в ЛФВЭ вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе рассказал о ходе реализации мега-сайенс-проекта NICA, гости также посетили фабрику сверхпроводящих магнитов. В ЛЯР директор лаборатории С. И. Сидорчук провел экскурсию по фабрике сверхтяжелых элементов. Гости посетили Дом культуры «Мир», где осмотрели мультимедийную выставку, посвященную юбилею Объединенного института, его истории и направлениям научных исследований.

9 апреля ОИЯИ посетила делегация Международного банка экономического сотрудничества (МБЭС) во главе с председателем правления МБЭС Д. Ю. Ивановым. В ходе визита представители МБЭС провели встречу с руководством ОИЯИ, а также побывали в ЛФВЭ, где ознакомились с ходом реализации флагманского проекта ОИЯИ «Комплекс NICA».

МБЭС — международная финансовая организация со штаб-квартирой в Москве, созданная в 1963 г., ее устав зарегистрирован в ООН. Членами МБЭС являются Болгария, Вьетнам, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Словакия и Чехия.

В ходе встречи в дирекции с участием директора ОИЯИ Г. В. Трубникова, вице-директора В. Д. Кекелидзе, главного инженера Б. Н. Гикала, руководителей департаментов и служб Института стороны отметили успешное сотрудничество ОИЯИ и МБЭС, начатое в 2019 г., в рамках которого банк обеспечивал взаимодействие Института с польской компанией Fгако-Тегт и чешской компанией «Вакуум Прага», участвующими в поставках оборудования для проекта NICA.

На встрече были рассмотрены предложения МБЭС в области кредитования, размещения средств, расчетно-кассового обслуживания и инвестиционного финансирования проектов. Стороны обсудили возможности участия МБЭС в финансовой стороне реализации проектов Института в странах-участницах и партнерских странах ОИЯИ.

19 апреля в ОИЯИ начала свою работу 16-я Международная стажировка для научно-административного персонала «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-16), которая собрала представителей Белоруссии, Болгарии и России.

Основная часть программы JEMS-16 была сгруппирована по дням стажировки в научные блоки: «Физика тяжелых ионов и ускорительные технологии», «Исследования с нейтронами и наномир», «Теория, информация, образование», «Науки о жизни на Земле и в космосе» и «Нейтрино и физика частиц». Для участников были организованы лекции, встречи с руководителями и специалистами лабораторий, посещение объектов исследовательской инфраструктуры и традиционный итоговый круглый стол с представителями дирекции Института.

21 апреля работа круглого стола началась с приветствия вице-директора ОИЯИ Л. Костова. Участники круглого стола обсудили концепцию и задачи информационных центров ОИЯИ. Предложено использовать площадки ИЦ ОИЯИ в вузах для совместной работы по модернизации образовательного процесса в целом, а также по совершенствованию виртуальных образовательных программ УНЦ ОИЯИ.

22 апреля на торжественном мероприятии в честь 15-летия ОЭЗ «Дубна» директор ОИЯИ

Г. В. Трубников и генеральный директор ОЭЗ А. В. Афанасьев подписали соглашение о сотрудничестве ОИЯИ с производственными партнерами-резидентами ОЭЗ «Дубна». Соглашение предусматривает внедрение результатов прикладных научных исследований Института в промышленные, медицинские и другие технические разработки, взаимное оказание научно-технической поддержки и использование инфраструктуры и кадрового потенциала сторон для повышения эффективности инновационной деятельности.

На мероприятии также состоялось вручение премий за лучший научно-технический проект для студентов, аспирантов и школьников. Этот совместный научно-просветительский проект ОИЯИ и ОЭЗ «Дубна» стартовал в 2021 г.

22 апреля состоялась встреча представителей руководства ОИЯИ во главе с директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым с делегацией Иркутского государственного университета (ИГУ) в составе ректора А. Ф. Шмидта, декана физического факультета Н. М. Буднева и директора НИИ прикладной физики А. Б. Танаева, прибывшей в ОИЯИ для участия в международной стажировке JEMS-16.

На встрече в дирекции ОИЯИ стороны обсудили возможности для запуска новых совместных научных и образовательных проектов, в частности, организации совместной астрофизической лаборатории ОИЯИ и ИГУ для проведения экспериментальных и теоретических научных исследований в области астрофизики элементарных частиц на базе проектов «Baikal-GVD» и TAIGA.

12 мая ОИЯИ посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Кубы Х. А. Гармендия Пенья. В ходе визита он побывал в лабораториях Института, осмотрел интерактивную выставку, приуроченную к 65-летию ОИЯИ, а также встретился с директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым.

На встрече обсуждались вопросы расширения спектра совместных исследований, в частности, в области радиобиологии и наук о жизни. Отмечено, что установки ОИЯИ предоставляют большие возможности для радиационно-медицинских исследований: применения радиосенсибилизаторов, флэш-терапии, изучения радиофармпрепаратов. Помимо перспектив использования научной инфраструктуры Института кубинскими учеными, стороны обсудили возобновление стажировок в ОИЯИ студентов, преподавателей и школьных учителей Кубы.

Кубинская делегация посетила комплекс NICA, фабрику сверхпроводящих магнитов, фабрику сверхтяжелых элементов и наноцентр. Состоялась встреча с сотрудниками ОИЯИ, направленными на работу из Республики Кубы.

13 мая ОИЯИ посетила делегация Камчатского государственного университета им. В. Беринга (КамГУ) в составе и. о. ректора Е. С. Меркулова и проректора по научной, инновационной и меж-

дународной деятельности В. Н. Ефименко с целью ознакомления с ОИЯИ и обсуждения направлений развития сотрудничества.

Гости посетили строящийся комплекс NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов в ЛФВЭ, фабрику сверхтяжелых элементов и наноцентр в ЛЯР, радиохимическую лабораторию и лабораторию прецизионной лазерной метрологии в ЛЯП, комплекс спектрометров быстрого импульсного реактора ИБР-2 в ЛНФ, а также побывали на интерактивной выставке, посвященной 65-летию ОИЯИ.

Делегацию КамГУ принял научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев. В беседе, в которой также участвовали главный ученый секретарь ОИЯИ С. Н. Неделько, руководитель департамента международных связей Д. В. Каманин и директор УНЦ С. З. Пакуляк, речь шла о практическом наполнении подписанного в 2018 г. рамочного соглашения о сотрудничестве. Обсуждалось участие преподавателей и студентов КамГУ в стажировках ОИЯИ, в том числе, в онлайн-программе INTEREST, ориентированной на практическую исследовательскую работу. Была затронута тема подготовки кадров в рамках совместных проектов как в интересах развития Камчатского края, так и для будущей работы в проектах ОИЯИ.

18 мая состоялась онлайн-конференция «Перспективы развития сотрудничества между ОИЯИ и IN2P3 в ближайшие десятилетия», организованная в ознаменование 65-летия ОИЯИ и 50-летия Национального института физики ядра и физики частиц Франции (IN2P3). Целью конференции, в которой было зарегистрировано более 60 участников, явилось рассмотрение результатов долгосрочного сотрудничества между двумя институтами и перспектив для новых совместных проектов.

Выступления участников были тематически разделены на шесть блоков: ядерная физика, спиновая физика, квантовые вычисления, нейтрино, радиобиология и ускорительная тематика. Был отмечен общий интерес к развитию сотрудничества в области синтеза сверхтяжелых элементов и изучения их свойств в рамках исследований на фабрике сверхтяжелых элементов в ЛЯР ОИЯИ и на спектрометре S3 в национальном центре GANIL. Представлены перспективы совместной работы в области исследований структуры нуклонов и распределения в них партонов на электронно-ионном коллайдере EIC в США и детекторе SPD комплекса NICA. Исследования по физике нейтрино, проводимые в рамках проектов «Baikal-GVD», KM3NeT и RICOCHET, дают широкие возможности для обмена технологиями и методами анализа данных. В области радиобиологии особое внимание докладчиков было уделено исследованиям нарушений центральной нервной системы под воздействием радиации и механизмов репарации ДНК, что представляет интерес для космических программ, а также возможности для совместных

исследований на клеточном уровне с использованием циклотрона У-400 в ЛЯР.

Стороны подтвердили стремление к дальнейшему развитию сотрудничества и отметили, что широкий круг взаимных интересов указывает на необходимость организации подобной конференции для представления проектов по другим направлениям исследований. Представители ОИЯИ напомнили о возможности подготовки PhD и дипломных работ в Институте, а также пригласили французских исследователей в Дубну для участия в экспериментальных программах.

3 июня состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ, особенностью которого стало выступление всех членов нового состава дирекции с информацией о деятельности по своим направлениям и задачах на 2021 г.

Директор Института Г. В. Трубников в своем докладе в числе наиболее значимых актуальных событий и фактов отметил начавшийся в июне в ЛФВЭ технологический сеанс с пучком ионов в цепочке линак–бустер–нуклотрон и настройку к осеннему сеансу канала проводки пучка бустер–нуклотрон. На фабрике СТЭ в ходе 27-дневного сеанса синтеза флеровия в реакции ^{48}Ca с ^{242}Pu синтезировано 43 цепочки распада $^{286, 287}\text{Fl}$ (ранее во всех распадах — 25 цепочек). В конце мая завершён 5-й цикл работы реактора ИБР-2 на мощности, в котором участвовали коллеги из Сербии, Египта, проводилось облучение образцов из центров стран-участниц, присланных по почте. С апреля шел набор данных на 8 кластерах глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD. В мае в программе одной из крупнейших нейтринных международных конференций VLVnT 2021 (Very Large Volume neutrino Telescope) было представлено около 20 докладов по «байкальской» тематике. Г. В. Трубников дал высокую оценку работе вычислительного комплекса ЛИТ, а также отметил, что в 2021 г. 14 соискателей защитили диссертации в советах ОИЯИ.

Директор ОИЯИ познакомил членов НТС с распределением обязанностей в новом составе дирекции, формированием департаментов, поэтапным реформированием системы управления Институтом. В числе приоритетных задач докладчик назвал подготовку к формированию следующей семилетки 2024–2030 гг., расширение форм международного сотрудничества и популяризацию деятельности ОИЯИ, а также рассказал об участии ОИЯИ в подготовке к открытию лица им. В. Г. Кадышевского, о ремонте общежития на ул. Московской, планах по созданию международного инновационного исследовательского центра ядерных технологий. Г. В. Трубников представил уточненный план мероприятий на 2021 г. по выполнению решений КПП ОИЯИ (ноябрь 2020 г., март 2021 г.), а также уделил особое внимание теме предупреждения распространения коронавирусной инфекции.

Вице-директор Института С. Н. Дмитриев представил новые департаменты бюджетной и экономической политики, кадров и делопроизводства, развития имущественного комплекса, а также перечислил основные этапы проекта по созданию международного инновационного центра ядерно-физических исследований. В их числе — прикладные инновационные исследования в рамках проекта комплекса NICA; создание в ЛЯР ускорителя DC-140 для исследований в области радиационного материаловедения, испытаний на радиационную стойкость электронных компонентов, совершенствования технологии производства трековых мембран и др. (2021–2023 гг.); создание современного радиохимического комплекса, включающего радиохимическую лабораторию I класса, с целью разработки новых радиоизотопов для ядерной медицины в фотоядерных реакциях на промышленном электронном ускорителе (2022–2026 гг.); работы в области радиационной биологии: расширение исследовательской инфраструктуры ЛРБ, развитие OMICS-технологий, нейрорадиобиологические исследования, разработка подходов для повышения эффективности лучевой терапии на основе радиомодификаторов (фармацевтические препараты, трансгенные системы), поиск новых способов адресной доставки (молекулярные векторы) радиомодификаторов и радионуклидов в опухолевые клетки; создание центра исследований и разработок в области радиационной терапии: исследования по протонной флэш-терапии, технологии «карандашного» пучка, создание сверхпроводящего протонного циклотрона (230 МэВ) как пилотной установки для будущего медицинского центра (2021–2024 гг.). Ближайшей задачей проекта по созданию инновационного центра признана разработка дорожной карты (ноябрь 2021 г.).

Вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе рассказал о ходе работ по проекту NICA, а также о формировании департамента развития цифровых сервисов, в который вошли служба материально-технического снабжения, отдел сопровождения и развития информационных систем и группа информационно-технической поддержки.

Вице-директор ОИЯИ Л. Костов сообщил об организации и начале работы экспертно-аналитической группы, рабочего органа при директоре Института, который будет взаимодействовать с рабочей группой экспертов при председателе КПП.

Научный руководитель ОИЯИ В. А. Матвеев представил участникам заседания схему подготовки нового Семилетнего плана на период 2024–2030 гг.

Главный ученый секретарь ОИЯИ С. Н. Неделько представил структуру департамента научно-организационной деятельности, а также сообщил о начале регулярных совещаний с учеными секретарями лабораторий по всему спектру стратегических и текущих задач научно-организационной работы.

Главный инженер ОИЯИ Б. Н. Гикал представил структуры соответствующих служб Института и отметил стоящие перед ними основные задачи.

Директор ЛРБ А. Н. Бугай выступил с докладом «О проекте научной программы Института в области наук о жизни», в котором, в частности, рассказал о применении ядерно-физических методов ОИЯИ в науках о жизни, вызывающих все более растущий интерес.

С 8 по 12 июня проходил визит в Дубну генерального директора ИЯФ Министерства энергетики Республики Казахстан, полномочного представителя Правительства Республики Казахстан в ОИЯИ Б. Каракозова. В программу визита вошло посещение ЛЯР, где состоялся целый ряд рабочих встреч с руководством и ведущими учеными лаборатории. Кроме этого, Б. Каракозов встретился с национальной группой Республики Казахстан в ОИЯИ. Ему были представлены доклады о работе группы, состоялось знакомство с ответственными сотрудниками в лабораториях Института, а также обсуждение грантовой программы полномочного представителя Правительства Республики Казахстан.

10 июня состоялась встреча с директором ОИЯИ академиком Г. В. Трубниковым, в ходе которой дана высокая оценка текущему сотрудничеству ОИЯИ и Республики Казахстан. Стороны детально обсудили вопросы реконструкции ускорительного комплекса на базе У-150М в Институте ядерной физики, отметив первоочередную необходимость проработки физической программы установки. Велись переговоры о создании филиала ОИЯИ на базе ИЯФ, развитии сотрудничества в области теоретической и экспериментальной физики частиц и тяжелых ионов, в частности, в рамках возможного участия ИЯФ в экспериментах ATLAS и CMS на LHC в ЦЕРН. Также рассмотрены перспективы совместной программы исследований в области водородной энергетики.

11 июня в Москве на заседании ученого совета НИЦ «Курчатовский институт» подписано Соглашение между ОИЯИ и Курчатовским институтом о совместной реализации проектов в социогуманитарной сфере.

Подписанное соглашение предполагает совместную реализацию просветительских проектов и образовательных программ, проведение выставок, фестивалей и других мероприятий. Новым направлением сотрудничества станет формирование научного кадрового резерва. В рамках заседания научному руководителю ЛЯР академику РАН Ю. Ц. Оганесяну присвоено звание почетного доктора НИЦ «Курчатовский институт».

С 13 июня по 13 июля в Дубне проходила очередная стажировка молодых ученых СНГ, которая была организована Международным инновационным центром нанотехнологий СНГ при поддержке Межгосударственного фонда гуманитар-

ного сотрудничества государств-участников СНГ и Объединенного института ядерных исследований.

В стажировке приняли участие молодые ученые и специалисты из стран СНГ, выполняющие научно-исследовательскую, опытно-конструкторскую или проектную работу индивидуально или в составе коллектива. Отбор участников осуществлялся на конкурсной основе.

Помимо выполнения учебных проектов участники стажировки были подробно ознакомлены с различными аспектами деятельности ОИЯИ, его научными и образовательными программами, объектами научно-исследовательской инфраструктуры. Программа стажировки включала также посещение ОЭЗ «Дубна».

17 июня на базе международной инженерной школы государственного университета «Дубна» состоялось торжественное открытие лаборатории электроники и микропроцессорной техники, созданной при поддержке ОИЯИ и при активном участии специалистов ускорительного отделения ЛФВЭ. В церемонии открытия приняли участие вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе, директор УНЦ С. З. Пакуляк и ректор университета Д. В. Фурсаев.

Лаборатория оснащена современной контрольно-измерительной аппаратурой, компьютерами с профессиональным программным обеспечением, а также включает монтажную мастерскую. Участие в работе новой лаборатории опытных преподавателей (ведущих инженеров-разработчиков ЛФВЭ ОИЯИ) в сочетании с современными инструментами разработки, диагностики, измерений и тестирования электронных средств сделает процесс обучения студентов инженерно-технических направлений университета «Дубна» более эффективным и облегчит вхождение молодых специалистов в работу на ускорительном комплексе NICA и других базовых установках ОИЯИ.

18 июня состоялась онлайн-встреча руководства Объединенного института и Европейского физического общества (EPS), в ходе которой достигнута договоренность об участии студентов EPS в студенческой программе ОИЯИ.

На совещании обсуждены вопросы кооперации между учеными внутри научных групп двух организаций и обозначены сферы общих интересов для их дальнейшего развития. Представители EPS отметили теоретическую физику, физику частиц, ядерную физику и высокопроизводительные вычисления в качестве перспективных областей для совместной организации школ и конференций. Кроме того, намечены перспективы сотрудничества в отношении стажировок и программ, организуемых УНЦ, а также Объединением молодых ученых и специалистов ОИЯИ.

6 июля проходил визит в ОИЯИ делегации руководства Российского университета дружбы на-

родов (РУДН), в ходе которого подписано двустороннее соглашение о совместной подготовке кадров в области физики, математики, компьютерных технологий и наук о жизни, а также о сотрудничестве в сфере исследовательской деятельности с использованием уникального оборудования ОИЯИ. Подписи на соглашении поставили директор ОИЯИ Г. В. Трубников и ректор РУДН О. А. Ястребов в присутствии научного руководителя ОИЯИ В. А. Матвеева и президента РУДН В. М. Филиппова.

ОИЯИ и РУДН договорились о проведении совместных фундаментальных и прикладных исследований на регулярной основе, а также об интеграции научно-образовательных и научно-исследовательских программ для совершенствования подготовки кадров по следующим научным направлениям: физика элементарных частиц и атомного ядра; физика конденсированных сред; теоретическая и математическая физика; математическое моделирование и вычислительная физика; сети, компьютерные технологии; науки о жизни.

Делегация РУДН посетила ЛФВЭ, где ознакомилась с ходом реализации мегапроекта NICA и фабрикой сверхпроводящих магнитов, побывала в наноцентре ЛЯР и в ЛИТ.

16 июля ОИЯИ с визитом посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Румынии в РФ К. Истрате. Посол встретился с румынскими учеными, работающими в Институте, и посетил интерактивную выставку в ДК «Мир», посвященную 65-летию ОИЯИ.

На встрече с руководством Института, в частности, обсуждался вопрос проведения Дней Румынии в ОИЯИ, в рамках которых планируется организовать выставку румынских технологических предприятий для развития технического сотрудничества между странами.

Открывая встречу, директор ОИЯИ Г. В. Трубников подчеркнул, что Румыния — один из активных участников научной жизни Института. Сотрудники ведущих румынских научных центров заняты в работах флагманского проекта ОИЯИ — создании коллайдера NICA и других проектах. Румынские ученые с дубненскими коллегами участвуют в проектах ЦЕРН, а также в исследованиях сжатой барионной материи на ускорительном комплексе GSI (Дармштадт).

19 июля состоялась встреча полномочного представителя Правительства Словацкой Республики в ОИЯИ Ф. Шимковица с дирекцией Института. На встрече, в частности, выделен ряд стратегических целей развития дальнейшего сотрудничества, таких как повышение присутствия молодых словацких ученых в ОИЯИ, в том числе студентов и аспирантов, а также расширение участия высокотехнологических предприятий Словакии в проектах Института.

Ф. Шимковиц прибыл в ОИЯИ с недельным рабочим визитом, в программе которого, в частности,

было участие в первом заседании учрежденной КПП рабочей группы по вопросам стратегического развития, проведение в онлайн-формате круглого стола с представителями высокотехнологичных предприятий Словакии, рабочие встречи по вопросам кооперации с руководством лабораторий и департаментов Управления ОИЯИ, встреча с группой словацких сотрудников Института.

21 июля состоялся визит в ОИЯИ Чрезвычайного и Полномочного Посла Болгарии в РФ А. Крыстина в сопровождении директора Болгарского культурного института в Москве В. Бойчева. На встрече с руководством ОИЯИ обсуждались возможности развития сотрудничества и, в частности, подготовка к предстоящей сессии КПП ОИЯИ в Болгарии, в том числе предложения по проведению в рамках КПП ряда встреч и мероприятий высокого уровня. В ряду ключевых мероприятий 2021 г., объявленного годом Болгарии в ОИЯИ, стороны обсудили также открытие в сентябре информационного центра ОИЯИ в Софийском университете.

По окончании встречи посол и члены болгарской делегации вместе с руководством ОИЯИ приняли участие в открытии экспозиции «Природное и культурное наследие Болгарии» в гостинице на ул. Московской, д. 2. В ходе экскурсии в ЛЯР гости ознакомились с фабрикой СТЭ, а также посетили мультимедийную выставку в ДК «Мир», посвященную 65-летию ОИЯИ.

22 июля в смешанном формате состоялось 1-е заседание рабочей группы по стратегическим вопросам (РГСВ), созданной по решению КПП ОИЯИ в марте 2021 г. В заседании приняли участие представители руководства Института, эксперты и специалисты 15 государств-членов ОИЯИ, президент Института по атомной энергии Вьетнама (Винатом), а также полномочные представители правительств Вьетнама, Грузии, Кубы, Польши, Словакии, Чехии. Председателем РГСВ избран представитель Чешской Республики И. Штекл.

Вице-директор ОИЯИ Л. Костов рассказал об организационных основах РГСВ, выразив уверенность, что рабочая группа станет надежным инструментом, способствующим более тесному вовлечению стран-участниц в деятельность ОИЯИ, повышению информированности и степени проработки вопросов для дальнейшего обсуждения на заседаниях КПП.

Директор ОИЯИ Г. В. Трубников представил краткий обзор основных результатов и событий в жизни Института за истекший период работы нового состава дирекции ОИЯИ.

Участники встречи рассмотрели проект Положения об ассоциированном членстве в ОИЯИ, представленный спецпредставителем ОИЯИ в российских и международных организациях Б. Ю. Шарковым, а также проект Положения о флаге ОИЯИ, представленный советником при дирекции ОИЯИ М. Тумановой. По итогам дис-

куссии члены РГСВ сформулировали предложение вынести на обсуждение на ноябрьской сессии КПП проекты этих документов с учетом высказанных замечаний. Встречу завершила общая дискуссия и подписание итогового протокола.

23 июля состоялась встреча директора ОИЯИ Г. В. Трубникова с руководством Академии научных исследований и технологий Египта (ASRT) — президентом М. Сакром и вице-президентом Дж. аль-Фики. Во встрече принял участие Чрезвычайный и Полномочный Посол АРЕ в РФ И. Наср в сопровождении первого советника посольства М. Эльви. Национальную группу египетских сотрудников в ОИЯИ представлял ее руководитель В. Бадави.

Центральной темой встречи стало обсуждение возможности участия Египта в ОИЯИ в качестве полноправной страны-участницы. Для проработки этого направления и определения конкретных задач в области фундаментальной науки, инноваций, подготовки кадров и информационной работы стороны договорились сформировать совместную экспертную группу, а также организовать ряд рабочих визитов. В числе перспективных направлений взаимодействия с ОИЯИ представители АРЕ также отметили опыт и богатые связи Института с университетами РФ.

Визит делегации ASRT включал в себя также знакомство с научной инфраструктурой ОИЯИ. Гости побывали в ЛРБ, ЛИТ, посетили мультимедийную выставку, посвященную 65-летию ОИЯИ, встретились с руководством Учебно-научного центра.

Делегация ASRT приняла участие в торжественном собрании, посвященном 65-летию ОИЯИ и Дубны, а также присутствовала на открытии панно «Периодическая таблица им. Д. И. Менделеева» на набережной Волги.

С 6 по 10 сентября на базе институтов Национальной академии наук Украины в рамках мероприятий, приуроченных к 65-летию ОИЯИ, в гибридном формате проходило рабочее совещание «Перспективы сотрудничества Украины с ОИЯИ». Приветственной речью совещание открыл полномочный представитель Правительства Украины Б. В. Гринев. Вице-директор ОИЯИ Л. Костов рассказал об основных направлениях развития Института.

В состав делегации ОИЯИ вошли украинские сотрудники, которые представили результаты своих научных исследований, выполненных на базовых установках ОИЯИ. Особый интерес участников совещания вызвали доклады по такому актуальному направлению научных исследований, как разработка новых типов сцинтилляционных материалов, используемых для создания детекторов высокоэнергетических частиц. Были приведены примеры успешного использования таких детекторов, созданных в Институте сцинтилляционных материалов НАН Украины, в различных экспериментах

в ЦЕРН. Стороны обсудили возможность применения подобных устройств в экспериментах MPD и SPD коллайдера NICA в ОИЯИ. Большое внимание участников совещания было уделено возможности участия в пользовательской программе, реализуемой на реакторе ИБР-2 в ЛНФ. По итогам обсуждений запланированы совместные исследования наноматериалов на основе кремния и оксида ванадия с использованием возможностей методов рассеяния нейтронов на спектрометрах реактора ИБР-2.

В рамках совещания состоялась экскурсия на новую исследовательскую ядерную установку в Национальном научном центре «Харьковский физико-технический институт», после которой был организован круглый стол с участием представителей дирекции и руководства лабораторий ОИЯИ по видеоконференцсвязи. Рассмотрены возможности развития сотрудничества Украины и ОИЯИ по созданию и эксплуатации нейтронных спектрометров на базе созданного источника нейтронов.

9 сентября вице-директор ОИЯИ Л. Костов встретился с Президентом Республики Болгарии Р. Радевым в его резиденции в Софии. Стороны обсудили перспективы развития партнерства между Болгарией и ОИЯИ в области фундаментальных и прикладных научных исследований. Отмечен существенный вклад, который вносила Болгария в научные исследования Института на протяжении всей его истории. Ежегодно около 100 болгарских ученых посещают с рабочими визитами лаборатории ОИЯИ.

2021 г. был объявлен годом Болгарии в Объединенном институте ядерных исследований. Р. Радев принял приглашение Л. Костова стать официальным гостем на праздничной сессии КПП ОИЯИ, посвященной 65-летию ОИЯИ, в Софии в ноябре 2021 г.

С 13 по 14 сентября в Каире (АРЕ) с официальным визитом находилась представительная делегация ОИЯИ во главе с директором Института академиком Г. В. Трубниковым. Делегация приняла участие в научном семинаре «Египет–ОИЯИ: сегодня и завтра», организованном под эгидой Академии научных исследований и технологий Египта (ASRT). Повестка дня также включала встречи руководства Института с руководителями Академии наук, Министерства высшего образования Египта, представителями посольств стран-участниц Института, а также руководителями высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов АРЕ.

Первым мероприятием научного семинара стала пленарная сессия «Стратегические возможности продвижения глобальных перспектив сотрудничества для достижения основных научных целей на период до 2030 г.» (Strategic Opportunities for Advancing Global Collaborative Perspectives Towards Achieving 2030 Main Research Goals). Сессию открыл директор ОИЯИ Г. В. Трубников, ко-

торый представил собравшимся направления научного поиска, базовые установки, образовательные возможности, а также стратегию развития Института.

Собравшихся на открытии мероприятия приветствовали председатель Агентства по атомной энергии Египта (ЕАЕА) А. Эль-Хаджали, президент ASRT М. Сакр, министр высшего образования научных исследований Египта Х. Абдель Гаффар. С приветственными словами от стран-участниц ОИЯИ выступили: от имени страны местопребывания ОИЯИ — посол Российской Федерации в Египте Г. Е. Борисенко; от имени страны, председательствующей в 2021 г. на КПП ОИЯИ, — посол Румынии М. Ступару; от имени Болгарии, в ознаменование проводящегося года Болгарии в ОИЯИ, — посол Д. Ангелов. На заседании присутствовали посол Чешской Республики, представители посольств Казахстана, Словакии и Венгрии.

Проведены параллельные тематические научные сессии с участием представителей лабораторий Института, а также вузов и научных организаций Египта.

14 сентября состоялась очная церемония открытия информационного центра ОИЯИ в штаб-квартире ASRT, который в декабре 2020 г. был открыт в онлайн-формате.

15–16 сентября в ОИЯИ проходил Международный круглый стол по прикладным исследованиям и инновациям на комплексе NICA, нацеленный на информирование широкой научной общественности о новых возможностях комплекса NICA для прикладных исследований в задачах современной биологии и медицины, радиационной стойкости полупроводниковых устройств, радиационного материаловедения, развития новых технологий для ядерной энергетики.

В ходе двух дней работы в круглом столе приняли участие около 300 исследователей из Австралии, Белоруссии, Бельгии, Бразилии, Болгарии, Китая, Чехии, Германии, Италии, Японии, Молдовы, Румынии, России, ЮАР, США, Узбекистана, а также из международных организаций — Европейской ассоциации по исследованиям на животных (ЕАРА), Европейского космического агентства (ЕСА), ЦЕРН, ОИЯИ, исследовательских институтов, научно-производственных компаний, образовательных учреждений и средств массовой информации. Заседание круглого стола проходило в формате, сочетающем дистанционное участие с очным присутствием сотрудников ОИЯИ и ряда российских организаций.

Работу круглого стола открыл директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, который подчеркнул своевременность его проведения для обсуждения политики использования пучков коллайдера в прикладных исследованиях и определения интереса научного сообщества к организации международной программы пользователей комплекса NICA в части прикладных исследований.

Руководитель проекта NISA вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе рассказал об актуальном статусе мегасайенс-проекта, отметив, что, наряду с получением новых знаний в области фундаментальной науки, огромное значение имеют исследования в сфере энергетики, микроэлектроники, радиобиологии и многое другое. Перспективы запуска полномасштабных прикладных исследований на комплексе NISA были отмечены как фактор расширения сферы деятельности молодых ученых, развития инструментов ОИЯИ в области подготовки кадров и просветительской деятельности.

В первый день в ходе заседаний круглого стола наряду с широко представленным спектром прикладных исследований ОИЯИ прозвучали доклады ведущих ученых из Европейского космического агентства, ЦЕРН, а также специалистов из научных центров Австралии, Германии, Италии, России, США, Чехии, ЮАР, Японии. Модераторами научных сессий в первый день мероприятия стали М. Дюранте (Центр по изучению тяжелых ионов им. А. Гельмгольца, Германия), А. С. Сорин (ОИЯИ), Т. Хей (Колумбийский университет, США), О. В. Белов (ОИЯИ). В завершение первого дня участники круглого стола совершили очно-виртуальную экскурсию на NISA.

Во второй день сессии круглого стола провели модераторы К. Траутманн (Центр по изучению тяжелых ионов им. А. Гельмгольца, Германия), П. Ю. Апель (ОИЯИ), Х. Сакураи (Центр ускорительных наук RIKEN Nishina, Япония), М. Параипан (ОИЯИ), И. А. Руднев (НИЯУ МИФИ, Россия). Ученые обсудили разработку нано- и микроструктурированных материалов при помощи нового коллайдера, тестирование на нем радиационного воздействия на электронные устройства, моделирование экспериментов по ядерной планетологии и прикладные работы в области развития новых технологий ядерной энергетики.

По итогам сессий второго дня принят Меморандум, в котором участники мероприятия отметили существенный интерес научного сообщества к вопросам организации прикладных исследований на комплексе NISA и выразили свое мнение по ряду стратегических вопросов о дальнейшем развитии работ.

Участники круглого стола утвердили предложенное наименование инфраструктуры для прикладных исследований NISA, объединяющее создаваемые каналы, — ARIADNA (Applied Research Infrastructure for Advanced Developments at NISA fAcility) и соответствующий логотип.

Для дальнейшей проработки обозначенных стратегических инициатив руководством проекта NISA сформирован экспертный комитет по прикладным исследованиям и инновациям на каналах ARIADNA, первое заседание которого состоялось сразу по завершении открытой части круглого стола.

16 сентября в рамках Международного круглого стола по прикладным исследованиям и инновациям на комплексе NISA состоялась встреча руководства ОИЯИ с представителями Института медико-биологических проблем (ИМБП) РАН во главе с директором ИМБП академиком О. И. Орловым.

Главным предметом встречи стало обсуждение новых перспектив реализации исследований с использованием пучков комплекса NISA, связанных с практическими вопросами безопасности пилотируемых космических полетов, а также фундаментальными проблемами космической биологии и медицины, что может открыть новую страницу в истории взаимодействия двух институтов.

На встрече рассмотрены вопросы вхождения ИМБП РАН в коллаборацию на базе мегасайенс-проекта NISA, а также привлечения кадров из профильных научных учреждений, имеющих многолетний опыт и широкую аналитическую базу для получения и обработки результатов. Стороны обсудили вопросы совместного участия двух институтов в различных международных программах по данным направлениям с учетом накопленного опыта по взаимодействию с партнерскими организациями разных стран в области космических и смежных исследований. В части специфических потребностей к параметрам облучения на комплексе NISA высказано пожелание о работе в режиме «многоионного» пучка, подразумевающего быструю смену типа иона и энергии.

С 15 по 18 сентября в Софии находилась делегация ОИЯИ, возглавленная вице-директорами ОИЯИ Л. Костовым и В. Д. Кекелидзе, в рамках серии мероприятий, приуроченных к 65-летию Института и проведению года Болгарии в ОИЯИ, организованных Институтом совместно с Агентством по ядерному регулированию (АЯР) Республики Болгарии.

С болгарской стороны в мероприятиях принимали участие полномочный представитель Правительства Болгарии в ОИЯИ, председатель АЯР Ц. Бачийски, сотрудники болгарского Министерства образования и науки, Болгарской академии наук и исследовательских центров, реализующих совместные проекты с Институтом.

Программа визита была открыта 15 сентября в Южном парке Софии, где при участии ОИЯИ, АЯР и АЭС «Козлодуй» организована новая зона отдыха. Эта «зеленая инициатива» не только облагородила территорию одного из крупнейших столичных парков, но и будет способствовать привлечению внимания болгарской общественности к деятельности ОИЯИ.

16 сентября торжественно открыт первый в Евросоюзе информационный центр ОИЯИ на базе физического факультета Софийского университета им. Св. Климента Охридского. В рамках открытия ИЦ подписаны соглашения, направленные на расширение сотрудничества ОИЯИ и Софийского

университета в научно-исследовательской и инновационной деятельности, подготовке кадров, популяризации естественных наук.

17 сентября в Центральном военном клубе прошла торжественная научная сессия «65 лет сотрудничества между Болгарией и ОИЯИ». В повестку заседания вошли доклады о вкладе болгарских ученых в развитие Института, участии Болгарии в сотрудничестве между ОИЯИ и ЦЕРН, освещалась тематика таких научных направлений ОИЯИ, как физика частиц, нейтронная физика, физика тяжелых ионов и компьютеринг. Участникам мероприятия была представлена стратегия развития ОИЯИ до 2030 г. и далее.

В рамках юбилейного года ОИЯИ и года Болгарии в ОИЯИ Агентство по ядерному регулированию поддержало издание книги «65 лет Болгарии в ОИЯИ», в которой освещена история Института с момента его создания до наших дней, представлены лаборатории и участие болгарских исследователей в деятельности каждой из них, а также ключевые мероприятия в рамках сотрудничества — встречи, семинары, школы и т. д.

24 сентября в рамках празднования 65-летия ОИЯИ в Дубну прибыли чрезвычайные и полномочные послы Республики Польша, Республики Словакии и Чешской Республики в РФ.

Визит начался со встречи с руководством ОИЯИ в формате круглого стола в большом зале Дома ученых. Приветствуя гостей, директор ОИЯИ Г. В. Трубников подчеркнул деятельное участие, которое принимали Польша, Словакия и Чехия в составе стран-основательниц в формировании научной программы ОИЯИ с самого начала истории Института.

Послы приняли участие в работе 130-й сессии Ученого совета ОИЯИ, выступив с приветствием и поздравлением научного сообщества ОИЯИ, коллектива и партнеров Института по случаю его 65-летия.

В рамках программы пребывания в ОИЯИ гости посетили интерактивную выставку, посвященную юбилейной дате, оставив свои записи в книге посетителей. Послы и сопровождавшие их делегации побывали в экспериментальном зале МРД, на фабрике сверхпроводящих магнитов в ЛФВЭ, встретились с национальными группами Словакии, Польши и Чехии в ОИЯИ.

К визиту высоких гостей был приурочен торжественный пуск в эксплуатацию гостиничного номерного фонда общежития на ул. Московской, 2, а также открытие экспозиции, оформленной фотографиями примечательных мест Чехии, представленными чешским агентством по развитию туризма CzechTourism. Незадолго до этого в гостинице уже была открыта фотоэкспозиция, приуроченная к объявленному в ОИЯИ году Болгарии и посвященная болгарской природе и культуре. Продолжила программу церемония открытия памятной таблички, закрепленной с участием вице-

директора Института Л. Костова и высоких гостей, о завершении капитального ремонта гостиницы к 65-летию ОИЯИ. Дипломаты из Польши, Словакии и Чехии стали первыми постояльцами вновь открытого гостиничного номерного фонда и оставили позитивные отзывы.

24 сентября в Санкт-Петербурге подписан договор об объединении трех суперкомпьютеров, в том числе суперкомпьютера «Говорун», в единую сеть с целью развития национальной исследовательской компьютерной сети России (НИКС). В присутствии заместителя председателя Правительства РФ Д. Н. Чернышенко подписи под документом поставили ректор СПбПУ А. И. Рудской, директор Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСП РАН) Б. М. Шабанов и директор ЛИТ ОИЯИ В. В. Кореньков.

В настоящее время НИКС, созданная по заданию Минобрнауки России в 2019 г., предоставляет услуги более чем 150 организациям высшего образования и науки, расположенным в 34 регионах. Общее количество пользователей сети по независимым экспертным оценкам превышает три миллиона человек, что делает ее не только крупнейшей научно-образовательной сетью страны, но и одной из крупнейших компьютерных сетей мира. В ближайших планах — подключить 40 % общего числа ведущих организаций и объединить все 10 суперкомпьютерных центров страны. Для исследователей и разработчиков будет обеспечен глобальный доступ к сервисам машинного обучения, аналитики больших данных, суперкомпьютерным ресурсам.

28–29 сентября в Минске проходила международная научно-практическая конференция «30 лет Содружеству Независимых Государств: итоги, перспективы», участие в которой приняла представительная делегация ОИЯИ во главе с директором академиком Г. В. Трубниковым и научным руководителем ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым. Форум собрал более 300 представителей государственных органов, органов СНГ, ведущих ученых и специалистов, руководителей крупнейших научных и учебных организаций ряда государств, представителей дипломатического корпуса и других участников.

В рамках рабочего визита в первый день конференции представители ОИЯИ приняли участие в заседании Совета Международной ассоциации академий наук (МААН), на котором Г. В. Трубников был единогласно избран действительным членом МААН. Научному руководителю ОИЯИ В. А. Матвееву вручен отличительный знак «Академик МААН» в ознаменование его избрания действительным членом МААН в сентябре 2020 г. Делегация ОИЯИ также приняла участие в заседании Совета молодых ученых МААН.

7 октября в дирекции ОИЯИ в ходе встречи вице-директора Л. Костова и проректора по на-

учной, инновационной и международной деятельности Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга В. Н. Ефименко подписано соглашение об открытии в КамГУ информационного центра ОИЯИ. Подписанию предшествовало обсуждение работы будущего инфоцентра, целей и задач предстоящей деятельности, а также ближайших шагов по его развитию. В ходе дискуссии отмечен, в частности, успешный опыт совместного проведения камчатской школы по физике элементарных частиц, а также начало сотрудничества по использованию метода мюонной радиографии в наблюдениях за вулканами. В планах работы нового инфоцентра — расширение взаимодействия научных организаций региона с ОИЯИ.

18 октября состоялся визит в ОИЯИ делегации РЭУ им. Г. В. Плеханова во главе с ректором университета И. В. Лобановым с целью обсуждения перспектив расширения сотрудничества как научного, так и в сфере подготовки кадров.

В беседе с руководством ОИЯИ гости отметили существующую кооперацию: на базе университета несколько лет назад образована Лаборатория облачных технологий и аналитики больших данных под руководством директора ЛИТ В. В. Коренькова, а мощности аппаратного комплекса обработки больших данных ОИЯИ университет использует для обработки данных в сфере экономики. Участники встречи выразили общее желание продолжать и расширять взаимовыгодное сотрудничество в этой области.

Представители РЭУ отметили, что, опираясь на удачный опыт работы группы Data Science и Высшей школы «Форсайт» — проектов, реализуемых совместно с ЛИТ ОИЯИ, принято решение о создании отдельного факультета для подготовки бакалавров и магистров в области аналитики данных, а также магистерского направления по суперкомпьютерным технологиям. Также рассмотрены возможности участия студентов РЭУ им. Г. В. Плеханова в студенческой программе ОИЯИ и в онлайн-программе INTEREST — в проектах по IT-тематике.

В ходе визита в Институт гости ознакомились с мегапроектом NICA и фабрикой сверхпроводящих магнитов на площадке ЛФВЭ, а также побывали в ЛИТ.

25 октября в ОИЯИ состоялась встреча генерального подрядчика проекта NICA компании STRABAG и руководства Института. Стороны рассмотрели статус объекта строительства, а также статус так называемого МЕР-комплекса работ, включающего механические, электрические и сантехнические системы. На встрече обсуждалась необходимость наращивания темпа работ и повышения эффективности дальнейшего взаимодействия. На стройплощадке комплекса NICA представители STRABAG смогли лично оценить ход работ по проекту создания коллайдера.

27 октября в Дубне состоялось подписание соглашения между ОИЯИ и ООО «Лидер Консорциума “Международный центр исследований на базе реактора МБИР”» о сотрудничестве в области фундаментальных научных и прикладных исследований на базе многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах (МБИР). Подписи под документом поставили вице-директор ОИЯИ Л. Костов и генеральный директор «Лидер Консорциума МЦИ МБИР» К. Ю. Вергазов.

Проект по созданию уникальной исследовательской установки МБИР реализует госкорпорация «Росатом» в рамках комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации». Реактор возводится в г. Димитровграде Ульяновской области на базе АО ГНЦ НИИАР.

Соглашение призвано способствовать созданию международного центра исследований на базе реактора МБИР (МЦИ МБИР) для реализации научных и технологических исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и плазмы, радиационного материаловедения и других перспективных научных направлений. Одним из ключевых направлений сотрудничества в рамках подписанного соглашения станет выработка и дальнейшая координация пользовательской политики проекта, а также формирование программы научных исследований.

В ходе визита в ОИЯИ делегация представителей Росатома посетила ЛФВЭ, где ознакомились с ходом реализации мегасайенс-проекта NICA.

29 октября ОИЯИ с рабочим визитом посетил посол ЕС в Российской Федерации М. Эдерер в сопровождении полномочного министра, руководителя департамента науки Представительства ЕС в РФ Л. Бошера.

На встрече с руководством Института гости обсудили перспективы развития взаимоотношений ОИЯИ и Европейского союза, в том числе в рамках партнерского участия в таких программах, как CREMLINplus, ESRFI, а также в рамках организации мероприятий Международного года фундаментальных наук в интересах устойчивого развития-2022, соорганизатором которого ОИЯИ выступает вместе с ЮНЕСКО. Отмечено, что немаловажным аспектом сотрудничества является стратегическая поддержка со стороны ЕС проектов фундаментальных исследований, а также проектов развития масштабной исследовательской инфраструктуры международного центра в Дубне. Стороны рассмотрели возможности привлечения молодых талантов из стран Европейского союза для исследований на комплексе NICA и участия в других проектах ОИЯИ, проведения в Дубне встреч научных атташе стран-участниц ОИЯИ, в том числе стран Евросоюза, стран-партнеров ОИЯИ для обсуждения инструментов научной дипломатии, а также идею организации выставки «JINR:

Science Bringing Nations Together», посвященной ярким научным проектам и результатам Института, в офисе Европейского союза в Брюсселе.

Гости посетили строящийся коллаيدر NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов, фабрику сверхтяжелых элементов на базе нового ускорителя ДЦ-280 и наноцентр ЛЯР, интерактивную выставку «Базовые установки ОИЯИ» в ДК «Мир».

С 8 по 12 ноября в ОИЯИ проходила 19-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-19). Ее участниками стали руководители и специалисты научно-исследовательских и образовательных организаций из Болгарии и Сербии. В первый день к ее программе присоединились главы дипломатических миссий обеих стран в Российской Федерации — Чрезвычайный и Полномочный Посол Болгарии в РФ А. Крыстин и Временный Поверенный в делах Республики Сербии в РФ С. Царич.

Визит представительной болгарской делегации для детального знакомства с ОИЯИ входил в программу мероприятий года Болгарии в ОИЯИ, а также был связан с подготовкой к предстоящей в конце ноября сессии КПП ОИЯИ. Визит сербской делегации был связан с проработкой сербской стороной выполнения дорожной карты сотрудничества и планируемого существенного расширения участия Сербии в ОИЯИ.

А. Крыстин и С. Царич вместе с участниками JEMS ознакомились с ходом строительства сверхпроводящего комплекса коллайдера NICA. Далее, согласно программе, ее участники продолжили знакомство с лабораториями и установками ОИЯИ, заслушали лекции ведущих экспертов Института по направлениям актуальных научных исследований, а также получили представление о международной и образовательной деятельности ОИЯИ, организации социальной инфраструктуры Института.

9 ноября состоялся визит в ОИЯИ делегации посольства Соединенных Штатов Мексики в РФ во главе с послом Н. Б. Пенсадо Морено. На встрече с представителями дирекции ОИЯИ во главе с вице-директорами Института В. Д. Кекелидзе и Л. Костовым был отмечен существующий опыт сотрудничества между Объединенным институтом и Мексикой, большой потенциал мексиканских ученых, в частности, в области теоретической физики и обоюдная заинтересованность в дальнейшем укреплении контактов. Мексиканская делегация приняла участие в работе JEMS-19, посетила с обзорной экскурсией ЛФВЭ и ЛЯР, а также интерактивную выставку ОИЯИ.

10 ноября в ходе визита губернатора Московской области А. Ю. Воробьева в Дубну в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ прошла церемония вручения областных наград сотрудникам Института за плодотворную научно-практическую деятель-

ность. Событие было приурочено ко Всемирному дню науки.

Научный руководитель ЛЯР академик РАН Ю. Ц. Оганесян удостоен звания почетного гражданина Московской области — высшей областной награды — за выдающийся вклад в развитие фундаментальных наук и укрепление международного научно-технического сотрудничества. Знаком «За заслуги перед Московской областью» II степени награжден директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников. Знаком «За заслуги перед Московской областью» III степени награждены вице-директор ОИЯИ профессор С. Н. Дмитриев и заместитель научного руководителя ЛЯР профессор М. Г. Иткис. Почетное звание «Заслуженный деятель науки Московской области» присвоено начальнику сектора ЛЯР В. К. Утенкову. Знаком Преподобного Сергия Радонежского награждены главный технический специалист ЛЯР Г. Г. Гульбемян и начальник научно-технологического отдела ускорителей ЛЯР В. А. Семин.

15 ноября в Париже в штаб-квартире ЮНЕСКО в рамках 41-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО состоялось вручение Международной премии ЮНЕСКО–России им. Д. И. Менделеева в области фундаментальных наук. Лауреатам премии — Ю. Ц. Оганесяну и В. Бальзани (Болонский университет, Италия) — вручены золотые медали с гравировкой портрета Д. И. Менделеева и почетные дипломы. Торжественную церемонию вела помощник генерального директора ЮНЕСКО в области естественных наук Ш. Наир-Бедуэль. На церемонии выступила генеральный директор ЮНЕСКО О. Азуле. Видеообращение с поздравлением лауреатам направил глава жюри премии нобелевский лауреат по химии профессор Ж.-П. Соваж.

В день торжественного вручения Президент РФ В. В. Путин направил Ю. Ц. Оганесяну телеграмму с поздравлением: «Уважаемый Юрий Цолакович! От души поздравляю Вас с присуждением Международной премии ЮНЕСКО–России им. Д. И. Менделеева. Многогранная деятельность, которой Вы посвятили свою жизнь, в полной мере созвучна высокой миссии Премии. Учрежденная по инициативе России и названная в честь великого русского ученого Дмитрия Ивановича Менделеева, она призвана содействовать развитию международного гуманитарного сотрудничества, популяризации передовых научных достижений. И, конечно, эта престижная награда свидетельствует о достойной оценке результатов Ваших фундаментальных трудов, о признании исключительных, неоспоримых заслуг на педагогическом, наставническом поприще. Желаю Вам дальнейших успехов, здоровья и всего самого доброго. В. Путин».

15 ноября состоялся первый вебинар информационных центров ОИЯИ «Вдоль меридиана: от Белого моря до Южной Африки». Серии подоб-

ных встреч призваны содействовать коммуникации инфоцентров Института. Вебинар собрал около 100 участников.

С приветственным словом к участникам вебинара обратился научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев. Заместитель директора ЛЯП Д. В. Наумов представил доклад «Вселенная сквозь Байкальский нейтринный телескоп (Baikal-GVD)».

Собравшихся приветствовали координаторы инфоцентров. Директор инфоцентра ОИЯИ на Юге России Н. Е. Пухаева отметила его широкий географический охват — уже около десяти научно-образовательных учреждений на Северном Кавказе вовлечены в орбиту ИЦ за три года его работы, благодаря чему 4 из 15 факультетов Северо-Осетинского государственного университета сотрудничают с ОИЯИ.

Директор ИЦ в Каире М. Айш выразил уверенность, что фокусировка на достижениях поставленных целей поможет инфоцентрам наладить продуктивное и взаимовыгодное сотрудничество. Директор нового инфоцентра в Болгарии Д. Младенов предложил сделать подобные вебинары традиционной площадкой общения представителей всех ИЦ.

На вебинаре выступили гости из iThemba LABS — заместитель директора Р. Нкоду и начальники группы коммуникаций Дж. Арендсе, которые отметили многолетнее сотрудничество с ОИЯИ и планы iThemba LABS по расширению сети сотрудничающих организаций не только в Африке, но и в мировом научном сообществе.

Директор департамента научной документации Арабского агентства по атомной энергии (ААЕА) Н. Наср от имени генерального директора ААЕА С. Хамди выразила благодарность ОИЯИ за поддержку агентства, оказываемую в рамках Меморандума о понимании, а также за поддержку планов по открытию ИЦ и виртуальной лаборатории в Тунисе в штаб-квартире ААЕА летом 2022 г.

22 ноября в Болгарии на заседании выездной сессии Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ принято единогласное решение о повышении статуса Арабской Республики Египет до полноправного члена ОИЯИ.

В соответствии с Уставом ОИЯИ участники сессии КПП рассмотрели заявление от Арабской Республики Египет о желании войти в число стран-участниц ОИЯИ за подписью министра высшего образования и научных исследований Египта Х. Абдель Гаффара. В ходе голосования предложение включить Египет в число стран-участниц ОИЯИ получило безусловную поддержку.

Полномочными представителями было высказано общее мнение, что вхождение Египта в число полноправных стран-участниц ОИЯИ внесет существенный вклад в развитие Института, позволит расширить его научную программу и запустить новые интересные и амбициозные проекты.

Выражая признательность КПП ОИЯИ и дирекции Института за оказанную поддержку, президент Академии научных исследований и технологий (ASRT) Египта М. Сакр подчеркнул, в частности, что «будучи проводником в научные сообщества стран североафриканского, ближневосточного и арабского регионов, Египет будет способствовать выстраиванию новых партнерских связей ОИЯИ».

Со стороны Египта участие в сессии также приняли генеральный директор Арабского агентства по атомной энергии С. Хамди, вице-президент ASRT Дж. аль-Фики и руководитель национальной группы Египта в ОИЯИ В. Бадави.

2 декабря Генеральная ассамблея ООН объявила о решении провозгласить 2022 г. годом фундаментальных наук в интересах устойчивого развития (International Year of Basic Sciences for Sustainable Development — IYBSSD-2022). Объединенный институт ядерных исследований выступает одним из организаторов года и входит в состав его руководящего комитета.

Наряду с ОИЯИ организаторами года стали такие ведущие международные научные центры и объединения, как ЦЕРН, Международный союз теоретической и прикладной физики (IUPAP), Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC), Национальный институт ядерной физики (INFN, Италия) и др.

Проведение года предложено на 41-й Генеральной конференции ЮНЕСКО. Предложение, которое разрабатывалось IUPAP под руководством его президента М. Спино, ставит целью подчеркнуть решающую роль фундаментальных научных исследований в устойчивом развитии всего мира, а также вклад фундаментальных наук в реализацию 17 целей устойчивого развития ООН (Sustainable Development Goals — SDGs), принятых для всех стран на 2016–2030 гг.

Год IYBSSD-2022 призван повысить осведомленность о значимости фундаментальных наук в среде политиков, а также бизнеса, промышленности, международных организаций, благотворительных фондов, университетов, преподавателей и студентов, средств массовой информации и широкой общественности.

2 декабря под эгидой Представительства Евросоюза в Российской Федерации состоялось совещание советников по науке стран ЕС в России в режиме видеоконференции, в котором приняли участие представители руководства ОИЯИ.

Встреча стала 44-й по счету и прошла на площадке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Центральными темами обсуждений были текущий статус экспериментов ЦЕРН и участие в них российской стороны. Одним из новых элементов совместной повестки стало обсуждение программы Российской Федерации «Приоритет-2030» и растущего участия российских вузов в программах ЦЕРН.

Делегацию ЦЕРН возглавила генеральный директор Ф. Джанотти. С российской стороны участие принимали представители российских ведомств и научно-образовательных организаций, а также замминистра науки и высшего образования РФ Н. А. Бочарова.

Доклады представителей ЦЕРН были посвящены текущему статусу экспериментов CMS, ATLAS, LHCb, ALICE. Отмечалось широкое участие российских физиков в эксперименте ЦЕРН NA-64 по поиску физики за пределами SM, в котором также принимает активное участие Объединенный институт. Это, в частности, в своем выступлении отметил научный руководитель ОИЯИ В. А. Матвеев. В ходе обсуждения цифровизации GRID для экспериментов ЦЕРН директор ЛИТ В. В. Кореньков проинформировал о статусе развития центра уровня Tier-1 для CMS и центра уровня Tier-2 для других виртуальных организаций на LHC, а также об осуществляемой в ОИЯИ активной работе над системой хранения данных EOS для всех экспериментов.

По поручению министра науки и высшего образования В. Н. Фалькова директор ОИЯИ Г. В. Трубников возглавил российскую часть комитета «5 + 5 ЦЕРН–РФ». Он представил участникам долгосрочную стратегию развития ОИЯИ, ознакомил с принципами работы Института, ключевыми направлениями его деятельности и флагманскими проектами. Рассказывая о международном сотрудничестве Института, отметил растущую совместную публикационную активность ОИЯИ со странами Европы. Кроме этого, были представлены образовательные программы Института, которые вызвали интерес среди участников совещания. В заключение выступления директор ОИЯИ пригласил советников по науке стран ЕС в России, представителей посольств посетить научный центр в Дубне.

16 декабря был организован вебинар, в ходе которого научные исследования и проекты ОИЯИ были представлены широкой научной общественности Мексики, а также состоялось обсуждение возможностей дальнейшего развития совместных исследований Мексики и ОИЯИ.

Институт представляли вице-директора ОИЯИ В. Д. Кекелидзе и Л. Костов, а также заместитель директора ЛФВЭ А. Кищель. В совещании участвовали более 30 представителей исследовательских центров и университетов Мексики, сотрудники Мексиканского агентства по финансированию науки (CONACyT) и Посольства Мексики в РФ. Вебинар прошел под председательством профессора А. Айяла из Института ядерных исследований Национального автономного университета Мексики, который также является председателем международного совета МРД и главным координатором по содействию сотрудничества Мексики с ОИЯИ.

На вебинаре заслушаны два доклада. Руководитель департамента международного сотрудничества ОИЯИ Д. В. Каманин представил обзор

деятельности Института. Доклад вице-директора ОИЯИ В. Д. Кекелидзе был посвящен флагманскому проекту ОИЯИ — коллайдеру NICA. Реализуемые Институтом образовательные программы вызвали особый интерес мексиканских коллег, выразивших желание подробно ознакомиться с возможностями участия в них.

23 декабря состоялось совместное заседание НТС ОИЯИ и дирекции Института, на котором были подведены итоги года, а также обозначены планы и цели ОИЯИ, в том числе долгосрочные.

Директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников рассказал о наиболее ярких научных результатах 2021 г., полученных в лабораториях Института, а также осветил итоги реорганизации структуры Управления Института и ряда преобразований. Докладчик озвучил актуальные цифры по вакцинации сотрудников от COVID-19 и планы по коренному преобразованию Медсанчасти № 9. Еще одной амбициозной инициативой стало решение о создании в Дубне при содействии ОИЯИ филиала МГУ им. М. В. Ломоносова на базе действующего филиала НИИЯФ МГУ.

Говоря об итогах ноябрьского заседания КПП ОИЯИ в Болгарии, Г. В. Трубников как самое яркое событие, в том числе и для всего Института в прошедшем году, обозначил вступление Египта в полноправное членство в ОИЯИ, ставшее результатом 12-летней планомерной работы по развитию сотрудничества.

Международную тематику продолжил руководитель департамента международного сотрудничества Д. В. Каманин. Создана рабочая группа по стратегическим вопросам при Комитете полномочных представителей, которая, в частности, разработала ряд документов: положения о флаге ОИЯИ и об ассоциированном членстве в Институте, принятые на ноябрьском заседании КПП в Болгарии.

Важным звеном международной работы в ОИЯИ, дающим видимые практические результаты, докладчик назвал стажировки JEMS. Seriously расширена работа с университетами, в государствах-членах Института развивается целая сеть инфоцентров ОИЯИ, которые не только ведут самостоятельную работу, но и сотрудничают и обмениваются опытом.

В ходе заседания члены НТС поддержали выдвижение с. н. с., к. ф.-м. н. А. Ф. Пикельнера (ЛТФ) с работой «Многочетные расчеты и их приложения к различным моделям квантовой теории поля» на конкурс 2021 г. на соискание медалей РАН с премиями для молодых ученых России за лучшие научные работы в номинации «Ядерная физика».

В завершение встречи состоялось торжественное вручение наград в связи с 65-летием ОИЯИ. 30 сотрудников ОИЯИ удостоены наград Министерства науки и высшего образования РФ, губернатора Московской области, госкорпорации «Росатом», а также почетных памятных медалей ОИЯИ.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ

Среди научных конференций и рабочих совещаний, организованных ОИЯИ в 2021 г., наиболее крупными были 17.

С 19 по 22 апреля в г.Тимишоаре (Румыния) в онлайн-режиме проходило совещание и **4-я Международная школа по физике комплексных и магнитных мягких систем: физико-механические и структурные свойства (CMSMS'21)**. Первое совещание из этой серии состоялось в 2012 г. в Алуште, следующие (в 2014 и 2017 гг.) — в Дубне.

Совещание было организовано ОИЯИ, Западным университетом Тимишоары, Институтом механики сплошных сред РАН (Пермь), кафедрой ЮНЕСКО Белорусского национального технического университета, Институтом физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея (Бухарест) и Румынским физическим обществом.

Цель CMSMS — объединение как выдающихся ученых, так и студентов, работающих в широком спектре научных областей, связанных с исследованиями сложных и магнитных систем мягкого вещества.

Программа совещания включала приглашенные доклады, устные презентации и стендовые доклады. Их тематика охватывала теорию, моделирование и экспериментальные исследования в области физических, механических, структурных, химических и биологических аспектов, а также материала поведения мягких сложных веществ с особым акцентом на мягком магнитном веществе (магнитные жидкости и эластомеры, феррогели, феррожидкие кристаллы, ассоциации наночастицы с биомолекулами и клетками и др.), прикладные исследования на крупномасштабных исследовательских установках ИБР-2, СОЛЯРИС и др.

На совещании удалось обсудить последние достижения в этой области. Оно собрало более 120 участников, которые услышали выступления 23 приглашенных докладчиков, было сделано 36 постерных презентаций, 17 молодых ученых выступили с короткими устными докладами. Участниками совещания стали исследователи из Австрии, Азербайджана, Белоруссии, Великобритании, Германии, Ирландии, Польши, России, Румынии, Словакии, Украины, Франции.

19–20 апреля состоялось **совещание коллаборации VM@N мегасайенс-проекта NICA**, которое проводилось в смешанном формате. 13 докладов было сделано на пленарных заседаниях, а также заслушано 25 сообщений на трех параллельных сессиях по детекторам, анализу данных и программному обеспечению эксперимента.

На совещании обсуждался статус подготовки детекторов VM@N и системы ускорителей бустер–нуклотрон к сеансам в пучках средних и тяжелых ионов, начало которых запланировано на

2022 г. Также был детально рассмотрен ход подготовки к сеансу по исследованию короткодействующих корреляций нуклонов, запланированный на конец 2021 г.

На совещании были представлены результаты анализа экспериментальных данных VM@N по образованию Λ -гиперонов, заряженных π - и K -мезонов и ядерных фрагментов во взаимодействиях пучков ионов углерода и аргона с ядрами мишеней.

С 21 по 23 апреля в смешанном формате проходило **7-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на установке NICA**. Во встрече приняли участие более 190 ведущих ученых, студентов и инженеров со всего мира — от Китая до Мексики. За три дня пленарных заседаний были заслушаны почти 50 докладов.

Была представлена информация о статусе коллаборации, а также о ходе работ по подготовке основных компонентов детектора, ближайшие планы, соотнесенные с графиком завершения строительства ускорительного комплекса NICA, и дана высокая оценка успешному пуску и началу ввода в эксплуатацию бустера. Также обсуждалась готовность программного обеспечения и вычислительной инфраструктуры.

Пять рабочих групп по физике MPD продемонстрировали недавние исследования рабочих характеристик с использованием массового воспроизведения событий, смоделированных методом Монте-Карло. Эти результаты представлены на крупных международных научных конференциях. Кроме того, были сделаны специальные доклады, посвященные конкретным исследованиям, представленные в том числе молодыми участниками коллаборации.

На заседании институционального совета MPD были избраны новые члены исполнительного комитета. Также в качестве новых участников коллаборации MPD приняты три научных учреждения из Сербии, Польши и Мексики.

В рамках формирования программы стратегического развития ОИЯИ в Лаборатории радиационной биологии состоялось рабочее совещание **«Ядерно-физические методы в науках о жизни: нейрорадиобиологические исследования и новые подходы к лучевой терапии опухолей»**. Совещание прошло в смешанном формате 27–28 апреля в Доме ученых ОИЯИ. В его работе приняли участие более 100 представителей различных институтов из 11 стран-участниц ОИЯИ.

Научную часть совещания открыл директор ЛРБ А. Н. Бугай. В докладе «Нейрорадиобиологические исследования в ОИЯИ» он подробно рассказал о планах и перспективах исследований, проводимых в лаборатории в области наук о мозге. Основными задачами являются оценка радиационных рисков для космонавтов при полетах в даль-

ний космос, изучение побочных эффектов, возникающих при лучевой терапии опухолей мозга, а также использование радиации в исследовании механизмов нейродегенеративных заболеваний. Был проведен детальный обзор исследований по нейрорадиобиологии, связанных с изучением радиационно-индуцированных нарушений в центральной нервной системе на молекулярном, клеточном и системном уровнях.

Директор Института физиологии им. И. П. Павлова академик Л. П. Филаретова в докладе «Интегративная физиология. О возможностях сотрудничества» подробно рассказала о лабораториях возглавляемого ею института и направлениях их научной деятельности. Институт является инициатором и координатором международного консорциума по интегративной физиологии. Интегративная физиология нацелена на выяснение функционирования организма как единого целого.

Большой интерес со стороны аудитории вызвал доклад заведующего кафедрой высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова А. В. Латанова «Влияние ионизирующей радиации на зрительно-моторное поведение обезьян». Докладчик подчеркнул, что радиационное воздействие на организм человека является основным лимитирующим фактором в условиях дальних космических полетов.

Заведующая лабораторией НИЦ «Курчатовский институт» Е. Ю. Москалева представила доклад «Механизмы развития нейровоспаления в отдаленный период после облучения мозга и поиск путей его снижения». Докладчик отметила, что повреждения мозга при нейродегенеративных заболеваниях и действию ионизирующего излучения имеют общую природу и могут быть связаны с развитием нейровоспаления, обусловленного активацией клеток микроглии.

Научный руководитель ЛРБ член-корреспондент РАН Е. А. Красавин в докладе «Радиобиологические аспекты повышения эффективности ионизирующих излучений для лучевой терапии» рассказал о перспективах исследований в области медицинской радиобиологии. Их главная цель — разработка новых прорывных подходов для повышения эффективности лучевой и радионуклидной терапии. Основой данных подходов является повышение радиочувствительности опухолевых клеток путем вмешательства в работу генетических регуляторных сетей с помощью различных радиомодификаторов. Также предложено сконцентрировать исследования на поиске модульных нанотранспортеров для доставки агентов и радионуклидов в опухолевые клетки.

В докладе «Резистентность опухолевых стволовых клеток к редкоизионизирующему излучению — одна из ключевых проблем радиационной онкологии» заведующей отдела радиационной биохимии МРНЦ им. А. Ф. Цыба И. А. Замулаевой было рассказано о специфике опухолевых стволовых клеток. Эти клетки обладают резистентностью к воз-

действию радиации и химических агентов и могут долгие годы сохраняться в организме пациента, вызывая рецидивы онкозаболеваний.

В докладе «Применение микроскопии со сверхвысоким разрешением в исследованиях наноархитектуры фокусов, индуцированных ионизирующим излучением, и биологического действия ионов с высокой линейной передачей энергии», представленном профессором М. Фальком из Института биофизики АН Чешской Республики, рассматривалась проблема изучения молекулярных механизмов восстановления радиационных повреждений генетического аппарата клеток.

Директор ЛНФ В. Н. Швецов в докладе «Перспективные технологии нейтронзахватной терапии онкологических заболеваний» представил совместный проект ОИЯИ, МГУ и ИТЭФ по разработке прорывных технологий для бор-нейтронзахватной терапии. Проект включает в себя создание компактной экономичной установки на основе сильного ускорителя протонов, а также разработку механизмов селективной доставки борсодержащих препаратов в опухолевые клетки и усиления их чувствительности к излучению, возникающему при захвате теплового нейтрона ядром ^{10}B .

В ходе общей дискуссии академики РАН Л. П. Филаретова и А. В. Лисица обратили внимание на то, что в рамках данного совещания была поднята глобальная проблема современной биологии — отсутствие звена, связывающего данные физиологии и молекулярной биологии, и, как следствие, — отсутствие системно-молекулярной модели, объясняющей функционирование клеток и органов.

По результатам работы совещания подготовлены рекомендации для дальнейшего формирования программы стратегического развития радиобиологических исследований в ОИЯИ. Предложено сформировать международную коллаборацию, где ЛРБ выступила бы в роли центрального объединяющего звена. Предполагается, что коллаборация сформирует международный экспертный программно-консультативный совет, который координировал бы работу в области наук о жизни, определял круг задач и необходимые ресурсы для их успешного решения с пользой для всех равноправных участников с использованием инфраструктуры и возможностей институтов стран-участниц ОИЯИ.

Очередной 28-й ежегодный **Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-28)** должен был быть проведен в мае 2020 г. в Пекине, однако пандемия изменила эти планы. После обсуждения с китайскими организаторами ISINN-28 был отложен, и в результате он состоялся 24–28 мая 2021 г. в онлайн-режиме. Семинар был организован ЛНФ ОИЯИ совместно с коллегами из китайских институтов и университетов.

Программа конференции традиционно охватывала широкий спектр вопросов нейтронной физики: от перспективных нейтронных источников, фундаментальных свойств нейтрона и фундаментальных взаимодействий в реакциях с нейтронами, ядерного деления, ультрахолодных нейтронов до аналитических методов в археологии, материаловедении, экологии и науках о жизни. Конференция собрала свыше 150 участников из физических центров Азербайджана, Албании, Белоруссии, Болгарии, Вьетнама, Египта, Индии, Ирана, Испании, Молдавии, Казахстана, Китая, Румынии, Сербии, США, Франции, Чехии и Швеции, а также из Физико-энергетического института и Медицинского радиологического центра (Обнинск), НИЦ «Курчатовский институт» (НИЦ КИ) и НИЦ КИ Института теоретической и экспериментальной физики (Гатчина), Института ядерных исследований РАН (Троицк), сотрудников лабораторий нейтронной физики и ядерных реакций ОИЯИ. Были представлены 78 устных докладов и 51 стендовый доклад (подробнее см. на сайте <http://isinn.jinr.ru/past-isinns/isinn-28/program.html>).

С 8 по 10 июня в формате видеоконференции проходило **1-е совещание международной коллаборации SPD — спинового детектора коллайдера NICA ОИЯИ**. Основная цель эксперимента SPD на NICA — изучение спиновой структуры нуклонов в столкновениях поляризованных протонов и дейтронов и других связанных со спином явлений при суммарной энергии встречных пучков до 27 ГэВ и светимости до $10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Открыл совещание приветственным словом вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе. О процессе формирования коллаборации детально доложила председатель рабочей группы коллаборации Э. Томази-Густафссон (Центр ядерных исследований в Сакле, Франция).

Статус работы над проектом конструкции детектора SPD описал в подробностях руководитель коллаборации, начальник отдела ЛЯП А. В. Гуськов. Заместитель начальника ускорительного отделения ЛФВЭ по научной работе А. О. Сидорин ознакомил членов коллаборации со статусом работ на строительстве ускорительного комплекса NICA. Технический дизайн проекта детектора SPD представил ведущий научный сотрудник отделения физики адронов ЛФВЭ А. Ю. Корзенев. Программное обеспечение для обработки данных с детектора описал замначальника отдела ЛЯП А. С. Жемчугов.

Следующие два дня работы совещания были посвящены подробному обсуждению параметров каждой из составляющих будущего детектора SPD.

С 8 по 15 июня в Алуште в пансионате «Дубна» проходила **конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ**. 105 молодых ученых из 8 стран представили доклады по теме своих науч-

ных исследований и прослушали лекции, посвященные современным достижениям лабораторий Института. В этом году конференция была посвящена 65-летию ОИЯИ.

В рамках конференции проходил конкурс на лучший доклад, победителями которого по итогам голосования участников были признаны: А. Торосян (ЛИТ), Р. Кожина (ЛРБ), М. Мардыбан (ЛТФ), А. Трифонов (ЛЯП), М. Захаров (ЛНФ), Д. Пугачев (ЛЯР), Ю. Степаненко, М. Коробицина (ЛФВЭ).

Помимо научных задач молодые ученые и специалисты из России, Казахстана, Белоруссии, Монголии, Молдавии, Вьетнама, Румынии и Азербайджана обсудили широкий круг тем, волнующих молодежь Института, на круглом столе с дирекцией. Директор ОИЯИ Г. В. Трубников, научный руководитель В. А. Матвеев, а также Г. Д. Ширков, Б. Н. Гикал и Д. В. Каманин ответили на вопросы о развитии инфраструктуры Института, положении аспирантов, участии ОИЯИ в новых международных научных коллаборациях и др.

Также в ходе конференции состоялась встреча по видеотрансляции с молодыми учеными СПбГУ и РХТУ им. Д. И. Менделеева на тему «Научная коммуникация». Лекцию об истории международного сотрудничества в ОИЯИ прочел Д. В. Каманин.

С 30 июня по 2 июля в ОИЯИ в рамках заседания Совета РАН по физике тяжелых ионов проходило международное совещание **«Сверхтяжелые элементы»**, собравшее около 200 участников из российских и зарубежных научных центров, в том числе Германии, Швейцарии, Израиля, США. В работе совещания принял участие президент РАН А. М. Сергеев, который выступил с научным докладом «Ионизация вакуума в сверхсильных лазерных полях». Российскую академию наук также представлял заместитель президента РАН С. В. Люлин. Делегация РАН посетила фабрику сверхтяжелых элементов, площадку строительства комплекса NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов.

Основная цель совещания — комплексное обсуждение научной программы исследований СТЭ и создание современной инфраструктуры для ее реализации. В совещании приняли участие ведущие ученые и руководители ряда научных центров, связанных с обсуждаемой программой исследований.

Совещание открыли директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников и научный руководитель ЛЯР академик Ю. Ц. Оганесян. Участники совещания обсудили статус исследований в области синтеза сверхтяжелых элементов и задачи в прикладных областях науки, связанных с этой тематикой. Это новые поколения вычислительных алгоритмов, материаловедение, прикладные области наук, связанные с устройствами СВЧ нового диапазона частот и новых мощностей, новые поколения источников ионов.

С 5 по 9 июля в Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова в гибридном формате прошла 9-я Международная конференция **«Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2021)**. Конференция GRID, которая проводится каждые два года, была посвящена 65-летию ОИЯИ и 55-летию образования ЛВТА (теперь ЛИТ им. М. Г. Мещерякова).

В работе конференции приняли участие более 270 ученых (103 — очно, более 170 — дистанционно) из научных центров Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Грузии, Египта, Ирана, Италии, Китая, Молдавии, Новой Зеландии, Польши, Румынии, Словакии, Чехии, Франции, Швеции и Швейцарии. Россия была представлена участниками из 28 университетов и исследовательских центров. В рамках конференции была организована работа 10 секций, на которых обсуждались вопросы, связанные с развитием технологий распределенных вычислений, облачных технологий, гетерогенных вычислений, добровольных вычислений и аналитики больших данных, машинного обучения и квантовой обработки информации. Были представлены 23 пленарных и 140 секционных докладов.

Открыл конференцию директор ОИЯИ Г. В. Трубников докладом о стратегическом развитии ОИЯИ до 2030 г. и далее. Он подчеркнул, что информационные технологии (ИТ) — динамично развивающаяся область, а многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК) ЛИТ является базовой установкой ОИЯИ. Директор ЛИТ им. М. Г. Мещерякова В. В. Кореньков продолжил стратегическую тематику докладом о перспективах и планах развития ИТ в Институте. Он подчеркнул, что ЛИТ будет и далее предоставлять высококачественные сервисы и поддержку ученым, участвующим в проектах ОИЯИ, как на территории Дубны, так и за ее пределами, продолжая развивать телекоммуникационные технологии, хранилища данных, вычислительные системы, алгоритмы и программное обеспечение, технологии обработки и анализа данных, а также информационную безопасность.

С большим интересом участники конференции заслушали доклад ведущего российского специалиста по системному программированию академика РАН А. И. Аветисяна «Перспективы развития системного программирования и кибербезопасности».

Один из разработчиков распределенной системы компьютеринга для экспериментов на ЛНС в ЦЕРН О. Смирнова (Лундский университет, Швеция) представила обзорный доклад о распределенных вычислениях в науке, а С. Кампана (ЦЕРН) рассказал о том, как изменяется всемирная распределенная система обработки данных экспериментов на ЛНС в условиях увеличения светимости и потока данных ускорителя. Текущее состояние инфраструктуры мониторинга и учета рас-

пределенных вычислений в эксперименте ATLAS представил А. Алексеев (ИСП РАН). Обзор развития систем хранения данных на основе файловой системы dCache был дан в докладе Т. Мкртчян (DESY, Германия).

Развитию проекта DIRAC, служащему основой для построения распределенных вычислительных систем, посвятил свой доклад А. Царегородцев (Центр по физике частиц Университета Марселя, Франция). В настоящее время с помощью DIRAC были интегрированы вычислительные ресурсы и системы хранения МИВК, а также вычислительный кластер NICA и кластер Национального автономного университета Мексики (UNAM).

Отдельная пленарная сессия была посвящена квантовому компьютерингу. Признанный мировой классик в данной области К. Калуде (Новая Зеландия) представил доклад, в котором объяснил, в чем заключается превосходство квантовых вычислений над традиционными, а ведущий российский специалист в этой области А. Фёдоров (руководитель группы квантовых информационных технологий «Сколково») рассказал о квантовом компьютеринге от его истоков до наших дней, о его текущем статусе в России и мире.

Пленарный доклад В. Е. Велихова (НИЦ «Курчатовский институт») был посвящен концепции и перспективам развития нового сегмента российского консорциума RDIG (российский грид для интенсивных операций с данными, Russian Data Intensive Grid) под названием RDIG-M: RDIG для мегасайенс-проектов.

Обзор состояния и перспектив развития МИВК был представлен в докладе Т. А. Стриж (ЛИТ ОИЯИ). Отмечено, что грид-сайт Tier-1 в ЛИТ успешно функционирует и занимает второе место в мире по обработке данных эксперимента CMS; грид-сайт Tier-2 ОИЯИ — самый производительный в российском консорциуме RDIG; успешно развиваются облачная инфраструктура и гетерогенная платформа HugiLIT, включающая суперкомпьютер «Говорун».

М. И. Зуев (ЛИТ ОИЯИ) посвятил свой доклад развитию гетерогенных вычислений в ОИЯИ на базе суперкомпьютера «Говорун», являющегося уникальной вычислительной гиперконвергентной системой с программно-определяемой архитектурой. Суперкомпьютер оснащен сверхбыстрой системой обработки и хранения данных и занимает первое место среди российских суперкомпьютеров по скорости приема и обработки информации.

На конференции прозвучали пленарные доклады, посвященные концепции компьютеринга для эксперимента SPD на NICA (А. С. Жемчугов, ЛЯП ОИЯИ), стратегии развития ИТ в Институте физики высоких энергий в Китае (Ц. Хуан, ИФВЭ, Китай), статусу вычислительного центра ПИК, основной задачей которого является хранение и обработка данных экспериментов на ядерном реакторе ПИК (А. Кирьянов, ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт»).

С интересом были встречены доклады П. Лула (Краковский экономический университет, Польша) о методах кластеризации в исследовательском анализе научной продуктивности на основе онтологий и В. Д. Лахно (ИМПБ РАН, Пущино) о перспективах нанобиоэлектроники и создании электронных устройств на основе молекулярной ДНК.

В рамках конференции были проведены круглые столы, посвященные использованию ИТ в образовании, российскому сегменту WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) — RDIG, суперкомпьютерным технологиям. Компания Intel представила свой новый продукт — высокоскоростную файловую систему Intel DAOS.

Ряд пленарных докладов на конференции сделали представители ИТ-индустрии, которые выступили спонсорами конференции. Среди них компании IBS Platformix, IT Cost, Ниагара Компьютерс, Dell EMC, RSC Group, Intel, Softline.

27-я Российская конференция по ускорителям заряженных частиц (RuPAC-2021) проходила в г. Алуште в пансионате «Дубна» с 26 сентября по 2 октября. Конференция была организована Научным советом РАН по ускорителям заряженных частиц и Объединенным институтом ядерных исследований. Год проведения конференции был знаменателен тем, что ОИЯИ отмечал 65-летие своего образования.

Целями мероприятия были обмен информацией и обсуждение различных проблем современной ускорительной физики и техники, представление новых проектов ускорителей и ускорительных комплексов. Среди последних повышенный интерес вызвали новые проекты на стадии сооружения: NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility, ОИЯИ), СКИФ (сибирский кольцевой источник фотонов, Институт катализа им. Г. К. Борескова и Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН), HIAF (High Intensity Heavy Ion Accelerator Facility, Китай), Курчатowski комплекс синхротронно-нейтронных исследований (РНЦ КИ, Москва), мощный длинноимпульсный террагерцевый ЛСЭ на основе линейного индукционного ускорителя (ИПФ РАН, Нижний Новгород).

Большое число докладов было посвящено вопросам физики и техники ускорителей, новым идеям и предложениям по их развитию. В семи устных докладах заключительной сессии, а также во многих стендовых докладах были представлены предложения по применению ускорителей в технике и медицине.

Специальная сессия была посвящена памяти выдающегося физика-ускорительщика Евгения Денисовича Донца, скончавшегося в 2021 г.

Большой интерес вызвала сессия, организованная по инициативе участников конференции (профессора С. М. Полозова (МИФИ) и др.), в которой обсуждались проблемы преподавания физики и математики в вузах. По материалам этой сессии

будет сформулировано и направлено в Министерство науки и высшего образования РФ письмо с высказанными предложениями.

В конференции RuPAC-2021 приняли участие 147 человек (12 из них — онлайн-докладчики) из 25 организаций, как российских (21), так и зарубежных (4). На конференции были представлены 9 приглашенных (из них 3 онлайн), 49 устных (из них 9 онлайн) и 133 стендовых доклада.

В один из дней была прочитана лекция, посвященная 65-летию Института (Д. В. Каманин), вызвавшая большой интерес слушателей. А лекция «2021 — год науки и технологий в России» (М. Г. Иткис) стала ярким заключительным аккордом в последний день конференции.

Оргкомитет конференции по традиции провел конкурс научных работ, представленных молодыми учеными (для авторов в возрасте до 35 лет включительно). Лауреаты были выбраны специальным жюри, образованным на конференции из ведущих представителей российских ускорительных лабораторий под председательством профессора В. И. Тельнова (ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН). В этом году было решено присудить 4 диплома, один из которых — коллективный. Его обладателями стали сотрудники ЛФВЭ ОИЯИ, представившие цикл докладов по созданию уникальной технологии и производству сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса NICA и синхротрона SIS-100 (проект FAIR, ФРГ): А. А. Борцова, Д. А. Золотых, С. А. Коровкин, Д. Н. Никифоров, Т. Парфило, М. М. Шандов, А. В. Шемчук, Ю. Г. Беспалов, И. И. Донгузов, Е. В. Золотых, Б. Кондратьев, И. Ю. Николайчук, М. В. Петров и Д. И. Храмов.

Персонально награждены К. Б. Гикал за разработку технологии генерации пучков тяжелых ионов на циклотроне ДЦ-280 (ЛЯР ОИЯИ), И. В. Горельшев (ЛФВЭ ОИЯИ) за проект системы стохастического охлаждения коллайдера NICA и Ю. К. Осина (НИИЭФА, Санкт-Петербург) за проект циклотрона многозарядных ионов. Все лауреаты получили премии 1-й степени.

Доклады RuPAC (как и других ускорительных конференций) традиционно публикуются на сайте JACoW (www.jacow.org).

С 3 по 8 октября в ЛФВЭ в смешанном формате проходило **8-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N на установке NICA**, собравшее около 100 участников из ведущих научных центров.

Основное внимание на совещании было уделено готовности экспериментальной установки VM@N для будущих сеансов с тяжелыми ионами. Участники обсудили планы работы на установке, а также состояние анализа данных об образовании странных частиц и ядерных фрагментов при ускорении пучков углерода и аргона. На отдельной сессии 4 октября прорабатывались организационные вопросы коллаборации VM@N.

5–9 октября на горной космической станции «Нор-Амберд» в Армении в гибридном формате проходила конференция **«Современные проблемы генетики, радиобиологии, радиэкологии и эволюции»**, посвященная Н. В. Тимофееву-Ресовскому и его научной школе.

Основными организаторами конференции были ОИЯИ и Национальная научная лаборатория им. А. И. Алиханяна (ААНЛ) ЕрФФИ, спонсорами стали Центр Гельмгольца в Берлин-Бухе и Дармштадте, а также Уральский институт промышленной экологии РАН. Возглавляли оргкомитет и были участниками конференции В. А. Матвеев (ОИЯИ), А. Апрахамян и А. Чилингарян (ААНЛ).

В программе были пленарные, устные и постерные доклады. Несмотря на активные научные дискуссии, царила дружеская атмосфера. В Ереванском государственном университете были организованы лекции по биологии и физике для студентов и молодых ученых. В. А. Матвеев рассказал об исследованиях в ОИЯИ, а В. А. Никитин — об элементарных частицах. Лекции транслировались в университеты и институты разных стран. Студенты и молодые ученые разных стран выступили со своими докладами на конференции, их небольшие статьи будут опубликованы в ОИЯИ.

Оргкомитет и Россотрудничество в Армении организовали научные экскурсии на верхнюю космическую станцию «Арагац» (ААНЛ) и в лабораторию Армянской АЭС в Мецаморе по радиационной защите окружающей среды. Для участников конференции были также организованы экскурсии в Матенадаран и на озеро Севан.

С 11 по 14 октября в Дубне проходила международная конференция **«Достижения квантовой теории поля»** (AdQFT'21). Она была организована Лабораторией теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова и оказалась одним из немногих научных мероприятий, не отложенных из-за пандемии коронавируса.

Конференция была приурочена к 70-летним юбилеям семи известных теоретиков: В. В. Белокурова (МГУ), К. Г. Четыркина (ИЯИ РАН), Д. И. Казакова (ОИЯИ), Н. В. Красникова (ИЯИ РАН, ОИЯИ), А. В. Радюшкина (ODU, JLAB), В. А. Смирнова (МГУ), А. А. Владимирова (ОИЯИ), которые вместе окончили физический факультет МГУ в 1974 г. Тематика конференции определялась широкими научными интересами юбиляров и затрагивала целый ряд проблем современной теоретической физики. В частности, обсуждались вопросы, связанные с ренормгруппой, многопетлевыми расчетами, амплитудами рассеяния, эффективными теориями, физикой за пределами Стандартной модели, темной материей и космологией.

В конференции приняли участие более 200 человек из Австралии, Армении, Болгарии, Великобритании, Германии, Греции, Испании, Италии,

Канады, Польши, России, Словакии, США, Франции, Чехии, Швейцарии и Швеции. Открыл мероприятие научный руководитель ОИЯИ В. А. Матвеев, поздравивший юбиляров и подчеркнувший весомый вклад каждого из них в развитие квантовой теории.

В течение четырех дней были заслушаны 63 доклада ведущих специалистов в области теории элементарных частиц, суперсимметрии, гравитации и космологии, в том числе В. А. Рубакова (Москва), Э. Э. Бооса (Москва), М. Е. Шапошникова (Лозанна), Е. А. Иванова (Дубна), Г. Э. Арутюнова (Гамбург), Г. П. Корчемского (Сакле), И. Л. Бухбиндера (Новосибирск), П. Ванхофа (Сакле), Д. С. Горбунова (Москва), В. И. Захарова (Москва), И. Я. Арефьевой (Москва), А. Д. Долгова (Новосибирск), А. М. Миронова (Москва), М. А. Васильева (Москва), М. А. Шифмана (Миннесота), Л. Диксона (Стэнфорд), Д. Бродхарста (Милтон Кейнс) и др. Свои результаты представили и три юбиляра: В. А. Смирнов рассказал о пятипетлевых пропагаторах, Н. В. Красников — о поисках легкой темной материи и эксперименте НА64, а В. В. Белокуров — об интегралах по путям в квантовой гравитации.

Широкий спектр докладов по актуальным темам способствовал многочисленным дискуссиям, обмену идеями и налаживанию научных связей. Участники отметили высокий уровень организации, а также теплую и дружескую атмосферу мероприятия, созданную оргкомитетом под председательством директора ЛТФ ОИЯИ Д. И. Казакова.

Более подробную информацию, файлы докладов и видеозаписи выступлений можно найти на сайте конференции <https://indico.jinr.ru/e/qft>.

С 11 по 15 октября на базе Института ядерной физики (ИЯФ) Министерства энергетики Республики Казахстан в г. Алма-Ате в смешанном формате работала **25-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов (ОМУС-2021)**, приуроченная к 30-летию независимости Республики Казахстан. Конференция проводится ежегодно, в ней принимают участие студенты, молодые ученые и специалисты научных центров мира.

На торжественном открытии конференции выступили генеральный директор ИЯФ Б. К. Каракозов и помощник директора ОИЯИ Г. Д. Ширков.

В рамках конференции ведущие ученые прочли лекции о последних теоретических, экспериментальных и прикладных исследованиях, проводимых во всем мире, с акцентом на основные результаты, полученные в ОИЯИ. В ходе конференции были рассмотрены следующие темы: теоретическая физика, математическое моделирование и вычислительная физика, физика высоких энергий, ускорители частиц и ядерные реакторы, экспериментальная ядерная физика, информационные технологии, физика конденсированного состояния, прикладные исследования, науки о жизни.

В докладах директора ОИЯИ Г. В. Трубникова и директора ЛНФ ОИЯИ В. Н. Швецова говорилось о молодежной политике Института, международном сотрудничестве и исследованиях на нейтронных источниках ОИЯИ. Говоря о международном сотрудничестве, директор ОИЯИ отметил плотную кооперацию со странами-участницами, в частности с Республикой Казахстан, которая стала первой выездной площадкой конференции ОМУС за пределами Дубны.

С 12 по 14 октября в ЛФВЭ в смешанном формате проходило **коллаборационное совещание по эксперименту MPD на комплексе NICA**, которое собрало более 170 онлайн- и офлайн-участников из 13 стран.

Участники совещания обсудили последние результаты работ по сборке детектора в экспериментальном зале MPD. Были рассмотрены доклады о готовности компонентов всех основных подсистем установки, о статусе их монтажа, ввода в эксплуатацию и калибровки. Представлен график строительства комплекса NICA и его ввода в эксплуатацию, а также планы на первые пучки частиц коллайдера. Участники ознакомились с новыми результатами исследований физических наблюдаемых величин, выполняемых в рамках рабочих групп по физике, созданных в коллаборации MPD, а также с планами по публикациям. Помимо физической программы эксперимента отдельное внимание на совещании было уделено обсуждению программного обеспечения и вычислительной инфраструктуры.

12–15 октября в Москве проходил **8-й Съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность)** — традиционный съезд членов Радиобиологического общества при РАН. Организаторами съезда являлись Российская академия наук (Отделение физиологических наук РАН, Отделение биологических наук РАН, Научный совет РАН по радиобиологии, Радиобиологическое общество при РАН), Объединенный институт ядерных исследований (Лаборатория радиационной биологии), Федеральное медико-биологическое агентство России (ГНЦ РФ Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна).

В работе съезда приняли участие более 400 ученых — радиобиологов, радиоэкологов, медиков, ученых смежных специальностей из России, Белоруссии, Азербайджана. Они представляли научные центры, научно-исследовательские институты, лаборатории Российской академии наук, национальных академий наук, ОИЯИ, научные учреждения ФМБА, Минздрава, Минобороны, МЧС России, университеты и другие научные и учебные учреждения, научно-производственные объединения и центры.

Программа съезда включала обсуждение результатов научных исследований по важнейшим проблемам радиационной биологии, радиоэколо-

гии, радиационной безопасности. Оргкомитет получил 372 тезиса докладов и заявок на участие в работе съезда. К началу съезда был опубликован сборник тезисов докладов (Дубна: ОИЯИ, 2021. 444 с.). На съезде были заслушаны 9 пленарных и более 144 секционных докладов, рассмотрено 45 стендовых сообщений.

На пленарном заседании были представлены доклады ведущих российских ученых, специалистов в основных направлениях радиобиологии, радиологии, радиоэкологии. Современному состоянию исследований по основным областям радиобиологии был посвящен доклад научного руководителя Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ Е. А. Красавина «Заряженные частицы в радиационной биологии. Проблемы и перспективы».

17 декабря в конференц-зале Лаборатории теоретической физики ОИЯИ состоялся торжественный **семинар, посвященный 80-летию академика В. А. Матвеева, выдающегося физика-теоретика, научного руководителя ОИЯИ**. От имени многонационального коллектива ОИЯИ юбиляра поздравил директор Института академик Г. В. Трубников и вручил ему адрес, подписанный представителями 19 стран-участниц.

Члена Президиума Российской академии наук В. А. Матвеева поздравил президент РАН А. М. Сергеев. Он напомнил, что Виктор Анатольевич в течение нескольких лет возглавлял Отделение физических наук РАН, которое всегда было флагманским в структуре академии.

На семинаре прозвучали яркие и содержательные научные доклады. Коллеги и ученики Виктора Анатольевича Матвеева — теоретики и экспериментаторы — раскрыли выдающийся вклад юбиляра в науку, взглянув с необычной стороны на области научных интересов академика Матвеева, сфера которых чрезвычайно широка.

Главный научный сотрудник Института ядерных исследований РАН академик В. А. Рубаков отметил, что результаты совместных работ, полученные в конце 1980-х гг., в наше время нашли неожиданное развитие, в частности, в связи с планируемыми экспериментами на коллайдере NICA.

Доклад главного научного сотрудника ИЯИ РАН Н. В. Красникова был посвящен совместным с В. А. Матвеевым работам по анализу потенциальных возможностей Большого адронного коллайдера в ЦЕРН с точки зрения поиска новой физики фундаментальных взаимодействий за пределами Стандартной модели, которые вызвали широкий резонанс в научных кругах.

Директор ЛТФ ОИЯИ член-корреспондент РАН Д. И. Казаков отметил огромную роль юбиляра на посту директора Объединенного института — как выдающегося ученого, организатора науки, воспитателя молодого поколения, обладающего

замечательными человеческими качествами, и как многогранную личность.

Для участников семинара был организован показ документального фильма, подготовленного

к юбилею научно-информационным отделом Института, посвященного событиям научной жизни академика В. А. Матвеева.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2021 г. ученые и специалисты Объединенного института ядерных исследований участвовали в 229 международных конференциях и совещаниях.

Наиболее крупные делегации представляли Институт на 28-й Международной школе «Математика. Компьютер. Образование» (онлайн) (Москва, Россия); 35-й научной конференции «Новгород и Новгородская земля. История и археология» (Великий Новгород, Россия); совещании Международного союза кристаллографов по высоким давлениям (Новосибирск, Россия); 33-м совещании коллаборации СОМЕТ (онлайн) (Токай, Япония); 5-м совещании по EOS (онлайн) (Женева, Швейцария); 25-м Международном симпозиуме «Нанопизика и наноэлектроника» (Нижний Новгород, Россия); 7-м Европейском объединенном совещании теоретиков и экспериментаторов по мембранам (EJTEMM-2021, онлайн) (Грац, Австрия); Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2021» (Москва, Россия); 15-й Всероссийской молодежной научно-инновационной школе «Математика и математическое моделирование» (Саров, Россия); 1-й Международной школе-конференции «Атом. Наука. Технологии» (онлайн) (Алма-Ата, Казахстан); Всероссийской конференции «Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем» (Дубна, Россия); 11-й Всероссийской конференции «Информационные и телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологических систем» (ИТТММ-2021, онлайн) (Москва, Россия); 10-й Межинститутской научной конференции «Физика элементарных частиц и космология» (Москва, Россия); ежегодной конференции «Полиномиальная компьютерная алгебра» (РСА-2021, смешанный формат) (С.-Петербург, Россия); 10-й Международной конференции «Абалкинские чтения» (к 90-летию со дня рождения академика Л. И. Абалкина) (смешанный формат) (Москва, Россия); научном совещании в рамках проекта NuBall2 (онлайн) (Орсе, Франция); совещании по нейтринным детекторам очень большого объема (VLVnT 2021, онлайн) (Валенсия, Испания); 12-й Международной конференции по ускорителям частиц (IPAC'21, онлайн) (Кампинас, Бразилия); 50-й Международной Тулиновской конференции по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами (онлайн) (Москва, Россия); 2-й конференции «Физика конденсированных состояний», посвященной 90-летию со дня рож-

дения академика Ю. А. Осипьяна (онлайн) (Черноголовка, Россия); онлайн-совещании по кваркам 2021 г. «Квантовая гравитация и космология» (к столетию А. Д. Сахарова) (Москва, Россия); совещании «Дифракция нейтронов-2021» (Гатчина, Россия); онлайн-совещании по кваркам 2021 г. «Изменение гравитации: теории и наблюдения» (к столетию А. Д. Сахарова) (Москва, Россия); 57-й Карпачской школе по теоретической физике и учебном курсе «Уравнение состояния плотной материи и многосигнальная астрономия» (Карпач, Польша); Международной конференции по радиации в разных областях исследований (RAD-2021, смешанный формат) (Герцег-Нови, Черногория); научно-технической конференции «Ядерные и электрофизические установки — источники мощных ионизирующих излучений» (Снежинск, Россия); 15-й Международной конференции «Новые углеродные наноструктуры» (ACNS'2021, онлайн) (С.-Петербург, Россия); 34-м совещании коллаборации СОМЕТ (онлайн) (Токай, Япония); 37-й Международной конференции по космическим лучам (ICRC-2021, онлайн) (Берлин, Германия); Международном симпозиуме по символьным и алгебраическим вычислениям (ISSAC-2021) (С.-Петербург, Россия); 29-й ежегодной Международной конференции по лазерной физике (LPHYS'21, онлайн) (Москва, Россия); 13-й Европейской биофизической конференции (EBSA-2021, онлайн) (Вена, Австрия); 38-м Международном симпозиуме по решеточной теории поля (онлайн) (Кембридж, США); виртуальном совещании по кварковому конфайнменту и спектру адронов 2021 г. (Ставангер, Норвегия); 20-й Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц (Москва, Россия); 10-й Международной конференции по новым рубежам в физике (ICNFP-2021, смешанный формат) (Колимбари, Греция); 25-й Международной конференции «Взаимодействие ионов с поверхностью» (ISI-2021, смешанный формат) (Ярославль, Россия); 22-й Международной конференции по частицам и ядрам (PANIC-2021, онлайн) (Лиссабон, Португалия); научной конференции «Научная информация и научные ресурсы в условиях локдауна 2020–2021 гг.» (Калининград, Россия); 23-й Международной конференции «Компьютерная алгебра в научном компьютеринге» (CASC-2021) (Сочи, Россия); 3-й Международной конференции по солнечным технологиям и гибридным мини-сетям для улучшения доступа к энергии (Пальма-де-

Майорка, Испания); международном совещании «Формы и динамика атомных ядер: современные аспекты» (SDANCA-21) (София, Болгария); совещании ЕММІ «Новые перспективы низкоэнергетической программы NUSTAR в GSI-FAIR» (онлайн) (Дармштадт, Германия); 3-м Международном научном форуме «Ядерная наука и технологии» (смешанный формат) (Алма-Ата, Казахстан); международной конференции по ядерной физике «Ядро-2021. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Ядерно-физические технологии» (онлайн) (С.-Петербург, Россия); 14-й Международной конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом» (ВИТТ-21) (Минск, Белоруссия); совещании коллаборации Super-FRS (онлайн) (Дармштадт, Германия); 4-й Международной молодежной конференции «Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и агроэкологии» (Обнинск, Россия); 6-м Всероссийском симпозиуме «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии» (Ольгинка, Россия); международной научно-практической конференции «30 лет Содружеству Независимых Государств: итоги, перспективы» (Минск, Белоруссия); конференции по использованию рассеяния нейтронов в исследовании конденсированных сред (РНИКС-2021, онлайн) (Екатеринбург, Россия); научной конференции «Суперкомпьютерные дни в России» (онлайн) (Москва, Россия); 22-м коллоквиуме GANIL (Отран-Меодр-ан-Веркор, Франция); неделе NUSTAR (Дармштадт, Германия); Международной конференции по точной физике и фундаментальным физическим константам (FFK2021) (Стара-Лесна, Словакия); международном семинаре «Нейтронная и синхротронная радиация в исследованиях конденсированных сред» (онлайн) (Познань, Польша); 30-й конференции по экологической химии ECOpole (ECOpole'21, онлайн) (Краков, Польша); 9-й Всероссийской конференции «Масс-спектрометрия и

ее прикладные проблемы» (Москва, Россия); школе и совещании «Аспекты симметрии» (онлайн) (Тбилиси, Грузия); 33-м Международном совещании по физике высоких энергий «Сложные проблемы адронной физики: непертурбативная квантовая хромодинамика и сопутствующие вопросы» (Протвино, Россия); Физической конференции Тимишоарского университета (ТІМ 20–21, онлайн) (Тимишоара, Румыния); совещании по будущим суперчарм-тау-фабрикам 2021 г. (Новосибирск, Россия); научной конференции Монгольского физического общества, посвященной 60-летию Института физики и технологий МАН (онлайн) (Улан-Батор, Монголия); 22-й Межвузовской молодежной научной школе-конференции им. Б. С. Ишханова «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине» (онлайн) (Москва, Россия); международной конференции «Современные проблемы ядерной энергетики и ядерных технологий», посвященной 65-летию Института ядерной физики АН РУз (Ташкент, Узбекистан); 8-й Всероссийской научно-практической конференции производителей рентгеновской техники (С.-Петербург, Россия); 20-м Международном совещании по высокопроизводительным вычислениям и аналитическим методикам в физических исследованиях (АСАТ-2021, онлайн) (Тэджон, Республика Корея); 35-м совещании коллаборации СОМЕТ (онлайн) (Токай, Япония); Всероссийской научно-практической конференции «Задачи и методы нейтронных исследований конденсированных сред» (Дубна, Россия); совещании пользователей источника нейтронов Центра им. Хайнцта Майера-Лейбница (MLZ-2021, онлайн) (Гархинг, Германия); Конгрессе молодых ученых (Сочи, Россия); виртуальных семинарах Национального центра ядерных исследований Польши по сверхтяжелым элементам (Варшава, Польша).

СПРАВКА О РАЗВИТИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И СВЯЗЕЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 2021 Г.

1. Краткосрочные командировки в ОИЯИ специалистов стран-участниц (не считая российских специалистов)	222
2. Командировки в ОИЯИ специалистов из других стран, в том числе из стран ассоциированного участия	101 46
3. Командировки специалистов ОИЯИ в страны-участницы (без командировок по России)	652
4. Командировки сотрудников ОИЯИ в другие страны, в том числе в страны ассоциированного участия	307 79
5. Конференции, школы, совещания, проведенные ОИЯИ	60
6. Новые соглашения о сотрудничестве (меморандумы о намерениях), приложения к существующим	40

КОНФЕРЕНЦИИ, ШКОЛЫ, СОВЕЩАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ОИЯИ В 2021 Г. *

Номер	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
1.	54-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц (онлайн)	Дубна	18 января	63
2.	Совместное заседание Программно-консультативного комитета по физике частиц и Программно-консультативного комитета по ядерной физике (онлайн)	Дубна	21 января	140
3.	53-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике (онлайн)	Дубна	22 января	31
4.	53-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред (онлайн)	Дубна	25–26 января	67
5.	Совещание «Возможности сотрудничества ОИЯИ–Чили» (онлайн)	Дубна	28 января	40
6.	16-я Зимняя школа ЛТФ ОИЯИ «Актуальная космология» (онлайн)	Дубна	1–7 февраля	75
7.	31-е заседание объединенного комитета по сотрудничеству IN2P3–ОИЯИ (онлайн)	Дубна	16 февраля	20
8.	129-я сессия Ученого совета ОИЯИ (смешанный формат)	Дубна	18–19 февраля	79
9.	Онлайн-совещание представителей ОИЯИ, DESY и XFEL о состоянии и развитии сотрудничества	Дубна	24 февраля	41
10.	1-е совещание объединенного координационного комитета Вьетнам–ОИЯИ (онлайн)	Дубна–Ханой	17 марта	15
11.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ (смешанный формат)	Дубна	22–23 марта	71
12.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Дубна	25–26 марта	102
13.	Совещание «Распределенные вычисления и наука о данных»	Владикавказ, Россия	31 марта–3 апреля	50
14.	4-я Международная школа и совещание по физике комплексных и магнитных мягких систем: физико-механические и структурные свойства (онлайн)	Тимишоара, Румыния	19–23 апреля	125
15.	16-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-16)	Дубна	19–23 апреля	25
16.	7-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N на установке NICA (смешанный формат)	Дубна	19–20 апреля	127
17.	7-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на установке NICA (смешанный формат)	Дубна	21–23 апреля	193
18.	Внеочередная сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред (онлайн)	Дубна	29 апреля	54
19.	Совещание по перспективам развития сотрудничества между ОИЯИ и IN2P3 (онлайн)	Дубна	18 мая	51
20.	28-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-28, онлайн)	Дубна	24–28 мая	218
21.	22-е рабочее совещание по компьютерной алгебре (смешанный формат)	Дубна	24–25 мая	74

* Ряд конференций проведен совместно с другими организациями.

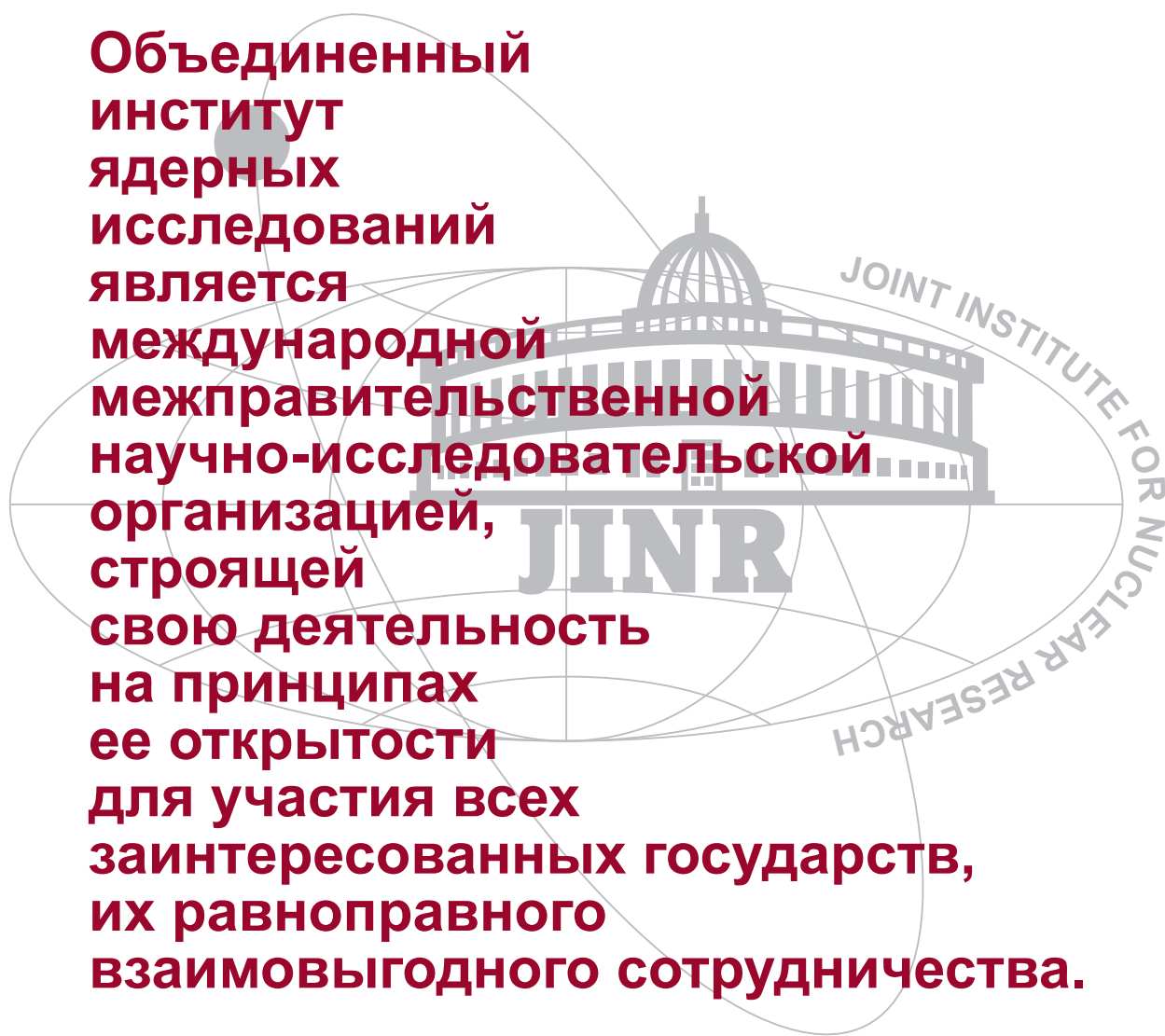
Номер	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
22.	17-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-17)	Дубна	24–28 мая	25
23.	Совещание «Обсуждение проекта Федеральной научно-технической программы исследований нейтрино и астрофизики частиц» (смешанный формат)	Дубна	26 мая	40
24.	6-е совещание объединенного координационного комитета Сербия–ОИЯИ	Дубна– Белград– Нови-Сад	27 мая	10
25.	Школа молодых ученых «Современные IT-технологии для решения научных задач»	Владикавказ, Россия	31 мая– 1 июня	60
26.	Совещание коллаборации SPD	Дубна	8–10 июня	119
27.	10-я научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ («Алушта-2021»)	Алушта	8–15 июня	105
28.	Школа молодых ученых «Коллайдер NICA, эксперимент MPD и его основные задачи»	Владикавказ, Россия	10–12 июня	35
29.	55-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Дубна	21–22 июня	67
30.	54-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Дубна	23–24 июня	27
31.	54-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Дубна	28–29 июня	70
32.	Совещание «Сверхтяжелые элементы»	Дубна	30 июня– 2 июля	200
33.	18-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-18)	Дубна	5–9 июля	23
34.	9-я Международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2021, смешанный формат)	Дубна	5–9 июля	301
35.	25-я Летняя школа молодых ученых и специалистов ОИЯИ на о. Липня («Липня-2021»)	Дубна (о. Липня)	16–18 июля	60
36.	Международное совещание «Геометрия, интегрируемость и суперсимметрия» (GIS-21)	Ереван, Армения	22–27 августа	35
37.	Рабочее совещание «Перспективы сотрудничества Украины с ОИЯИ» (смешанный формат)	Харьков, Украина	5–6 сентября	30
38.	Научная школа для слушателей школьного университета при Академии научных исследований и технологий Египта	Дубна	6–10 сентября	23
39.	Совещание для сотрудников региональных научно-технических музеев «Медитация: практика взаимодействия с посетителем, научная коммуникация»	Дубна	14–17 сентября	52
40.	Международный круглый стол по прикладным исследованиям на комплексе NICA (смешанный формат)	Дубна	15–16 сентября	301
41.	Научное совещание «Численные и символичные научные вычисления»	София, Бол- гария	20–24 сентября	30
42.	130-я сессия Ученого совета ОИЯИ	Дубна	23–24 сентября	86
43.	27-я Российская конференция по ускорителям заряженных частиц (RuPAC-2021, смешанный формат)	Алушта	26 сентября– 2 октября	145

Номер	Наименование совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
44.	8-е коллаборационное совещание по эксперименту VM@N на установке NICA (смешанный формат)	Дубна	3–8 октября	105
45.	5-я Международная конференция «Современные проблемы генетики, радиобиологии, радиоэкологии и эволюции», посвященная Н. В. Тимофееву-Ресовскому (GRRE-2021, смешанный формат)	Нор-Амберд, Армения	5–9 октября	152
46.	Международная конференция «Достижения квантовой теории поля» (смешанный формат)	Дубна	11–14 октября	122
47.	25-я Международная научная конференция молодых ученых и специалистов (ОМУС-2021)	Алма-Ата, Казахстан	11–15 октября	133
48.	8-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на установке NICA (смешанный формат)	Дубна	12–14 октября	175
49.	Онлайн-конференция «Нейтронное и синхротронное излучение в исследовании конденсированных веществ»	Дубна	12–13 октября	100
50.	8-й Съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность) (смешанный формат)	Москва, Россия	12–15 октября	400
51.	2-е Международное совещание «Применение ядерно-физических методов для исследования объектов культурного наследия»	Казань, Россия	15–20 октября	102
52.	Совещание «Университет ИТМО – ОИЯИ: перспективы сотрудничества»	Дубна	19–20 октября	20
53.	Совещание по развитию совместных работ ОИЯИ–Польша в области физики тяжелых ионов	Варшава, Польша	20 октября	12
54.	27-й семинар по ядерной физике	Люблин, Польша	21–23 октября	59
55.	Конференция «Новые тренды в детекторах в ядерной физике» (NTNPD-2021)	Варшава, Польша	25–27 октября	75
56.	19-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-19)	Дубна	8–12 ноября	27
57.	Заседание Финансового комитета ОИЯИ	Банско, Болгария	19 ноября	72
58.	Сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ	Банско, София, Болгария	22–23 ноября	103
59.	Совещание контактных точек информационных центров ОИЯИ	Дубна	1–3 декабря	16
60.	Международный симпозиум «Наука. Философия. Религия»	Дубна	10 декабря	52
61.	Совещание по применению метода меченых нейтрино в экологии (смешанный формат)	Дубна	16 декабря	60
62.	Семинар к 80-летию академика В. А. Матвеева (смешанный формат)	Дубна	17 декабря	220

Проводились заседания Научно-технического совета ОИЯИ (6).

Были проведены: очередной (10-й) Открытый турнир по робототехнике (CyberDubna 2021), стажировка молодых ученых стран СНГ, студенческая программа, дни физики 2021 г. ОИЯИ был также одним из организаторов 20-й Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц, международной конференции «Ядро-2021. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Ядерно-физические технологии», 28-го международного семинара «Нелинейные явления в сложных системах» памяти В. И. Кувшинова, 3-го международного научного форума «Ядерная наука и технологии», Международной конференции по точной физике и фундаментальным физическим константам и других мероприятий.

**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.**





Торжественное открытие панно «Периодическая таблица химических элементов Д. И. Менделеева» на здании плавательного бассейна ОИЯИ «Архимед»



Дубна, 26 марта.
Торжественное собрание
в честь Дня образования ОИЯИ







София, 22–23 ноября. Выездная сессия КПП ОИЯИ







Дубна, 23 июня. 54-я сессия ПКК по ядерной физике

Дубна, 25 марта. Открытие мультимедийной выставки, посвященной 65-летию со дня образования ОИЯИ





Дубна, 23–24 сентября.
130-я сессия Ученого
совета ОИЯИ





Дубна, 3 марта. Торжественная встреча дирекции ОИЯИ с представителями национальной группы Болгарии по случаю празднования Дня освобождения Болгарии от османского ига

Дубна, 24 марта. Чрезвычайный и Полномочный Посол Чешской Республики в РФ В.Пивонька (справа) на открытии гостиницы ОИЯИ на ул. Московская, 2 после ремонта, выполненного чешской строительной компанией ASARKO





Дубна, 18 марта. Участники видеоконференции с полномочным представителем Правительства Республики Армения в ОИЯИ, председателем Государственного комитета по науке Министерства науки, образования, культуры и спорта РА С. Айоцяном и его заместителем А. Мовсисяном

Дубна, 19 апреля. Участники круглого стола в рамках 16-й Международной стажировки JEMS



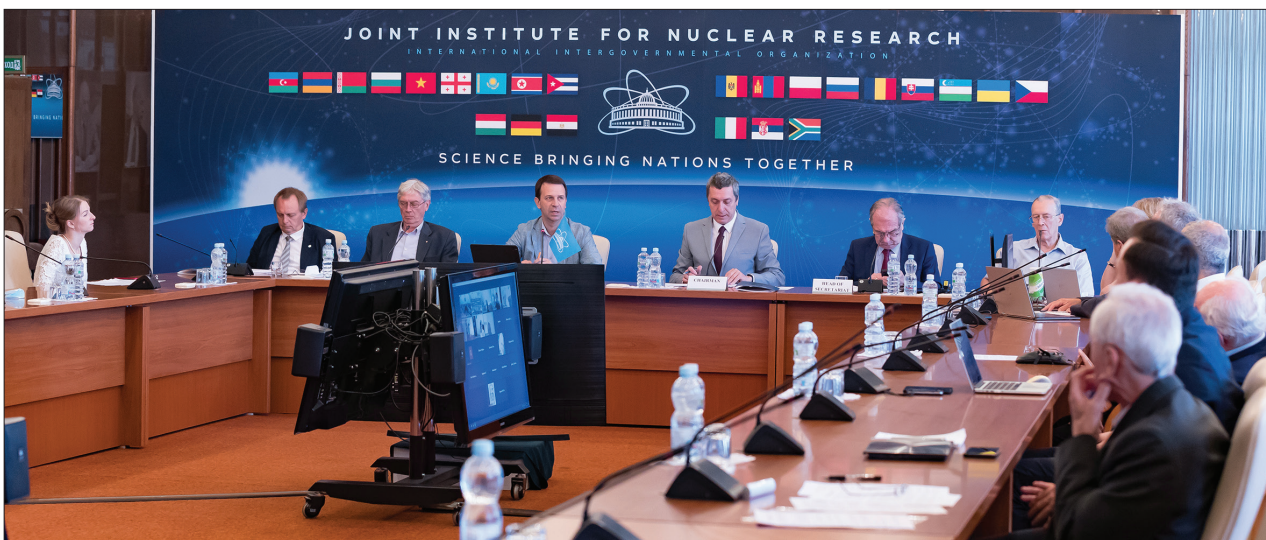


Дубна, 22 апреля. Директор ОИЯИ Г. В. Трубников и генеральный директор ОЭЗ «Дубна» А. В. Афанасьев после подписания Соглашения о развитии технологической кооперации ОИЯИ с производственными партнерами — резидентами ОЭЗ «Дубна»



Москва, 11 июня. Подписание Соглашения между ОИЯИ и Курчатовским институтом о совместной реализации проектов в социогуманитарной сфере

Дубна, 22 июля. Первое заседание рабочей группы по стратегическим вопросам развития ОИЯИ





Дубна, 16 июля. Встреча Чрезвычайного и Полномочного Посла Румынии в РФ К. Истрате (второй слева в первом ряду) с румынскими учеными, работающими в Институте

Дубна, 8–12 июня. Встреча генерального директора ИЯФ Министерства энергетики Республики Казахстан, полномочного представителя Правительства РК в ОИЯИ Б. Каракозова с коллективом сотрудников Института из национальной группы Казахстана





Дубна, 19 июля. Встреча полномочного представителя Правительства Словацкой Республики в ОИЯИ Ф.Шимковица (в центре) с руководством Института

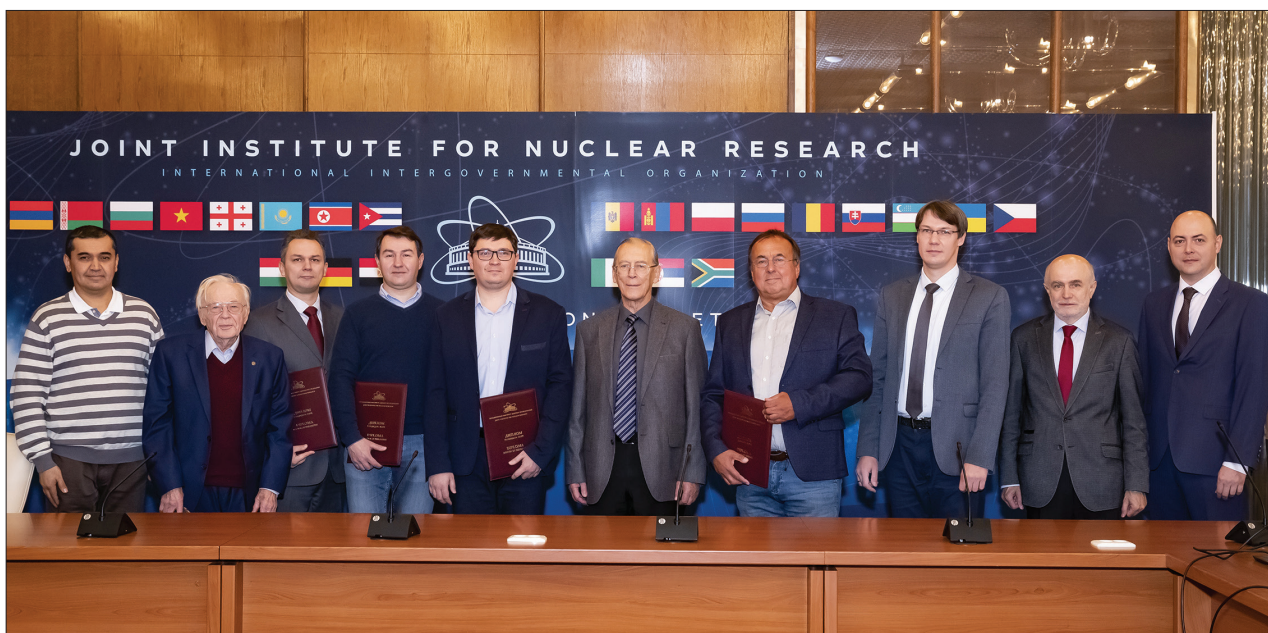
София, 16 сентября. Открытие информационного центра ОИЯИ в Софийском университете им. Св. Климента Охридского в рамках серии мероприятий, приуроченных к 65-летию Института и проведению года Болгарии в ОИЯИ. Слева направо: вице-директор ОИЯИ Л.Костов и ректор Софийского университета проф. А. Герджиков





Дубна, 7 октября. Вице-директор Л.Костов и проректор по научной, инновационной и международной деятельности КамГУ В.Н.Ефименко подписали Соглашение об открытии информационного центра ОИЯИ в КамГУ им. Витуса Беринга

Дубна, 20 октября. Торжественное вручение дипломов о присуждении ученой степени





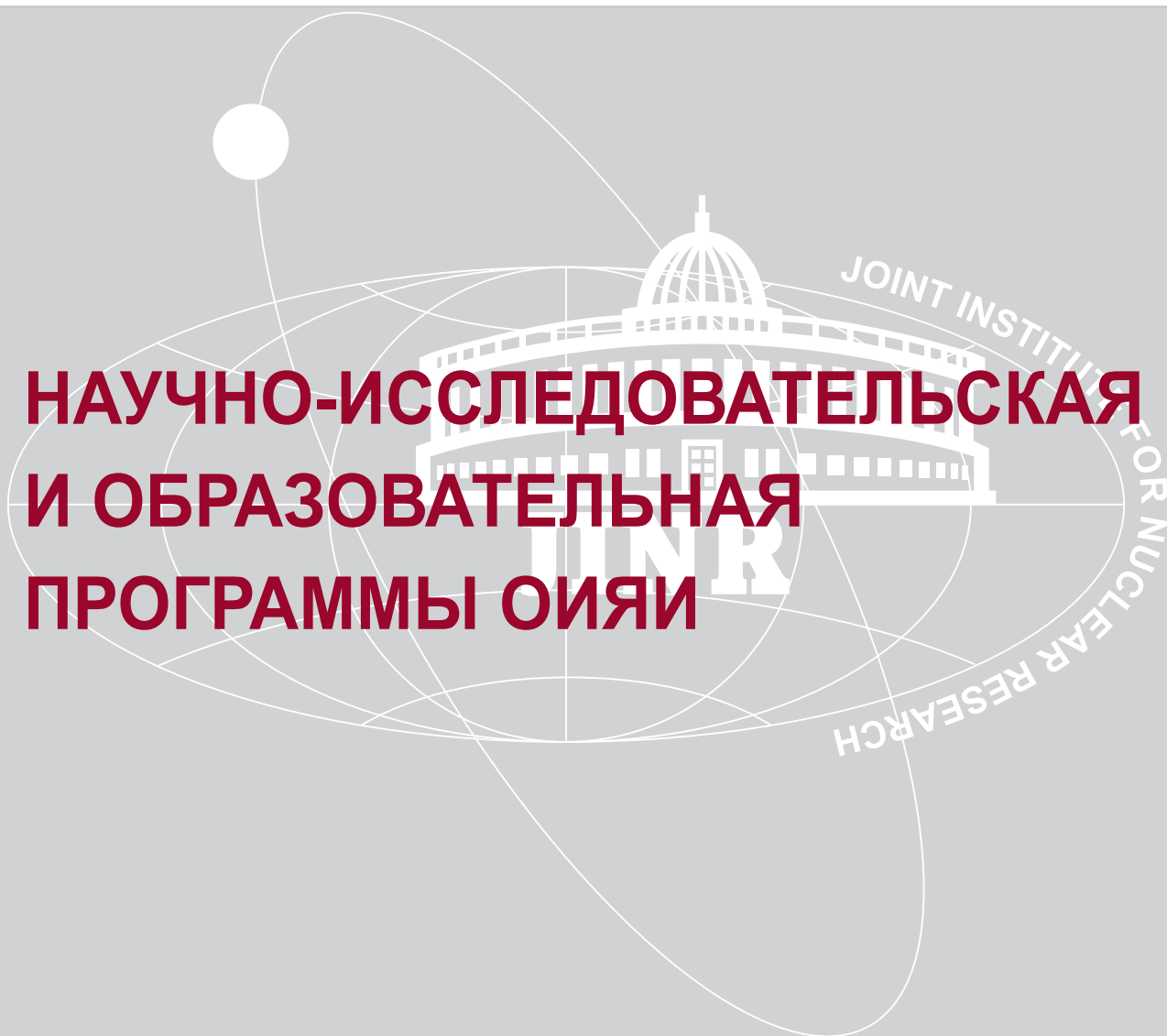
Минск, 28 сентября. Участники заседания Совета Международной ассоциации академий наук, награжденные отличительным знаком «Академик МААН» (фото из газеты «Навука»)

Дубна, 1 сентября. Торжественное открытие Физико-математического лицея им. В.Г.Кадышевского



2021

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММЫ ОИЯИ**





ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2021 г. в лаборатории проводились исследования по четырем темам: «Фундаментальные взаимодействия полей и частиц», «Теория ядерных систем», «Теория сложных систем и перспективных материалов», «Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия и струны». В рамках темы «Теория сложных систем и перспективных материалов» в 2021 г. был образован новый сектор «Методы квантовой теории поля в сложных системах». 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 380 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 ряда других стран. Ежегодно ЛТФ является местом проведения научных мероприятий самого высокого уровня. Несмотря на ограничения, связанные с пандемией коронавируса, в 2021 г. лабораторией были проведены три конференции и рабочих совещания, а также школа для студентов и молодых ученых. Эти мероприятия проводились в смешанном (очно-дистанционном) формате. Помимо них 17 декабря в ЛТФ состоялся научный семинар, приуроченный к 80-летию юбилею научного руководителя ОИЯИ В. А. Матвеева. В то же время сотрудниками ЛТФ было сделано более 170 докладов на более чем 120 российских и зарубежных конференциях и рабочих совещаниях как очно, так и на мероприятиях, проводимых в онлайн-формате. Международное сотрудничество ЛТФ было поддержано грантами полномоч-

ных представителей правительств Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Казахстана, Польши, Румынии, Словакии, Чехии, дирекции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками ряда стран проходило при поддержке специальных программ: «Гейзенберг–Ландау» (Германия), «Боголюбов–Инфельд» (Польша), «Блохинцев–Вотруба» (Чехия), «Цицейка–Марков» (Румыния). Для поддержки сотрудничества с коллегами из Словакии была организована новая программа, которая получила название «Биленький–Илкович». Ряд исследований был выполнен в рамках международных соглашений с Египтом, Италией (ОИЯИ–INFN), Сербией, Францией (IN2P3) и ЮАР. Продолжается активное сотрудничество с теоретиками ЦЕРН, Азиатско-тихоокеанским центром теоретической физики (Республика Корея), Институтом теоретической физики АН КНР. 6 исследовательских проектов были поддержаны грантами РФФИ, 3 исследовательских проекта — грантами РНФ. Традиционно много внимания уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов, в том числе в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа по теоретической физике» (DIAS-TH), однако в связи с пандемией коронавируса программа по работе с иностранными молодыми учеными была значительно сокращена. Лаборатория играет роль учебного центра для молодых ученых и студентов из многих стран. В настоящее время около трети научных кадров лаборатории составляют молодые ученые и аспиранты. Здесь на долгосрочной основе работают несколько молодых исследователей из стран, не являющихся странами-участницами ОИЯИ: Индии, Ирана и Японии.

Фундаментальные взаимодействия полей и частиц. В 2021 г. работа проводилась в рамках следующих проектов:

- квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели;
- КХД и спиновая/3-мерная структура адронов;
- феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика;
- теория адронной материи при экстремальных условиях;
- теория электрослабых взаимодействий и физики нейтрино.

С помощью комбинации традиционных методов и новых идей были найдены выражения для ренормгрупповых функций, позволяющие проводить ренормгрупповой анализ в произвольных перенормируемых квантово-полевых моделях без необходимости трудоемких диаграммных вычислений. В частности, впервые сделан расчет бета-функций для калибровочных и юкавских констант в четырех- и трехпетлевом приближении соответственно. Кроме того, в рамках произвольных скалярных теорий φ^4 получены шестипетлевые уравнения эволюции для всех параметров лагранжиана [1].

Разработан новый метод, позволяющий находить решения для широкого класса эллиптических фейнмановских интегралов в терминах повторных интегралов с алгебраическими ядрами. Данный метод опробован на примере двухпетлевого эллиптического интеграла типа «восходящее солнце», а также на примере трехпетлевого эллиптического интеграла типа «банан». Показано, что полученные результаты могут быть успешно использованы для расчета более сложных интегралов типа «воздушный змей» [2].

Изучены двухпетлевые интегралы типа «восходящее солнце» с двумя различными внутренними массами на «псевдопороге». Соответствующие выражения получены в виде эллиптических полилогарифмов для всех порядков размерного регулятора [3].

На самых больших масштабах Вселенная имеет структуру пчелиных сот: на стенках располагаются галактики и скопления галактик, а в центре — войды, гигантские области, выглядящие практически пустыми. Найдена точная формула для центральной плотности войда. Центральная плотность определяется исключительно амплитудой начального возмущения и не зависит от его формы. Полученные результаты показывают, что компьютерное моделирование заметно переоценивает пустоту войдов. Центральная область войда ведет себя как часть открытой «вселенной» Фридмана, и ее эволюция кардинально отличается от эволюции нашей Вселенной: имеет место длительная стадия, когда во «вселенной» доминирует вклад кривизны, что подавляет образование массивных галактик и

скоплений галактик внутри войдов. Кроме того, демонстрируется, что темная энергия подавляет рост войдов, увеличивая в них плотность материи [4].

Доминирующие радиационные переходы S - и P -волновых состояний чармония изучены в рамках ковариантной модели конфайнированного кварка. Основные параметры модели сохранены (масса составного c -кварка m_c , глобальное инфракрасное обрезание λ), и дополнительно введен только один общий регулируемый параметр $\rho > 0$ для описания распределения кварков внутри адрона. Вычислены перенормированные связи и парциальные ширины однофотонных распадов для η_c , J/Ψ , χ_{c0} , χ_{c1} , h_c , χ_{c2} . Дан прогноз на «теоретическую полную ширину» $\Gamma_{\text{theor}}(h_c) = (0,57 \pm 0,12)$ МэВ, что хорошо согласуется с последними данными $\Gamma_{\text{PDG}}(h_c) = (0,7 \pm 0,4)$ МэВ. Показано, что полученные результаты не меняются при значениях глобального параметра обрезания $\lambda < 0,181$ вплоть до предела «деконфайнмента» [5].

Предложен способ проверки лептонной универсальности в полулептонных распадах тяжелых мезонов и барионов, основанный на факторизации зависимости от масс лептонов в выражении для параметра выпуклости в угловом распределении. Экспериментальные измерения оптимизированной таким образом парциальной ширины для всех трех лептонных мод распада позволят судить о лептонной универсальности независимо от вида форм-факторов, используемых при вычислении [6].

Получены новые результаты по прецизионной спектроскопии HD^+ . В двух новых независимых экспериментах в Дюссельдорфе и Амстердаме достигнута относительная точность измерений 10^{-11} – 10^{-12} . Сравнение результатов этих экспериментов с теоретическими расчетами привело к однозначному выводу, что зарядовый радиус протона должен определяться из эксперимента по мюонному водороду, а константа Ридберга — из $1S$ – $2S$ -перехода в атоме обычного водорода. Только в этом случае эксперимент и теория в HD^+ разумно согласуются между собой. Получено новое значение для отношения масс протона к электрону с относительной точностью $1,4 \cdot 10^{-11}$, что позволяет вычислить атомную массу электрона с погрешностью в два раза меньше, чем в значении, рекомендованном группой CODATA в 2018 г. [7].

Изучена возможность того, что так называемую реакторную антинейтринную аномалию, т. е. дефицит скоростей счета антинейтрино в реакторных экспериментах по сравнению с теоретическими ожиданиями, можно по крайней мере частично объяснить в рамках квантово-полевого подхода к нейтринным осцилляциям, предсказывающим, в частности, небольшое отклонение от классического закона обратных квадратов на коротких (но все же макроскопических) расстояниях между источником и детектором (анти)нейтрино. Для провер-

ки этого предположения выполнен статистический анализ современных реакторных данных по интегральным скоростям счета. Полученные результаты применяются для изучения другой давней загадки — галлиевой нейтринной аномалии, состоящей в наблюдаемом дефиците потока нейтрино от распадов с захватом электрона изотопов ^{37}Ag и ^{51}Cr , измерявшимся на Ga–Ge-детекторах солнечных нейтрино GALLEX и SAGE [8].

Двойной двухнейтринный бета-распад выступает дополнительным инструментом изучения физики за пределами Стандартной модели. Было исследовано, как присутствие стерильного нейтрино, связанного со Стандартной моделью через левосторонний или правосторонний ток, влияет на распределение энергии и угловую корреляцию вылетающих электронов в двойном двухнейтринном бета-распаде. Результаты дополняют исследования стерильных нейтрино из измерений одиночного бета-распада в диапазоне масс тяжелых нейтрино 0,1–10 МэВ [9].

Рассмотрены q -производные по параметрам от гиперболических функций многих переменных типа Сривастава и Дауста. Данные функции объединяют различные q -гипергеометрические ряды как одной, так и многих переменных. Представлены точные выражения для общего случая индексов суммирования с положительными вещественными индексами. В качестве примера приложения представлены производные q -аналога гипергеометрической функции типа Хорна H_3 [10].

Исследован вопрос вклада сильной аномалии в переходные формфакторы η -, η' -, π^0 -мезонов. Оценки сделаны на основе аномальных правил сумм в изовекторном, октетном и синглетном каналах аксиального тока. Отдельно рассмотрены процессы в пространственноподобной и времениподобной областях Q^2 . Получено универсальное описание формфакторов, обсуждены параметры (интервалы дуальности), их зависимость от Q^2 . Было выяснено, что в отличие от случая реальных фотонов ($Q^2 = 0$), где вклад неабелевой аномалии подавлен, при увеличении виртуальности фотона Q^2 вклад неабелевой аномалии становится существенным [11].

Ренормгрупповое суммирование КХД-поправок к переходному формфактору пиона, вычисленному в правилах сумм на световом конусе, приводит к обобщению аналитической теории возмущения (АТВ) [Бакулев, Михайлов, Стефанис, 2005, 2007]. АТВ-разложение для формфактора представлено константами сильного взаимодействия без особенностей Ландау; при этом оно сохраняет асимптотическое поведение формфактора. Такой подход расширяет применимость правил сумм на световом конусе для передач ниже 1 ГэВ, что недоступно в ТВ конечного порядка. С использованием этой теоретической схемы и предварительных данных BES-III были определены непертурбативные параметры твиста 2, первые два коэффициента гегенбауровского разложения пионной амплитуды

и твистов 4 и 6 и получено предсказание для формфактора, хорошо согласующееся с данными ниже 1 ГэВ [12].

В порядке $\beta_0\alpha_s^2$ получены аналитические выражения для корреляторов двух составных кварковых токов (векторных, тензорных или скалярных), зависящих от бьеркеновских переменных x и y . Эти корреляторы определяют, в частности, пертурбативную часть КХД правил сумм для амплитуд распределения легких псевдоскалярных и поляризованных векторных мезонов [13].

Найдено решение проблемы с фактором 2 в киральном вихревом эффекте (CVE) для спина 1. Показано, что предсказание для температурного вклада в CVE, основанное на рассмотрении вспомогательной вращающейся черной дыры и гравитационной аномалии на ее горизонте, может быть приведено в соответствие со статистическим расчетом на основе формулы Кубо, если в обоих случаях используется инфракрасная регуляризация с малой массой [14].

Выведены аналитические выражения для угловых интегралов процесса рассеяния 2 в 3 вплоть до случая наличия двух массивных пропагаторов, который не был рассмотрен ранее в применяемом подходе. При этом метод редукции произведения двух и более массивных пропагаторов позволяет выражать это произведение через сумму с меньшим числом массивных пропагаторов. Полученные выражения могут быть использованы для расчетов большого класса процессов. В частности, данный результат будет использован для анализа процесса Дрелла–Яна во втором порядке константы сильного взаимодействия при малом поперечном импульсе векторного бозона, распадающегося на лептонную пару [15].

Исследована роль поправок $1/N_C$ в описании процессов $\rho \rightarrow \pi\pi$ ($g_\rho = 6,0$), $\rho \rightarrow l^+l^-$ ($g_\rho = 5,0$) и $\omega \rightarrow l^+l^-$ ($g_\rho = 5,7$), $l = e, \mu$. Показано, что испускание фотона заряженными мезонными петлями при переходах $\rho, \omega, \varphi \rightarrow \gamma$ является ключевым процессом, позволяющим описать вышеупомянутые распады векторных мезонов на два лептона с одним значением $g_\rho = 6,0$. Полученный результат подтверждает идею Сакураи об универсальности нейтральных векторных мезонов и проясняет роль учета поправок $1/N_C$ в ее выполнении [16].

Вычислено полное сечение электрон-позитронной аннигиляции в протон-антипротонную пару в диапазоне значений энергии, близком к массе чармония $\psi(3770)$. Показано, что основной вклад в это поперечное сечение вносит трехглюонный механизм, который генерирует большую фазу по отношению к вкладу континуума. Эта фаза обеспечивает характерное поведение сечения в виде ямки (в отличие от обычного брейт-вигнеровского пика), что наблюдается в эксперименте BES. Учтен механизм с D -мезонной петлей, который дает относительно небольшой вклад в сечение и фазу [17].

Представлено систематическое исследование возможных положений особой точки (SP) — уникальной особенности гибридных нейтронных звезд на диаграмме масса–радиус — в рамках двухфазного подхода, в котором фаза с высокой плотностью (кварковая материя) описывается формулой уравнения состояния с постоянной скоростью звука (CSS), а фаза ядерной материи вокруг плотности насыщения варьируется от очень мягкой (APR) до жесткой (DD2 с исключенным нуклонным объемом). Впервые продемонстрировано, что SP инвариантна не только при изменении уравнения состояния ядерной материи, но и при вариации схем построения фазового перехода: конструкции Максвелла, конструкции смешанной фазы и параболической интерполяции. Поскольку SP служит показателем максимальной массы и доступного радиуса массивных гибридных звезд, сделаны выводы о предельных массах и радиусах гибридных нейтронных звезд [18].

Предсказана глобальная поляризация Λ -гиперонов в столкновениях Au + Au при умеренно релятивистских энергиях столкновения 2,4–11 ГэВ. Предсказания основаны на термодинамическом подходе к глобальной поляризации, включенном в модель трехжидкостной динамики. Исследована зависимость поляризации от центральности столкновения. Предсказано, что поляризация достигает максимума или плато (в зависимости от уравнения состояния и центральности) при $\sqrt{s_{NN}} \approx 3$ ГэВ. Обнаружено, что глобальная поляризация увеличивается с увеличением ширины окна быстроты около средней скорости [19].

В рамках решеточного моделирования изучено влияние вращения на фазовый переход конфайнмент/деконфайнмент в $SU(3)$ -глюодинамике. Расчеты выполнены во вращающейся системе отсчета, где вращение задается с помощью внешнего гравитационного поля. Фазовый переход конфайнмент/деконфайнмент изучен путем вычисления петли Полякова и ее восприимчивости при разных значениях температур и угловых скоростей. На основе этих результатов обнаружено, что критическая температура перехода конфайнмент/деконфайнмент в $SU(3)$ -глюодинамике увеличивается с ростом угловой скорости. Полученные результаты качественно не зависят от выбора граничных условий в направлениях, перпендикулярных оси вращения [20].

Вычислена однопетлевая поправка к плотности свободной энергии КХД (вклады чистой глюодинамики и безмассовых кварков) в присутствии абелева (анти)самодуального поля в шаре конечного размера. Показано, что из-за существования мод, которые становятся нулевыми при устремлении размера шара к бесконечности (квазинулевые моды), необходимо выйти за рамки однопетлевого приближения, что приводит к возникновению эффективной массы у квазинулевых мод. При этом у плотности свободной энергии может одновременно возникнуть минимум как по отношению к

напряженности фонового поля, так и к размеру шара. Такой минимум определяет среднее значение скалярного глюонного конденсата и области однородности поля в модели вакуума КХД, описываемой ансамблем почти всюду однородных абелевых (анти)самодуальных полей [21].

Показано, что эллиптический поток в релятивистских столкновениях тяжелых ионов слабо зависит от пособытийных (event-by-event) флуктуаций, за исключением очень центральных столкновений 0–2%, тогда как треугольный поток в основном определяется этими флуктуациями [22].

Теория ядерных систем. В 2021 г. исследования велись в рамках четырех проектов:

- микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики;
- низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем;
- квантовые системы нескольких частиц;
- релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы.

Самосогласованный подход, основанный на квазичастичном приближении случайных фаз со взаимодействием Скирма и учетом связи со сложными конфигурациями, обобщен для описания процесса двойного γ -распада в четно-четном ядре. Впервые проанализирован $\gamma\gamma$ -распад первого квадрупольного состояния дважды магического ядра ^{48}Ca в условиях конкуренции с одинарным γ -распадом. Найдено, что ширина $\gamma\gamma$ -распада чувствительна к величине смешивания простых и сложных конфигураций в области гигантского дипольного резонанса. Полученную оценку вероятности $\gamma\gamma$ -распада, $3 \cdot 10^{-8}$, предлагается проверить экспериментально [23].

На основании коллективного гамилтониана ядра и микроскопического подхода к описанию структуры низколежащих состояний ядер теоретически выведено соотношение между энергией возбуждения и вероятностью E2-перехода в первое 2^+ -состояние. Это соотношение было установлено на основе анализа экспериментальных данных еще в 1962 г., но его теоретический вывод отсутствовал [24].

Для будущих экспериментов предсказаны сечения образования сверхтяжелых ядер с зарядовыми числами 114–117 в $(5-9)n$ испарительных каналах в индуцированных ^{48}Ca реакциях полного слияния [25].

С использованием функционала плотности энергии ядро ^{288}Fl предсказано как следующее дважды магическое ядро после ^{208}Pb , а 304–120 — как наиболее вероятный кандидат следующего дважды магического ядра [26].

Показано, что учет недиагональных матричных элементов в теории связанных каналов, которыми пренебрегают в традиционных подходах, позволяет объяснить затруднения, возникающие в различных моделях при интерпретации S -факторов в реакциях слияния тяжелых ядер [27].

Предложена модель расчета распадных ширинок гигантского дипольного резонанса, позволяющая аналитически оценить энергетический сдвиг однофононных состояний и перераспределение силы резонанса из-за связи однофононных состояний со сложными конфигурациями. Результаты, полученные в рамках данной модели, находятся в хорошем согласии с результатами микроскопического расчета для ряда ядер в области свинца [28].

Рассмотрено семейство аналитически решаемых потенциальных моделей для одно- и двухканальных задач в рамках подхода с использованием матриц Йоста. Изучено движение полюсов S -матрицы на римановой поверхности энергий, вызванное вариацией силы потенциала. Продемонстрировано, что дальнедействующие хвосты потенциалов ($\sim 1/r^2$) и кулоновский потенциал ($1/r$) приводят к необычному поведению полюсов S -матрицы. Кулоновский потенциал не только изменяет топологию римановой поверхности, но и нарушает зеркальную симметрию полюсов как в одночастичных, так и в двухчастичных задачах [29].

Предложен новый эффективный метод симпатического охлаждения ионов с использованием холодных буферных атомов в области атомно-ионных индуцированных конфайнмент резонансов (CIR). Показано, что деструктивное влияние микродвижения иона на его симпатическое охлаждение может быть подавлено в области атомно-ионного CIR. С помощью квантово-квазиклассического подхода исследован эффект симпатического охлаждения вблизи CIR в атомно-ионных и атомно-атомных ограниченных столкновениях с использованием в качестве примера плененных в ловушках Li-Yb⁺ систем Li-Yb. Найдена область вблизи атомно-ионного CIR, где симпатическое охлаждение иона холодными атомами возможно в гибридных атомно-ионных ловушках. Продемонстрирована возможность улучшения эффективности симпатического охлаждения в атомных ловушках с использованием атомных CIR [30].

Исследовано двумерное рассеяние квантовой частицы в поле центрального дальнедействующего потенциала, убывающего в пределе больших значений расстояния r как степенная функция $r^{-\beta}$ с показателем $\beta > 2$. Найдены явные низкоэнергетические асимптотики всех парциальных фаз рассеяния такой частицы [31].

На основе оптического потенциала фолдинга, а также потенциала Кисслингера рассчитаны сечения рассеяния π -мезонов ядрами в области энергий 33-резонанса. Установлено, что взаимодействие пиона с нуклоном, находящимся в ядерной среде, существенно слабее, чем со свободным нуклоном [32].

Развита теория нелинейных квантовых процессов в сильных электромагнитных полях. На ее основе впервые проведены предсказательные расчеты вероятностей образования жестких комптоновских фотонов и электрон-позитронных пар при взаимодействии ультрарелятивистских электронов

с интенсивными лазерными импульсами в широком интервале значений энергии электронов и интенсивности лазерного пучка в создаваемом крупнейшем Европейском лазерном проекте (XFEL, DESY) [33].

В рамках кинетических моделей монте-карловского типа Quark-Gluon-String-Model (QGSM) и Partons-Hadrons-String-Dynamics (PHSD) были изучены поперечная и глобальная поляризации Λ -гиперонов во взаимодействиях тяжелых ионов в области энергий коллайдера NICA. Проведен анализ пространственной структуры поперечной и диагональной компонент завихренности относительно плоскости реакции, выявлено пространственное разделение гидродинамической спиральности. Результаты теоретических вычислений показывают удовлетворительное согласие с экспериментальными результатами коллаборации STAR. В рамках эксперимента MPD, выполненного с помощью моделирования Монте-Карло, была изучена поперечная поляризация Λ -гиперонов для анализа чувствительности детектора к этой наблюдаемой [34].

Исследовано влияние температуры на связанные состояния кварк-антикварковых пар. Показано наличие фазового перехода, даны оценки температуры этого перехода [35].

Теория сложных систем и перспективных материалов. Исследования в 2021 г. проводились в рамках следующих проектов:

- комплексные материалы;
- наноструктуры и наноматериалы;
- математические модели статистической физики сложных систем.

Для систем холодных атомов теорема Тана связывает распределение по импульсам при больших значениях импульса с производной энергии по длине рассеяния. Она широко используется для описания термодинамики систем в экспериментах с атомными ловушками. Сделано обобщение этой теоремы для потенциалов произвольной формы, и предложена ее простая физическая интерпретация [36].

Разработан метод автомодельных фактор-аппроксимантов, позволяющий эффективно суммировать асимптотические ряды. Метод используется для решения ряда задач статистической физики и квантовой теории поля [37].

Характеристики структурного и связанного с ним магнитного фазового перехода в металлическом тербии, измеренные в условиях сильного внешнего давления группой Д. П. Козленко (ЛНФ ОИЯИ), получили количественное объяснение с применением методов теории функционала плотности [38].

Вычислен электронный спектр, и исследована сверхпроводимость в обобщенной t - J - V -модели с учетом электрон-фононного и кулоновского междузельного взаимодействий. Объяснено появление поверхности Ферми в виде дуг. Показано,

что электрон-фононное и кулоновское межузельное взаимодействия слабо влияют на температуру сверхпроводимости для d -волнового спаривания [39].

Предложен метод для извлечения основных структурных параметров поверхностей из экспериментальных данных, основанный на малоугловом рассеянии. Он включает анализ интенсивностей рассеяния и соответствующих функций распределения парных расстояний. Это позволяет извлекать информацию об общем размере, фрактальной размерности, экспоненте Херста и спектральной экспоненте. Метод применен к нескольким классам дробных броуновских поверхностей. Показано, что полученные численные значения структурных параметров очень хорошо согласуются с теоретическими [40].

$O(1)$ -модель плотной упаковки петель и связанная с ней модель критического просачивания — это базовые модели статистической физики, служащие лабораторией для изучения критических явлений. Получены точные плотности стягиваемых и нестягиваемых петель в модели $O(1)$ на полосе квадратной решетки, свернутой в бесконечный цилиндр с конечным четным периметром основания $L = 2N$. Они также равны плотностям критических перколяционных кластеров на повернутой на 45° квадратной решетке, свернутой в цилиндр, которые не охватывают и охватывают цилиндр соответственно. Результаты представлены как явные рациональные функции N , принимающие рациональные значения при любом N . Их асимптотические разложения в пределе больших N имеют иррациональные коэффициенты, воспроизводящие в ведущих порядках полученные ранее результаты. Данный результат дает уникальный пример точного вычисления наблюдаемой в ограниченной системе, которая становится критической в пределе бесконечного размера [41].

Изучена модель абсолютно асимметричного процесса с запретами с обобщенными правилами обновления, которая в отличие от обычного полностью асимметричного процесса с простыми запретами имеет дополнительный параметр, усиливающий кластеризацию частиц. Выведены точные многочастичные распределения расстояний, пройденных частицами на бесконечной решетке, для двух типов начальных условий: ступенчатых и альтернированных. Изучены два разных скейлинговых предела точных формул. При первом скейлинге, связанном с классом универсальности Кардара–Паризи–Жанга (КПЖ), доказана сходимость совместных распределений положений частиц к конечномерным распределениям универсальных процессов Airy_2 и Airy_1 . При втором скейлинге доказана сходимость тех же точных распределений к конечномерным распределениям двух новых случайных процессов, которые описывают переход между режимом КПЖ и режимом детерминированной агрегации, в котором частицы

объединяются в единый гигантский кластер, движущийся как одна частица [42].

Рассмотрены теория и приложения автомодельных потенциалов в квантовой механике. Эти потенциалы описываются решениями q -деформированных уравнений Пенлеве-IV, Пенлеве-V и их аналогов более высокого порядка. В качестве частных случаев они содержат конечнозонные потенциалы, связанные с тета-функциями Римана произвольного рода. Получены новые когерентные состояния гармонического осциллятора, связанные с новым автоморфизмом алгебры Гейзенберга–Вейля и преобразованием Фурье. Они имеют форму специальной суперпозиции канонических когерентных состояний и возникают как решения интегродифференциального уравнения, связанного с новой реализацией генераторов алгебры Гейзенберга–Вейля [43].

Изучено влияние фактора поперечного размера туннельных наноконтактов на величину магнитосопротивления. Размер одного контакта был зафиксирован, а размер другого постепенно менялся вплоть до совпадения с первым. Было обнаружено резкое изменение туннельного магнитосопротивления в контактах с несовпадающим сечением. Это можно объяснить особенностями пространственного распределения плотности электронов, которая различна для состояний основного и неосновного направлений спинов. Полученные результаты имеют важные приложения для создания наноприборов, функционирующих на основе явления туннельного магнитного сопротивления [44].

Исследованы фазовая динамика, ВАХ и динамика намагниченности джозефсоновского φ_0 -перехода при малых значениях спин-орбитального взаимодействия, отношения джозефсоновского перехода к магнитной энергии и затухания Гильберта. Показано, что связанная динамика Ландау–Лифшица–Гильберта–Джозефсона сводится к скалярному нелинейному осциллятору Дуффинга. Полученное уравнение Дуффинга включает демпфирование Гильберта особым образом в диссипативном члене и восстанавливающей силе. Обнаружен аномальный сдвиг частоты ферромагнитного резонанса при уменьшении затухания Гильберта. Показано, что существует критическое значение затухания, при котором нелинейность вступает в игру и изменяет демпфирующую зависимость ферромагнитного резонанса [45].

Вычислен динамический критический показатель z для $2d$ - и $3d$ -классов универсальности Изинга с помощью минимально вычитаемого пятипетлевого ϵ -разложения, полученного для однокомпонентной модели А. Этот прорыв оказался возможным благодаря успешной адаптации техники Sector Decomposition к проблеме критической динамики. Полученный пятый порядок теории возмущений в сочетании с использованием передовых методов пересуммирования асимптотических рядов позволяет находить высокоточные численные оценки z : для двух- и трехмерного случаев мы

получаем $2,14(2)$ и $2,0235(8)$ соответственно. Эти числа хорошо согласуются с недавними результатами, полученными с использованием различных подходов [46].

Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия и струны. Исследования по теме в 2021 г. были сосредоточены на следующих направлениях:

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

В контексте соответствия AdS/CFT рассмотрена 5-мерная черная дыра Kerr-AdS как гравитационный двойник вращающейся кварк-глюонной плазмы. Показано, что вращение уменьшает температуру перехода Хокинга–Пейджа, соответствующего фазовому переходу первого рода в дуальном термальном ансамбле $N = 4$ SYM на $R \times S^3$. Исследованы энергетические потери тяжелого кварка во вращающейся кварк-глюонной плазме. По голографическому предписанию тяжелый кварк ассоциирован с концом струны, зафиксированным на границе Kerr-AdS₅, а сама струна провисает к горизонту. Вычислена термальная масса статического кварка, найден вклад в нее за счет вращения. Для случаев одного ненулевого и двух равных параметров вращения вычислены компоненты силы трения, действующей на кварк. Показано, что для случая с одним ненулевым параметром вращения результаты согласуются с предсказанием из 4-мерного случая (Kerr-AdS₄), полученным ранее в работе arXiv:1012.3800. Для двух равных параметров вращения обнаружено, что сила трения исчезает, что совпадает с гидродинамическими вычислениями на 4-мерном цилиндре $R \times S^3$ [47].

Обобщена конструкция А. Е. Миронова, представившего в свое время новые примеры минимальных и гамильтоново-минимальных лагранжевых подмногообразий в аффинном и проективном комплексных пространствах. В основе его конструкции лежало рассмотрение неполного торического воздействия k -мерного тора, где $k < n$, на подпространства, инвариантные относительно естественных антиголоморфных инволюций. Такая ситуация имеет место для достаточно широкого класса алгебраических многообразий: комплексных квадрик, грассманианов, многообразий флагов и т. п., что позволяет построить большое количество новых примеров лагранжевых подмногообразий в этих алгебраических многообразиях [48].

Построены новые, полностью нелинейные решения теории Эйнштейна–Клейна–Гордона, описывающие статические бозонные звезды с нетривиальной мультиполярной структурой. Показано, что распределение их плотности энергии имеет ту же структуру, что и распределение вероятности волновых функций водородоподобного атома. В теории гравитации мультиполярные бозонные звезды могут интерпретироваться как связанные состояния в равновесии [49].

Изучена $6D$, $N = (1, 1)$ суперсимметричная теория Янга–Миллса в подходе $N = (1, 0)$ гармонического суперпространства. Явно показано, что из четырех зависящих от фоновых полей двухпетлевых супердиаграмм, дающих вклад в эффективное действие, только одна расходится вне массовой поверхности. Показано, что расходимости пропорциональны суперполевым классическим уравнениям движения и поэтому исчезают на массовой поверхности [50].

Построены безмассовые неприводимые представления бесконечного спина 6-мерной группы Пуанкаре на полях, зависящих от твисторных переменных. Показано, что такие представления реализуются на двутвисторных полях. Предъявлен полный набор уравнений движения для двутвисторных полей, представляющих полностью симметричные двутвисторные спин-тензоры ранга $2s$, и показано, что они описывают безмассовые представления бесконечного спина. Построено твисторное преобразование для полей с бесконечным спином, и найдена их пространственно-временная формулировка с дополнительной спинорной координатой [51].

Изучены квантовые свойства $SU(2|1)$ суперсимметричного расширения суперинтегрируемой системы Смородинского–Винтерница на комплексном евклидовом пространстве C^N . Показано, что $SU(2|1)$ -суперсимметрия приводит к тому, что бозонные и фермионные состояния принадлежат разным энергетическим уровням, тем самым демонстрируя эффект «чет-нечетного» расщепления спектров. Рассмотрено эквивалентное описание той же системы на языке $SU(2|1, 1)$ суперконформной квантовой механики [52].

Представлены $4D$, $N = 2$ суперполевые действия для любых свободных безмассовых полей высших спинов с $s \geq 2$ вне массовой поверхности на основе подхода $N = 2$ гармонического суперпространства. На массовой поверхности воспроизводится стандартный спиновый состав $(s, s - 1/2, s - 1/2, s - 1)$. Для $s = 2$ действие описывает линейаризованную версию «минимальной» эйнштейновской $N = 2$ супергравитации [53].

Показано, что широкий класс скалярно-тензорных моделей гравитации универсально генерирует взаимодействия класса beyond Horndeski на уровне первых петлевых поправок. Явный вид членов взаимодействия вычислен в ведущем порядке по теории возмущений. Существование взаимодействий данного класса может быть критически важно для теории ранней Вселенной. Приведены размерные оценки, показывающие, что в современной Вселенной обсуждаемые взаимодействия сильно подавлены и пренебрежимо малы. Напротив, на энергетических масштабах, характерных для ранней Вселенной, обсуждаемые взаимодействия подавлены слабее и их существованием нельзя пренебречь [54].

Обобщен подход к распаду ложного вакуума в 4-мерной скалярной теории поля, развитый Коулменом. Построен широкий класс неограниченных потенциалов, для которых не существует инстантонов Коулмана. Для таких потенциалов распад ложного вакуума обеспечивается предложенными новыми инстантонами. Получены универсальные формулы для основных физических величин, относящихся к проблеме распада ложного вакуума. Для пространств любого числа измерений построены интегрируемые потенциалы, для которых инстантонные уравнения вполне интегрируемы [55].

Рассмотрена вакуумная энергия скалярного поля в пространстве-времени двух непараллельных космических струн. Получена метрика для орто-

гональных прямых космических струн и для двух струн, наклоненных друг к другу под малым углом. Для ортогональных струн в ведущем порядке по натяжению струны вычислена часть энергии вакуума, зависящая от расстояния между струнами. Полученная зависимость отличается от известной для параллельных струн. Для двух струн, наклоненных под небольшим углом друг к другу, используемое приближение воспроизводит результат для параллельных струн, поскольку зависимость от угла между струнами входит в следующий порядок теории возмущений. Результаты сравниваются с энергией Казимира на фоне двух цилиндров, оси которых непараллельны [56].

ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TN)

Образовательная программа в рамках DIAS-TN в 2021 г. была сокращена в связи с пандемией коронавируса, не удалось провести все запланированные школы для студентов и молодых ученых. В формате онлайн была проведена XVI Зимняя школа по теоретической физике «Актуальная космология» (1–7 февраля, Дубна). Проводились

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

Проведена подготовка к XVII Зимней школе по теоретической физике «Суперсимметрия и интегрируемость».

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 2021 г. было организовано 2 конференции, научный семинар, рабочее совещание и школа для студентов и молодых ученых:

- XVI Зимняя школа по теоретической физике «Актуальная космология», 1–7 февраля, Дубна;
- международная конференция «Низкоразмерные материалы: теория, моделирование и эксперимент», 12–17 июля, Дубна;

• международное рабочее совещание «Геометрия, интегрируемость и суперсимметрия», 22–27 августа, Ереван, Армения;

- международная конференция «Достижения квантовой теории поля», 11–14 октября, Дубна;
- международный научный семинар, посвященный 80-летию научного руководителя ОИЯИ В. А. Матвеева, 17 декабря, Дубна.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2021 г. введены в эксплуатацию 2 новых ПК-сервера. Каждый оснащен 8-ядерными процессорами Intel 11-го поколения, 1 ТБ SSD и 128ГБ ОЗУ. Для модернизации компьютеров на рабочих местах закуплено 10 ПК. Продлена техническая поддержка, и установлены свежие версии Mathematica 13, Maple 2021, Origin Pro. Новый продукт для программирования Intel OneAPI заме-

нил прежний Parallel Studio. Новые высокопроизводительные лазерные принтеры класса Enterprise заменили устаревшие принтеры общего пользования в холле КРАСТ. В двух основных аудиториях ЛТФ установлено дополнительное аудио- и видеоборудование для поддержки удаленного участия в мероприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bednyakov A., Pikelner A.* // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 127. No. 4. P. 041801; ЖНЕР. 2021. V. 04. P. 233.
2. *Bezuglov M. A., Onishchenko A. I., Veretin O. L.* // Nucl. Phys. B. 2021. V. 963. P. 115302;

- Bezuglov M. A.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 104. No. 7. P. 076017.
3. *Campert L. G. J., Moriello F., Kotikov A.* // ЖНЕР. 2021. V. 09.

4. *Baushev A.N.* // Monthly Not. Roy. Astron. Soc. Lett. 2021. V. 504. No. 1. P. 56–60.
5. *Ganbold G., Gutsche Th., Ivanov M.A., Lyubovitskiy V.E.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 104. P. 094048.
6. *Groote S., Ivanov M.A., Korner J.G., Lyubovitskiy V.E., Santorelli P., Tran C.T.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 093001.
7. *Korobov V.I., Karr J.-Ph.* // Phys. Rev. A. 2021. V. 104. P. 032806.
8. *Naumov V.A., Shkirmanov D.S.* // Universe. 2021. V. 7. P. 246.
9. *Bolton P.D., Deppisch F.F., Graf L., Šimkovic F.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 055019.
10. *Bytev V., Pengming Zhang* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18. P. 3.
11. *Klebtsov S., Klopot Y., Oganessian A., Teryaev O.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 104. P. 016011.
12. *Mikhailov S.V., Pimikov A.V., Stefanis N.G.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 096003.
13. *Mikhailov S.V., Volchanskiy N.* // JHEP. 2021. V. 02. P. 197.
14. *Prokhorov G.Yu., Teryaev O.V., Zakharov V.I.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 085003.
15. *Lyubovitskiy V.E., Wunder F., Zhevolakov A.S.* // JHEP. 2021. V. 06. P. 066.
16. *Volkov M.K., Osipov A.A., Pivovarov A.A., Nurlan K.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 104. P. 034021.
17. *Bystritskiy Yu.M.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 116029.
18. *Cierniak M., Blaschke D.* // Astron. Nachr. 2021. V. 342. P. 819.
19. *Ivanov Yu.B.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 103. P. 031903.
20. *Braguta V.V., Kotov A.Y., Kuznedev D.D., Roenko A.A.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 094515; *Astrakhantsev N.Y., Braguta V.V., Kolomojets N.V. et al.* // Phys. Part. Nucl. 2021. V. 52. P. 536.
21. *Nedelko S.N., Voronin V.E.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 114021.
22. *Eyyubova G.Kh., Korotkikh V.L., Snigirev A.M., Zabrodin E.E.* // J. Phys. G. 2021. V. 48. P. 095101.
23. *Severyukhin A.P., Arsenyev N.N., Pietralla N.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 104. P. 024310.
24. *Jolos R.V., Kolganova E.A.* // Phys. Lett. B. 2021. V. 820. P. 136581.
25. *Hong J., Adamian G.G., Antonenko N.V., Jachimowicz P., Kowal M.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 103. P. L041601.
26. *Malov L.A., Adamian G.G., Antonenko N.V., Lenske H.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 104. P. L011304; P. 064303.
27. *Wen P.W., Lin C.J., Nazmitdinov R.G., Vinitzky S.I., Chuluunbaatar O., Gusev A.A., Nasirov A.K., Jia H.M., Gózdź A.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 103. P. 054601.
28. *Severyukhin A.P., Aberg S., Arsenyev N.N., Nazmitdinov R.G.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 104. P. 044327.
29. *Ershov S.N., Rakityansky S.A.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 103. P. 024612.
30. *Melezhik V.S.* // Phys. Rev. A. 2021. V. 103. P. 053109.
31. *Pupyshev V.V.* // Theor. Math. Phys. 2021. V. 207. P. 459.
32. *Lukyanov V.K., Zemlyanaya E.V., Lukyanov K.V., Abdul-Magead I.* // Nucl. Phys. A. 2021. V. 1010. P. 122190.
33. *Kampfer B., Titov A.I.* // Phys. Rev. A. 2021. V. 103. P. 033101; *Hernandez Acosta U., Titov A.I., Kampfer B.* // New J. Phys. 2021. V. 23. P. 095008.
34. *Nazarova E., Akhat R., Baznat M., Teryaev O., Zinchenko A.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18. P. 429.
35. *Dorkin S.M., Kaptari L.P., Kaempfer B.* // Few Body Syst. 2019. V. 60. P. 20.
36. *Cherny A.Yu.* // Phys. Rev. A. 2021. V. 104. P. 043304.
37. *Yukalov V.I., Yukalova E.P.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 076019.
38. *Kozlenko D.P., Yushankhai V.Yu., Hayn R., Richter M., Golosova N.O., Kichanov S.E., Lukin E.V., Savenko B.N.* // Phys. Rev. Materials. 2021. V. 5. P. 034402.
39. *Tung N.D., Vladimirov A.A., Plakida N.M.* // Physica. C. 2021. V. 587. P. 1353900.
40. *Anitas E.M.* // Symmetry. 2021. V. 13. P. 2042.
41. *Povolotsky A.M.* // J. Phys. A. 2021. V. 54. P. 22LT01.
42. *Derbyshev A.E., Povolotsky A.M.* // J. Stat. Phys. 2021. V. 185. P. 16.
43. *Спирidonov B.П.* // ЭЧАЯ. 2021. Т. 52, вып. 2. С. 530.
44. *Katkov V.L., Osipov V.A.* // J. Magn. Magn. Materials. 2021. V. 15. P. 168103.
45. *Shukrinov Yu.M., Rahmonov I.R., Janalizadeh A., Kolahchi M.R.* // Phys. Rev. B. 2021. V. 104. P. 224511.
46. *Adzhemyan L.Ts., Evdokimov D.A., Hnatič M., Ivanova E.V., Kompaniets M.V., Kudlis A., Zakharov D.V.* // Phys. Lett. A. 2022. V. 425. P. 127870.
47. *Aref'eva I.Ya., Golubtsova A.A., Gourgoulhon E.* // JHEP. 2021. V. 04. P. 169.
48. *Tyurin N.A.* // Sb. Math. 2021. V. 212. P. 389.
49. *Herdeiro C.A.R., Kunz J., Perapechka I., Radu E., Shnir Ya* // Phys. Lett. B. 2021. V. 812. P. 136027.
50. *Buchbinder I.L., Ivanov E.A., Merzlikin B.S., Stepanyantz K.V.* // Phys. Lett. B. 2021. V. 820. P. 136516.
51. *Buchbinder I.L., Fedoruk S.A., Isaev A.P.* // Nucl. Phys. B. 2021. V. 973. P. 115576.
52. *Ivanov E., Nersessian A., Sidorov S.* // JHEP. 2021. V. 01. P. 015.
53. *Buchbinder I., Ivanov E., Zaigraev N.* // JHEP. 2021. V. 12. P. 016.
54. *Latosh B.N.* // Mod. Phys. Lett. A. 2021. V. 36. P. 2150258.
55. *Mukhanov V.F., Rabinovici E., Sorin A.S.* // Fortsch. Phys. 2021. V. 69, No. 2. P. 2000100; P. 2000101; *Mukhanov V.F., Sorin A.S.* // JCAP. 2021. V. 10. P. 066; P. 049.
56. *Pirozhenko I.G.* // Universe. 2021. V. 7. P. 217.



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

Деятельность Лаборатории физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина в 2021 г. была сосредоточена на создании, развитии и вводе в эксплуатацию отдельных узлов уско-

рительного комплекса «Нуклотрон–NICA» и экспериментальных установок MPD, VM@N и SPD. Продолжались эксперименты и на внешних ускорителях.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В СОЗДАНИИ КОМПЛЕКСА NICA

Проект «Нуклотрон–NICA»

Бустер и каналы транспортировки пучка.

В сентябре 2021 г. системы бустерного синхротрона — одного из узловых элементов ускорительного комплекса тяжелых ионов NICA — были выведены на проектные параметры. В ходе сеанса в кольце бустера пучок ионов железа впервые ускорен до проектной энергии 578 МэВ/нуклон (рис. 1) [1]. В сеансе был также осуществлен полноценный запуск оборудования системы электронного охлаждения бустера и впервые в России получено электронное охлаждение пучка тяжелых ионов. Эксперимент по охлаждению пучка проведен с ионами $^{56}\text{Fe}^{14+}$ при энергии инжекции 3,2 МэВ/нуклон.

Важным итогом сеанса явилось успешное завершение совместных работ специалистов ОИЯИ и ИЯФ СО РАН по созданию систем вывода пучка из бустера и канала транспортировки пучка в нуклотрон. После настройки магнитной системы канала и испытания системы управления оборудованием успешно запущен уникальный ударный магнит для вывода пучка из бустера с рекордным уровнем магнитного поля 2 кГс. Запущена система «бампа» (локального смещения замкнутой орбиты для быстрого вывода пучка из бустера), и получен вывод пучков двух сортов ионов — гелия и железа — при энергии 240 МэВ/нуклон с дальнейшей транспортировкой по каналу, на конечном участке которого пучки

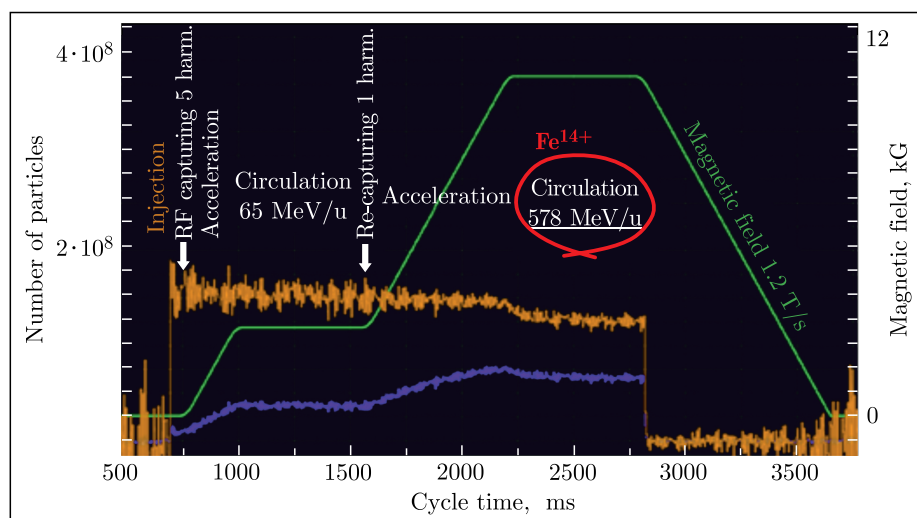


Рис. 1. Сигнал с датчика тока пучка в бустере

ионов были детектированы датчиками тока и положения пучка, а также получены снимки профилей пучка с люминофорного экрана (рис. 2).

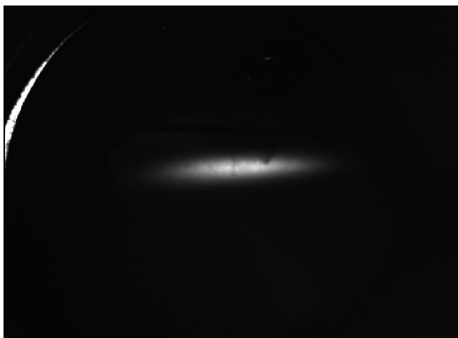


Рис. 2. Пучок ионов $^{56}\text{Fe}^{14+}$ на люминофорном экране в конце канала транспортировки пучков бустер-нуклотрон

Завершается монтаж новой системы инжекции пучка в нуклотрон и создание тяжелоионной цепочки, которая в дальнейшем будет основной при работе с коллайдером NICA и физической установкой VM@N. В январе 2022 г. планируется провести первый сеанс работы с полным циклом ускорения на комплексе NICA.

Активно развивается инфраструктура для проведения прикладных и радиобиологических исследований в рамках коллаборации ARIADNA (Applied Research Infrastructure for Advance Development at NICA iAcility). Уже создан канал транспортировки пучка ионов из линейного ускорителя ЛУТИ к станции SOCHI (Station of CHip Irradiation), предназначенной для облучения микросхем. В декабре 2021 г. был проведен первый цикл пусконаладочных работ по настройке магнитной системы канала, пучок был проведен до станции SOCHI, где был зарегистрирован несколькими детекторами. В 2022 г. ожидается завершение монтажа оборудования трех станций для прикладных исследований и их тестирования.

Коллайдер. Коллайдерный комплекс NICA размещается в здании №17. Статус готовности здания на конец 2021 г. выглядит следующим образом: полностью (на 100 %) выполнены работы по устройству свайного поля, конструкциям железобетона, устройству силовых полов, монтажу металлических конструкций, земляным работам и устройству временных дорог, возведению перегородок из кирпича и пеноблока, устройству пристенного дренажа здания, выносу сетей водопровода из-под пятна дороги; в стадии завершения находятся работы по устройству кровли (93 %), фасадов (94 %), отделке (84 %), инженерным системам (28 %), устройству бытовой и ливневой канализации (92 %), монтажу тепловых пунктов (75 %), внутренних дверей (40 %) и благоустройству (82 %).

Изменение сроков завершения строительных работ обусловлено в первую очередь существенным (на 50 %) увеличением объемов строительства уже на стадии реализации проекта. Пандемия корона-

вируса также сказалась на сроках исполнения контрактов.

В 2021 г. продолжалось производство и тестирование оборудования подсистем коллайдера. На участке сборки и испытания сверхпроводящих магнитов уже изготовлено и протестировано 100 % дипольных и 65 % квадрупольных магнитов коллайдера.

Продолжались работы по реконструкции электросетей. Получено разрешение на эксплуатацию 11 модернизированных подстанций 6 кВ общей мощностью до 33,6 МВт.

Криогенный комплекс. На центральной компрессорной станции в корпусе 1Б смонтировано новое криогенное оборудование: гелиевый ожижитель производительностью более 1000 л/ч, гелиевый рефрижератор для охлаждения бустера на 2000 Вт при температуре 4,5 К, четыре блока очистки сжатого гелия, азотный ожижитель на 1300 кг/ч и реконденсатор паров азота от экранов бустера производительностью 500 кг/ч.

Крупномасштабное криогенное оборудование, расположенное вне зданий, полностью готово к работе: контейнер жидкого гелия емкостью 40 м³, газгольдеры объемом по 1000 м³ для газообразного гелия и азота.

В целом на конец 2021 г. объем выполненных работ по созданию проектной конфигурации комплекса «Нуклотрон–NICA» составляет около 85 %.

Проект MPD

Формирование коллаборации MPD было в целом завершено в 2020 г. Сейчас в ней сотрудничают 42 организации из 12 стран и свыше 500 участников. Проведено восемь коллаборационных совещаний, на которых обсуждался и координировался ход работ по исполнению проекта. В специальном павильоне в основном здании №17 комплекса NICA, где будет расположен детектор MPD, уже начался монтаж поступающего оборудования, параллельно идет монтаж инженерных коммуникаций.

Сверхпроводящий соленоид MPD. В конце декабря 2020 г. магнитопровод соленоида был полностью собран в зале MPD. Контрольные измерения показали высокое качество сборки, необходимое для получения однородного магнитного поля в детекторе. Отклонения большинства измеренных геометрических размеров и параметров находились в пределах 0–200 мкм при длине магнитопровода 8970 мм и диаметре 6670 мм. В июле 2021 г. соленоид был установлен в яме. Измерение положения яма и соленоида после установки показало, что смещения осей не превышают допустимых 2 мм.

Моделирование магнитного поля специалистами ASG на основе реального положения магнита показало удовлетворительные результаты без необходимости дальнейшей юстировки соленоида относительно яма. Сейчас магнитопровод собран до 13-й балки. Дальнейшая сборка яма предполагает установку опорных колец и сборку до 28-й последней балки.

В сентябре 2021 г. успешно проведен первый цикл прочностных испытаний соленоида, по результатам которых был сделан вывод о герметичности контуров при давлении 10 бар для азота и 25 бар для гелия. В настоящее время соленоид подготовлен к вакуумным испытаниям. Большая часть оборудования криогенной инфраструктуры MPD уже заказана.

Времяпроекционная камера (TPC) является основным трековым детектором установки MPD, предназначенным для реконструкции треков заряженных частиц и их идентификации по dE/dx для событий с большой множественностью. Он состоит из четырех цилиндров (C1–C4), изготовленных российской промышленностью из композитных материалов, что обеспечивает достаточную продольную прочность цилиндров (прогиб по центру не более 100 мкм) и небольшое количество вещества на пути частиц ($0,4 \text{ г/см}^2$). Все четыре цилиндра соединены между собой двумя алюминиевыми фланцами.

Камеры считывания данных (ROC) для стартовой версии MPD базируются на многопроводных пропорциональных камерах со считыванием сигналов с катодных площадок (pads readout). Полное число каналов считывания для TPC — 95232. Все серийные камеры ROC в количестве 24 штук изготовлены и испытаны.

Газовая система разработана с учетом опыта создания газовых систем для TPC экспериментов STAR и PHENIX в BNL, США. Система состоит из двух контуров (внешнего и внутреннего) и работает как замкнутый контур с рециркуляцией рабочей газовой смеси через TPC по внутреннему контуру, содержащему систему очистки.

Система охлаждения служит для стабилизации температуры газа внутри объема TPC в пределах $0,5^\circ\text{C}$. В системе используются 180 датчиков Pt1000, размещенных на корпусе детектора и обеспечивающих измерение температуры с точностью до $0,1^\circ\text{C}$. Термопанели для системы термостабилизации TPC поставлены в ОИЯИ. Электроника для системы охлаждения TPC изготовлена и испытывается.

Электроника считывания (FEE) и система считывания данных TPC базируются на специализированных ASIC, FPGA и микросхемах для высокоскоростных линий связи. Каждая из 62 карт (FEC) имеет 64 канала регистрации и отдельный двунаправленный интерфейс связи со своим контроллером (2,5 Гбит/с). FEC работают параллельно, обеспечивая общую пропускную способность до 100 Гбит/с. Каждая FEC имеет две специализированные микросхемы ASIC «SAMPA» (всего их 1488), разработанные группой электроники USP Brazil совместно с ЦЕРН для модернизации эксперимента ALICE и выполненные по радиационно стойкой технологии (TID ~ 100 крад). Использование микросхем SAMPA на FEC-картах позволило значительно уменьшить их геометрический размер и радиационную длину ($X/X_0 \sim 3\%$). FPGA Altera Cyclon-5, используемая для чтения данных с двух

микросхем SAMPA, является коммерческой микросхемой. С учетом радиационной уязвимости FPGA данного класса к SEE (Single Event Error) в МИФИ разрабатывается радиационно стойкий ASIC (65 nm CMOS process) для ее замены в будущем. Заявленная разработчиком суммарная ионизационная доза составит ~ 100 Мрад. Прототип FPGA сдан в производство (Eurogractice) в ноябре 2020 г.

Сборка и инфраструктура TPC. В начале 2022 г. планируется завершить изготовление серийной электроники считывания, установить ROC-камеры в TPC и протестировать TPC на космических лучах. В марте 2022 г. запланирована перевозка TPC в экспериментальный зал MPD, далее — установка TPC в MPD, юстировка и завершающий этап — тестирование установки MPD на космических лучах, начиная с августа 2022 г.

Времяпролетная система (TOF) является базовой системой идентификации заряженных адронов в MPD. В начальной конфигурации TOF будет представлена как цилиндр длиной около 6 м и диаметром 3 м, собранный из 28 модулей. Помимо самих модулей, каждый из которых имеет 10 субдетекторов на основе многозачерных резистивных плоских камер (МРПК), TOF включает в себя и сервисные подсистемы. Система TOF должна быть введена в эксплуатацию в начале 2022 г.

Многозачерные резистивные плоские камеры (МРПК). Каждый модуль TOF состоит из 10 идентичных МРПК с 24 каналами считывания. Окончательный вариант МРПК изготовлен из коммерческого флоат-стекла толщиной 280 мкм. Он имеет 15 газовых промежутков шириной 200 мкм и обеспечивает временное разрешение 50 пс. Производство 280 МРПК будет завершено в июне, а 28 модулей TOF будут готовы к декабрю 2022 г. Испытания модулей TOF продолжаются с начала 2020 г. на космических лучах на разработанном для этой цели тестовом стенде.

Система считывания и сбора данных для систем MPD TOF и FFD разработана на базе времяцифрового преобразователя VME64x VXS TDC72VHLv4 с микросхемой HPTDC. Он используется для оцифровки LVDS-сигналов с временем дискретизации 24,4 пс. TDC72VHLv4 обеспечивает возможность точной временной синхронизации с использованием технологии White Rabbit с другими устройствами. Общее количество TDC, необходимое для MPD TOF, составляет 196 (14 модулей на каждый из 14 крейтов VME). Все крейты VME были куплены и доставлены в ОИЯИ. Модули TDC72VHLv4 изготовлены в нужном объеме, проведено тестирование и калибровка считывающей электроники.

Электромагнитный калориметр (ECal) предназначен для идентификации частиц, измерения потока фотонов и реконструкции некоторых распадов с участием фотонов. Крупногабаритный (длиной 6 м и диаметром 4,5 м) цилиндрический электромагнитный калориметр перекрывает центральную область

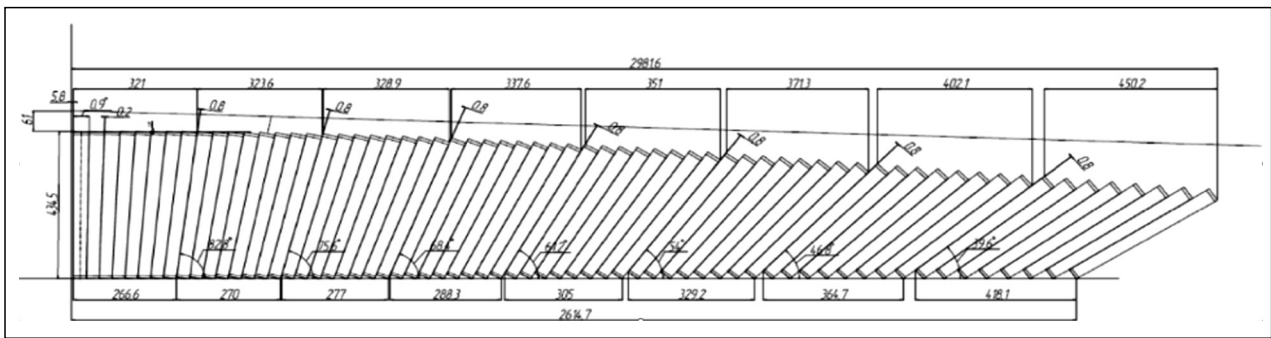


Рис. 3. Схема расположения башен в полусекторе электромагнитного калориметра с проективной геометрией

псевдобыстрот $|\eta| < 1,2$ и имеет проективную геометрию, в которой ось каждой башни направлена на зону пересечения пучков. Схема расположения башен в таком калориметре показана на рис. 3.

К настоящему времени компании «Полипак» в Дубне и «Унипласт» во Владимире произвели 10 млн сцинтилляционных пластин — это 100% от общей потребности ECal. Производство модулей калориметра налажено на двух предприятиях («Тензор» в Дубне и ИФВЭ в Протвино). Первый заказ, составляющий 40% квоты ОИЯИ и 15% от полного количества модулей в калориметре, был размещен в 2020 г. на этих предприятиях. Ведется производство второй части заказа. Всего до конца 2022 г. будет изготовлено 800 модулей, что позволит собрать 8 (из 25) полных секторов калориметра.

Производство модулей для еще 8 секторов начато в Китае. Наиболее существенная часть материалов поставляется из ОИЯИ. Участки сборки развернуты в 4 институтах. Произведены первые опытные образцы модулей калориметра, ведутся их испытания. К последнему кварталу 2022 г. ожидается окончание производства 800 модулей в Китае.

Геометрически ECal состоит из 25 секторов или 50 полусекторов. Каждый полусектор (рис. 4) содержит 48 модулей восьми различных типов, которые вклеены в контейнер (корзину) из стеклопластика, а также соответствующую электронику считывания и управления, и весит около 1,5 т. Расчеты показывают, что деформация полусектора под собствен-

ным весом не превысит 0,5 мм при всех возможных ориентациях в пространстве. Согласно подписанному контракту все 52 корзины планируется получить к июню 2022 г.

Электроника считывания и управления была разработана в ОИЯИ, массовое производство ее завершено в ноябре 2021 г. В настоящее время большие усилия группы ECal сосредоточены на разработке инновационной системы для установки и замены электроники калориметра без демонтажа самого калориметра.

Для контроля качества выпускаемых модулей и выполнения первоначальной калибровки детекторов разработан специальный стенд, позволяющий одновременное тестирование 12 модулей ECal на космических мюонах. Введено в эксплуатацию 8 таких стендов (для 8 различных типов модулей) с общей производительностью 96 модулей (или 2 полусектора) за каждые 2 недели, что позволит протестировать все модули ECal в течение одного года.

Эксперимент BM@N

Коллаборация BM@N включает 230 физиков и инженеров из 19 институтов и 10 стран. Целью эксперимента является исследование динамики реакций и изучение свойств адронов в плотной ядерной материи во взаимодействиях выведенных пучков нуклотрона с фиксированными мишенями [2, 3]. В рамках проекта также ведется исследование структуры ядер на малых межнуклон-

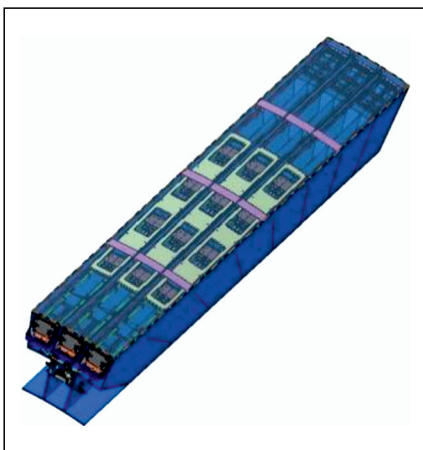


Рис. 4. Корзина ECal с электроникой

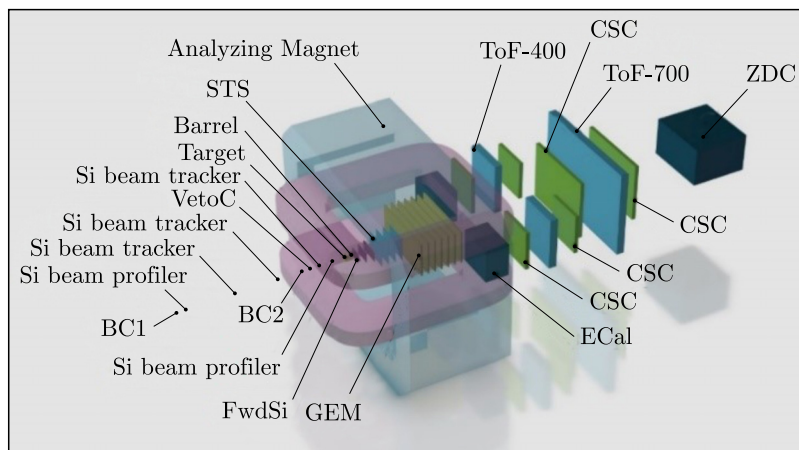


Рис. 5. Полная конфигурация детекторов BM@N для исследования взаимодействий тяжелых ядер

ных расстояниях [4]. Продолжается разработка и изготовление детекторов для полной конфигурации BM@N [5] (рис. 5). Статус создания основных компонентов для программы тяжелых ионов следующий:

- трековые детекторы и профилометры пучка Silicon Beam Tracker изготовлены, их монтаж и ввод в эксплуатацию планируются весной 2022 г.;

- изготовлены передние кремниевые детекторы FwdSi для центральной трековой системы; детекторы уже использовались в сеансах на пучках C, Ag, Kp; их монтаж и ввод в эксплуатацию будет завершен весной 2022 г.;

- система кремниевых детекторов большой апертуры STS для центральной трековой системы разрабатывается совместно в институтах России (ОИЯИ, МГУ) и Германии (GSI/FAIR, Тюбинген); планируется разработка и установка двух пилотных станций STS (из четырех) для физического сеанса BM@N в 2023 г.;

- ввод в эксплуатацию полной конфигурации STS планируется после 2023 г.;

- детекторы GEM для центральной трековой системы произведены в ЦЕРН с участием сотрудников BM@N и уже протестированы; их монтаж и ввод в эксплуатацию будет проведен весной 2022 г.; реализуется контракт на производство быстрой электроники считывания (чипы VMM3a) (вклад Германии);

- детекторы триггера и стартового сигнала TO для системы времени пролета будут готовы к весне 2022 г., к началу монтажа и ввода в эксплуатацию;

- четыре катодные стриповые камеры CSC внешней трековой системы для экстраполяции треков в систему ToF-400 готовы, первую большую камеру CSC для экстраполяции треков в систему ToF-700 планируется изготовить весной 2022 г., вторую камеру — в конце 2022 г.;

- углепластиковая вакуумная труба внутри BM@N и мишенная станция будут изготовлены и испытаны к весне 2022 г.;

- алюминиевая вакуумная труба перед мишенью и детекторные боксы готовы;

- новый передний адронный калориметр ZDC уже установлен в BM@N, годоскоп перед калориметром планируется установить весной 2022 г.

Реализация программы BM@N по физике пучков тяжелых ионов начнется в апреле–мае 2022 г. с пучком ионов Xe кинетической энергии до $3,9 \text{ A} \cdot \text{ГэВ}$. За 800 ч сеанса будет набрана статистика до $2 \cdot 10^9$ взаимодействий Xe с мишенью CsI. Весной 2023 г. выполнение физической программы будет продолжено с более тяжелыми ионами с целью набора статистики до $2 \cdot 10^9$ взаимодействий (Au + Au или Bi + Bi).

Проект SPD

В январе 2021 г. на заседании Программно-консультативного комитета по физике частиц был представлен концептуальный проект Spin Physics Detector, а вскоре был сформирован DAC SPD и проведены несколько детальных обсуждений проекта с целью подготовки TDR. Достигнут значительный прогресс в формировании международной коллаборации, интерес к участию в которой проявили более 300 ученых из 32 институтов 14 стран. Были созданы и начали свою работу EB, TB и другие структуры. Принята конституция коллаборации, готовятся MoU, проведено 2 коллаборационных совещания. Активно ведется разработка физической программы будущего эксперимента [6–9].

Подготовлен первый вариант технического проекта детектора (рис. 6), в котором рассмотрены две опции соленоидальной магнитной системы SPD, основанные на технологиях, развиваемых в ЛФВЭ ОИЯИ и ИЯФ (Новосибирск).

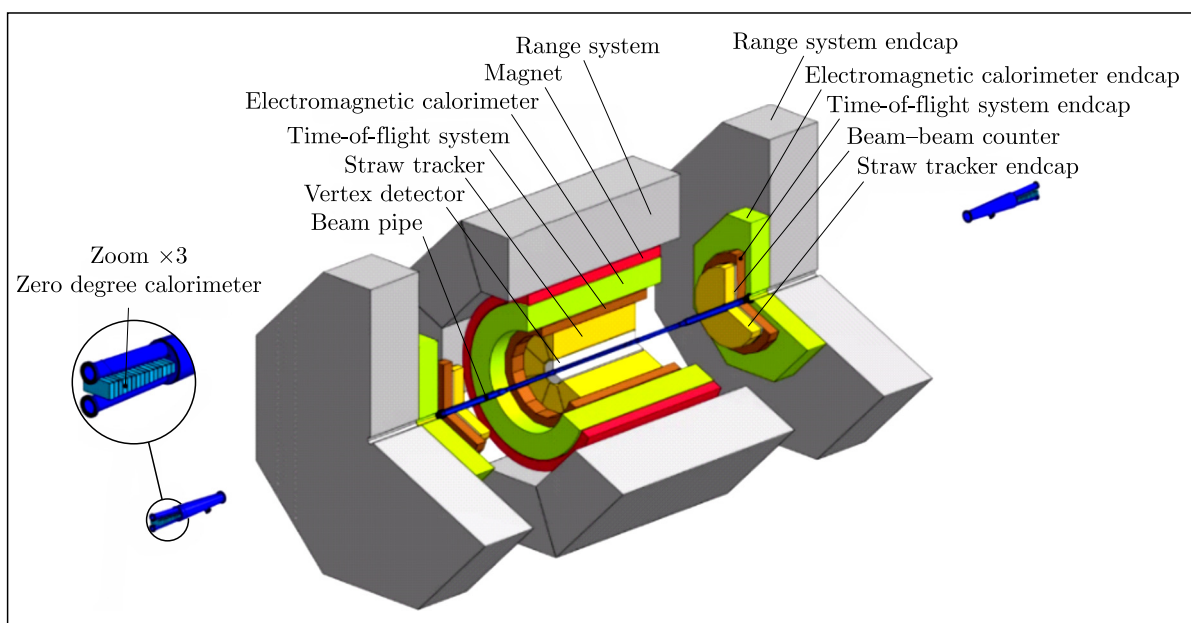


Рис. 6. Обновленная конфигурация детектора SPD

Идет создание прототипа мюонной системы для тестовых пучков нуклотрона: изготовлены около 100 детекторов мини-дрейфовых трубок, подготовлена аналоговая электроника, разработана и изготовлена новая цифровая электроника. Общее количество каналов считывания информации полностью укомплектованного прототипа равно 1300.

Доработан дизайн электромагнитного калориметра с учетом изменений в магнитной системе SPD. Создан и испытан на стенде с космическими лучами новый прототип модуля калориметра. Изготовлен прототип DSSD сенсора для вершинного детектора, в котором используется 6" FZ-Si подложка с чувствительной областью 93×63 мм. Запланировано проведение серии испытаний с его применением.

В рамках R&D по созданию трековой системы координатные строу-детекторы, а также электроника были подготовлены и испытаны в тестовой зоне SPD. Ведутся переговоры с группой из Saclay (Франция) об их участии в создании камер Microtegas, которые предназначены для вершинного детектора на втором этапе эксперимента.

В 2021 г. совместно с ИТЭФ были испытаны сцинтилляционные прототипы для подпроекта SPD BBC (beam-beam counter) с двумя видами регистрирующей электроники: с функцией TOT и разработанной для эксперимента DANSS.

В ходе создания тестовой зоны SPD разработаны и изготовлены 2 мишенные станции для размещения мишеней и детекторов в общем вакуумном объеме канала выведенного пучка, созданы 2 экспериментальных домика, ведутся работы по созданию детектирующей и метрологической аппаратуры для низкоэнергетичного и высокоэнергетичного каналов.

Разрабатывается новая концепция бестриггерной/поточковой системы сбора данных. Прорабатывается возможность разработки специализированной электроники на основе FPGA/ASIC и использования коммерчески доступных, промышленных сетевых решений.

В течение 2021 г. проводилась разработка методов онлайн-фильтрации событий, алгоритмов быстрой онлайн-реконструкции событий, моделирования и оффлайн-обработки данных (как на этапе проектирования установки, так и при проведении эксперимента).

Изучение поляризационных явлений и спиновых эффектов на ускорительном комплексе «Нуклотрон-М»

В рамках работ по развитию инфраструктуры спиновых исследований на нуклотроне и других комплексах был заключен и выполнен договор с НТЛ «Заряд» (Новосибирск) по разработке системы управления поляризацией протонов в коллайдере NICA для двух конфигураций режима спиновой прозрачности, а также договор с МФТИ (Долгопрудный) о постановке эксперимента по поиску электрического дипольного момента (ЭДМ) протонов в коллайдере NICA в режиме спиновой прозрач-

ности. Проведено согласование магнитной структуры соленоидов и коллайдера, выполнены расчеты мощности резонатора, разработана система управления поляризацией протонов [10] и компенсации ошибок, проведено численное моделирование спиновой динамики протонов.

Продолжается проработка концепции сверхпроводящего соленоида с постоянным магнитным полем до 6 Тл и длиной 1 м, который позволит реализовать режим работы коллайдера с поляризованным пучком протонов с энергией до 1,6 ГэВ. В 2022 г. совместно с НТЛ «Заряд» и МФТИ планируется разработка спинового навигатора для управления поляризацией протонов во всем диапазоне энергий коллайдера на целых спиновых резонансах с учетом синхротронной модуляции энергии [11], будут выполнены работы по оптимизации параметров оптики коллайдера NICA для максимального усиления ЭДМ-сигнала, начнется разработка 3D-навигатора на базе существующих корректирующих магнитных элементов коллайдера.

В проекте **АЛПОМ-2** был проведен анализ ранее накопленного на поляризованном нейтронном пучке материала по реакции перезарядки $dp \rightarrow (pp)n$ при $1,75 \text{ А} \cdot \text{ГэВ}/\text{с}$ на спектрометре СТРЕЛА [12]. План группы по продолжению эксперимента был поддержан ПКК по физике частиц, он обеспечит лидерство ОИЯИ в области поляриметрического оборудования и исследований. Завершаются работы по оснащению установки АЛПОМ-2 новыми дрейфовыми камерами и широкоапертурным адронным калориметром.

Подготовлено предложение нового проекта «Search for Polarized Phenomena at Nuclotron (**SPPN**)», основанного на полученных ранее результатах по поиску высокоимпульсной асимптотики спиновых наблюдаемых связанной np -пары и исследованию свободной L-поляризованной np -пары в измерениях $\Delta\sigma_{L,T}(np)$. В этой программе предлагаются также новые актуальные исследования спиновой структуры np -взаимодействий. Реализация проекта SPPN потребует оснащения поляризованной протонной мишени криостатом и ВТСП-магнитами для поворота спинов протонов мишени из горизонтального состояния (L) в вертикальное (T), и создания вершинного детектора.

В рамках проекта **DSS** получены [7, 13] угловые зависимости дейтронных анализирующих способностей A_y , A_{yy} и A_{xx} упругого dp -рассеяния при энергиях дейтронов в интервале 400–1300 МэВ на внутренней мишени и угловые зависимости A_y реакции квазиупругого pp -рассеяния при энергиях 200–650 МэВ/нуклон.

Завершается модернизация и настройка спектрометра **HyperNIS** для поиска гиперядер (${}^6_{\Lambda}\text{H}$). Успешно идет работа по созданию более эффективной программы трекинга и определения импульса частиц. В рамках совместного проекта с экспериментом Short Range Correlations (SRC) ведутся расчеты и поиск оптимальных технических решений для размещения соответствующих детекторов.

УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ВНЕШНИХ УСКОРИТЕЛЯХ

Эксперименты на Большом адронном коллайдере

ALICE. Главные усилия группы ОИЯИ в анализе данных и физическом моделировании были сконцентрированы на изучении фемтоскопических корреляций и рождении векторных мезонов в ультрапериферических Pb–Pb-столкновениях [14, 15]. Кроме того, сотрудники продолжали участвовать в поддержании и развитии GRID–ALICE анализа в ОИЯИ.

В ходе 1D- и 3D-анализов фемтоскопических корреляций пар тождественных заряженных каонов в Pb–Pb-взаимодействиях при с.ц.м. энергии $\sqrt{s_{NN}} = 5,02$ ТэВ были исследованы зависимости радиусов источников излучения каонов от множественности событий и поперечных импульсов пар. Впервые показано (рис. 7), что время эмиссии каонов уменьшается в три раза в периферических взаимодействиях по сравнению с центральными.

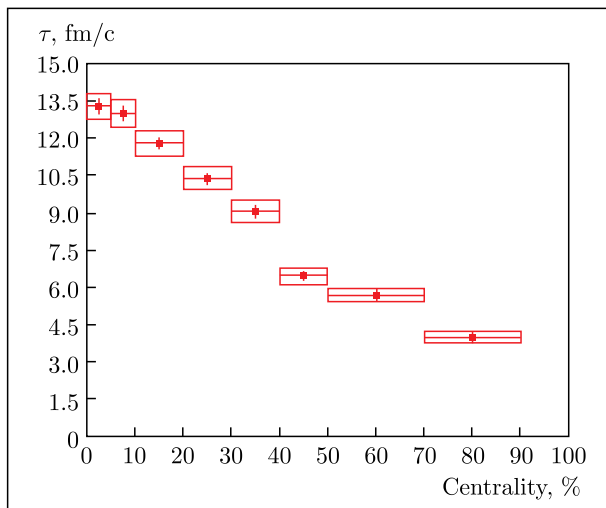


Рис. 7. Время излучения каонов при разной степени центральности

Продолжался анализ событий с когерентным фоторождением только четырех пионов ($\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$) в ультрапериферических Pb–Pb-соударениях при 5,02 ТэВ. Предварительные результаты показывают, что наилучшее описание спектра инвариантной массы четырех пионов получается с использованием двух функций Брейта–Вигнера и учетом интерференции между ними. При этом резонансные состояния имеют массы, близкие к табличным, $\rho(1450)$ и $\rho(1700)$.

Опубликованы результаты описания трехкомпонентной модели спектров поперечных импульсов и отношений выходов адронов, образующихся в pp - и Pb–Pb-столкновениях при различных энергиях LHC [16].

ATLAS. После завершения обработки данных Run-2 для поиска и измерения свойств бозона Хиггса, распадающегося на пару b -кварков при ассоциированном рождении с электрослабыми векторными бозонами V (W или Z), был начат комбинированный анализ, объединяющий $VH(\rightarrow bb)$ процесс, где продукты распада бозона Хиггса реконструируются как две отдельные струи или одна струя большого радиуса, и $VH(\rightarrow cc)$ процесс с распадом бозона Хиггса на c -кварки.

Проводилась настройка параметров генератора Монте-Карло MadGraph для процессов $tt + 0, 1, 2$ струи в первом порядке теории возмущений в КХД с использованием генераторов MadGraph5_aMC@NLO + Pythia8 и схемы сшивки FxFx для энергии pp -столкновений 13 ТэВ: энергетического масштаба сшивки μ_Q , константы сильной связи α_S , а также параметров, описывающих партонные ливни в номинальной модели A14. Полученные результаты согласуются с данными экспериментов ATLAS и CMS, а также с предсказаниями генераторов Powheg + Pythia8.

CMS. На полной статистике Run-2 LHC в 140 fb^{-1} группой ОИЯИ проводился поиск сигналов за рамками Стандартной модели (СМ) и проверка ее предсказаний [17–21]. В результате получены наиболее сильные в настоящее время ограничения на массы гипотетических частиц и другие параметры сценариев новой физики. Так, в канале с парой лептонов установлены верхние пределы на отношение сечений рождения новых резонансов со спином 1 и спином 2 к сечению рождения калибровочного бозона СМ Z^0 . Полученные результаты интерпретированы в контексте моделей расширенного калибровочного сектора СМ — последовательной калибровочной модели (SSM) и одной из моделей Великого объединения (ТВО), обусловленной теорией струн (ψ -модель). Нижние пределы на массы новых калибровочных бозонов составили 5,15 (4,56) ТэВ/ c^2 для модели Z'_{SSM} ($Z'\psi$) (рис. 8). В рамках ряда моделей новой физики наблюдаемые верхние пределы на сечения резонансов со спином 1 были преобразованы в пределы на обобщенные константы связи Z' с кварками первого поколения. Массы возбужденных гравитонных состояний со спином 2 модели дополнительных измерений Рэндалл–Сандрума ограничены значениями 2,47–4,78 ТэВ/ c^2 в зависимости от константы связи модели $k/M_{Pl} = 0,01–0,1$.

В рамках упрощенной модели темной материи получены пределы на массы дираковских частиц темной материи m_{DM} и переносчика взаимодействия m_{Med} со спином 1. Масса переносчика огра-

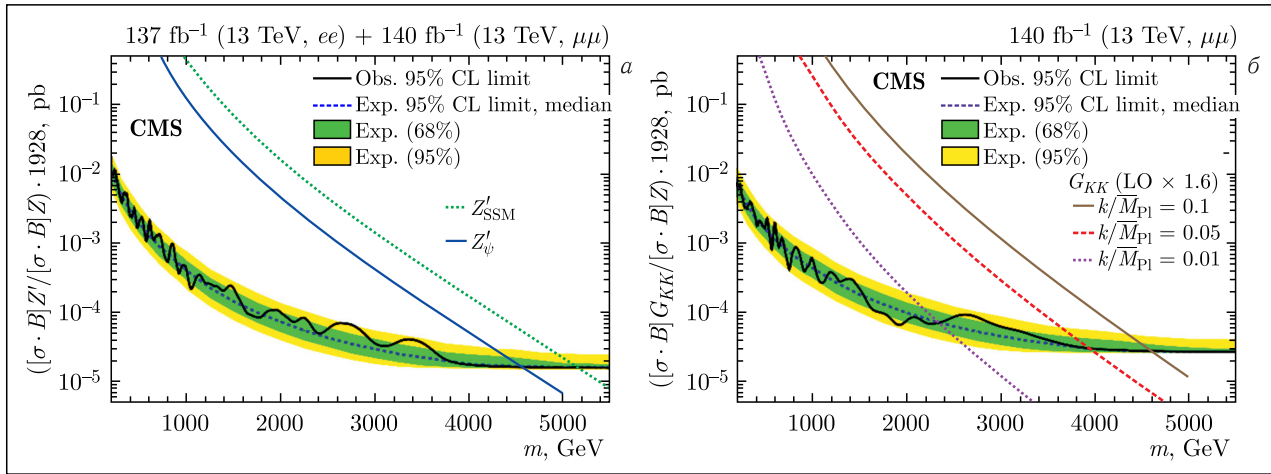


Рис. 8. Модельно-независимый верхний предел (95%-й уровень достоверности) на сечение рождения пар лептонов (черная сплошная линия), нормированное на сечение рождения Z^0 -бозона, для случая резонансов со спином 1 (а) и спином 2 (б). Также приведены теоретические предсказания для сечений рождения новых калибровочных бозонов (модели SSM и Z'_ψ) и KK -состояния гравитона для разных констант связи сценария многомерной гравитации RS1

ничена снизу значением 1,92 (4,64) ТэВ/ c^2 в случае векторного (аксиально-векторного) переносчика с малым (большим) значением константы связи с лептонами. При $m_{DM} = 0$ массовые пределы составляют 1,04 (3,41) ТэВ/ c^2 .

В 2021 г. группа ОИЯИ участвовала в испытаниях CSC на тестовом пучке на установке GIF++ в ЦЕРН. Тесты проводились на выведенном мюонном пучке H4 SPS с гамма-источником GIF++ Cs137 интенсивностью 12 ТБк. Изучались особенности работы камер в условиях высокого фона и с газовыми смесями с различным содержанием CF4. Был подготовлен и одобрен проект «Модернизация детектора CMS» для работы в условиях высокой светимости HL-LHC. Главные задачи проекта состоят в создании калориметра высокой гранулярности (HGCAL) и модернизации передней мюонной станции ME1/1. Начато производство панелей охлаждения HGCAL, а в 2022 г. будет продолжено создание системы тестирования активных элементов HGCAL.

Эксперименты на протонном синхротроне в ЦЕРН

COMPASS. Группа ОИЯИ внесла существенный вклад в подготовку установки и набор данных по программе измерений полуинклюзивных процессов с использованием поляризованной дейтериевой мишени и пучка мюонов с энергией 190 ГэВ, включая поддержку адронного калориметра, системы координатных детекторов, а также DAQ.

При анализе данных проводилось исследование поперечности путем измерения поляризации Λ -гиперонов, образующихся в процессах полуинклюзивного глубоконеупругого рассеяния от поперечно-поляризованных протонов [22]. В пределах экспериментальных неопределенностей не найдено существенного отклонения измеренной величины поперечности от нуля. При изучении спин-экзотической амплитуды $J^{PC} = 1^{-+}$ при однократной

дифракционной диссоциации пионов 190 ГэВ/ c на $\pi^- \pi^- \pi^+$ с использованием водородной мишени [23] была подтверждена амплитуда $\pi_1(1600) \rightarrow \rho(770)$, которая влияет на нерезонансную амплитуду 1^{-+} . Полученные результаты согласуются с основными предположениями изобарной модели для $J_{PC} = 1^{-+}$ амплитуд.

NA61/SHINE. На установке NA61/SHINE были выполнены измерения двойных дифференциальных спектров и средней множественности $\Xi(1530)^0$ и анти- $\Xi(1530)^0$ резонансов, рожденных в неупругих pp -взаимодействиях [24] на SPS в ЦЕРН при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 17,3$ ГэВ. Отношение $\Xi(1530)^0$ /анти- $\Xi(1530)^0$ в центральной области быстрот оказалось равным $0,54 \pm 0,07 \pm 0,08$. Теоретические расчеты в рамках EPOS дают близкие значения, но есть расхождение при сравнении с предсказаниями URQMD и адрон-резонансной газовой модели в канонической формулировке.

Группа ОИЯИ ответственна за модернизацию времяпролетной системы установки на основе многоазорной резистивной плоской камеры (МРПК) с аналоговым считыванием, разработанной в ЛФВЭ. В 2021 г. было завершено массовое производство МРПК [25]. Совместно с коллегами из ФИАН были проведены испытания МРПК, показавшие временное разрешение $(51,0 \pm 0,9)$ пс, что удовлетворяет требованиям эксперимента.

NA62 (NA48/2). Эксперимент NA62 в ЦЕРН посвящен изучению очень редкого распада заряженного каона на заряженный пион, нейтрино и антинейтрино. В рамках этого эксперимента группы ОИЯИ и ЦЕРН совместно несут ответственность за работу магнитного спектрометра NA62 и за разработку всего программного обеспечения.

Поиски распада $K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ e^+$, нарушающего лептонное число, и распадов $K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^- e^+$ и $\pi^0 \rightarrow \mu^- e^+$, нарушающих сохранение лептонного аромата, были выполнены [26] с использованием дан-

ных, собранных в эксперименте 2017–2018 гг. Получены верхние пределы их вероятностей с доверительной вероятностью 90%: $\text{Br}(K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ e^+) < 4,2 \cdot 10^{-11}$, $\text{Br}(K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^- e^+) < 6,6 \cdot 10^{-11}$ и $\text{Br}(\pi^0 \rightarrow \mu^- e^+) < 3,2 \cdot 10^{-10}$. Результаты улучшены на порядок по сравнению с предыдущими для этих мод распада.

Предварительные результаты анализа распада $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu \gamma$, основанные на данных NA62, были доложены на конференции [27]. Готовится публикация.

В 2022 г. будет выполняться анализ данных, собранных в 2014–2021 гг., для изучения следующих распадов: $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- \mu^+ \nu$, $K^+ \rightarrow \mu^+ \mu^- \mu^+ \nu$, $K^+ \rightarrow e^+ e^- \mu^+ \nu$, $K^+ \rightarrow \mu^+ \mu^- e^+ \nu$, $K^+ \rightarrow e^+ e^- e^+ \nu$, $K^+ \rightarrow \pi^+ e^- e^+ \gamma$. Будет выполнена работа по поиску сигнатур легкого сгледстино. Строу-детектор спектрометра NA62 будет обслуживаться группой ОИЯИ во время следующего сеанса набора данных NA62. Калибровки модулей строу и всего детектора, система DAQ, а также моделирование и анализ экспериментальных данных будут улучшены.

NA64. Группа ОИЯИ, участвующая в эксперименте NA64, отвечает за разработку, создание и эксплуатацию координатных трековых детекторов на основе тонкостенных дрейфовых трубок, принимает участие в создании математического обеспечения для их онлайн-мониторинга, моделирования и реконструкции, а также в реконструкции и анализе экспериментальных данных по поиску темного фотона. К сеансу 2021 г. установка была существенно модернизирована при поддержке целевого гранта Российской Федерации и финансовом участии ОИЯИ. Строу-детекторы с рабочей зоной 20×20 см, одни из основных элементов трековой системы, были оснащены новой электроникой, что позволило существенно снизить шумы, уменьшить пороги и повысить их эффективность. Для мюонной программы в ОИЯИ были изготовлены семь новых дрейфовых строу-камер размером 60×120 см.

В двух сеансах 2021 г. было набрано $\sim 7 \cdot 10^{10}$ событий для поиска рождения темного фотона A'

в невидимой моде распада при энергии пучка электронов 100 ГэВ [28] и $6 \cdot 10^9$ событий по программе поиска темного Z' -бозона, возможного кандидата для объяснения $(g-2)_\mu$ -аномалии [29], ведется их обработка и анализ. Группой ОИЯИ были введены в эксплуатацию две новые станции строу-детекторов большого размера, работающих совместно с адронными калориметрами.

Эксперименты на коллайдере RHIC

Участие ОИЯИ в проекте STAR нацелено на изучение свойств ядерной материи при экстремальных плотностях и температурах и фазовых переходах при столкновениях тяжелых ионов в широком диапазоне значений энергии на коллайдере релятивистских тяжелых ионов (RHIC). В программу исследований также входит изучение структурных функций кварков и глюонов при столкновениях продольно- и поперечно-поляризованных протонов.

В 2021 г. был проведен заключительный сеанс по программе BES II сканирования энергии в диапазоне 3–200 ГэВ. Это дает возможность изучать фазовую диаграмму ядерной материи в широком диапазоне температур $T_{\text{ch}} = 60\text{--}160$ МэВ и барионных плотностей $\mu_B = 25\text{--}720$ МэВ. В центральных Au + Au-соударениях было обнаружено немонотонное изменение величины произведения коэффициента эксцесса и дисперсии распределения числа «чистых» протонов с изменением энергии столкновения со значимостью $3,1\sigma$ [30].

Впервые измеренная в центральных Au + Au-столкновениях при $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ поляризация Ξ - и Ω -гиперонов [31] находится в разумном согласии с многофазной транспортной моделью (АМРТ). Продолжались исследования спиновых эффектов и структурных функций партонов (PDF). Хотя PDF стали более точными, все еще существуют кинематические области, в которых требуется больше данных: через измерение отношения сечений рождения векторных бозонов W^+/W^- были установлены ограничения на PDF для морских кварков d^-/u^- [32].

СОБЫТИЯ

15 января состоялось третье заседание комитета по анализу затрат и графика исполнения работ по проекту «Комплекс NICA», сформированного по решению Комитета полномочных представителей правительств стран-участниц ОИЯИ. Комитет отметил впечатляющий прогресс в реализации проекта в сложившихся сложных условиях мировой пандемии COVID-19, в частности ввод в эксплуатацию бустера, установку элементов магнита MPD, создание комплекса энергоподстанций, прогресс в создании новой криогенно-компрессорной станции.

19–20 апреля в Дубне состоялось 7-е коллаборационное совещание VM@N. Было представлено свыше 40 докладов, обсуждался ход работ по созданию детекторов и планы модернизации установки.

21–23 апреля в смешанном режиме было проведено 7-е коллаборационное совещание MPD. В нем приняли участие более 190 ведущих ученых, студентов и инженеров со всего мира — от Китая до Мексики. За три дня пленарных заседаний было представлено почти 50 докладов, посвященных созданию детекторных систем MPD и физическим анализам.

15–16 сентября в ЛФВЭ состоялся Международный круглый стол по прикладным исследованиям и инновациям на комплексе NICA, в котором приняли участие около 300 исследователей из 19 стран. Был принят меморандум круглого стола. В нем участники мероприятия отметили существенный интерес научного сообщества к вопросам организации прикладных исследований на выведенных пучках комплекса NICA и выразили свое мнение по ряду стратегических вопросов о дальнейшем развитии работ. Для последующей проработки обозначенных инициатив руководством проекта NICA сформирован экспертный комитет по прикладным исследованиям и инновациям на каналах ARIADNA (Applied Research Infrastructure for Advanced Developments at NICA fAcility).

3–8 октября в Дубне проходило 8-е рабочее совещание коллаборации BM@N, которое собрало

около ста участников из ведущих научных центров, представивших 40 докладов.

12–14 октября состоялось 8-е коллаборационное совещание МРД, проходившее в режиме видеоконференции и собравшее более 150 онлайн- и офлайн-участников из 15 стран.

16–17 ноября состоялось 4-е заседание комитета по анализу затрат и графика исполнения работ по проекту «Комплекс NICA», отметившего существенные достижения в запуске бустера, завершении строительных работ и создании криогенных систем. Комитет также предложил пересмотреть сроки и перенести запуск базовой конфигурации комплекса на конец 2023 г.

19 ноября на 7-м заседании наблюдательного совета проекта NICA были согласованы новые сроки реализации проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Butenko A. et al.* The NICA Complex Injection Facility // Proc. of the 27th Russ. Particle Accel. Conf. RuPAC2021, Alushta, Russia, 2021; JACoW Publ.
2. *Guber F. for the BM@N Collab.* Measurements of Centrality in Nucleus–Nucleus Collisions at the BM@N Experiment // Phys. Part. Nucl. 2021. V. 52, No. 4. P. 571–577.
3. *Kapishin M. et al.* Production of Hyperons, Strange Mesons and Search for Hypernuclei in Interactions of Carbon, Argon and Krypton Beams in the BM@N Experiment (Contribution to RFBR Grants for NICA) // Phys. Part. Nucl. 2021. V. 52, No. 4. P. 710–719.
4. *Patsyuk M. et al. (BM@N Collab.)*. Unperturbed Inverse Kinematics Nucleon Knockout Measurements with a 48 GeV/c Carbon Beam // Nature Phys. 2021. V. 17. P. 693–699; 2102.02626 [nucl-ex].
5. *Zinchenko A. et al.* Performance Evaluation of the Upgraded BM@N Setup for Strangeness Production Studies // Phys. Part. Nucl. 2021. V. 52, No. 4. P. 725–729.
6. *Arbuzov A. et al.* On the Physics Potential to Study the Gluon Content of Proton and Deuteron at NICA SPD // Prog. Part. Nucl. Phys. 2021. V. 119. P. 103858; hep-ex/201115005.
7. *Абрамов В.В. и др.* Возможные исследования на начальной стадии работы коллайдера NICA с поляризованными и неполяризованными пучками протонов и дейтронов // ЭЧАЯ. 2021. Т. 52, вып. 6. С. 1392–1529.
8. *Alexakhin V. et al.* On the Study of Antiprotons Yield in Hadronic Collisions at NICA SPD // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18. P. 196–201.
9. *Guskov A. for the SPD Collab.* Spin Physics Detector Project at JINR // PANIC21 Proc.; hep-ex/2110.08930.
10. *Filatov Yu. N., Kondratenko A. M., Kondratenko M. A., Derbenev Y. S., Morozov V. S., Butenko A. V., Syresin E. M., Tsyplakov E. D.* Polarization Control in Spin-Transparent Hadron Colliders by Weak-Field Navigators Involving Lattice Enhancement Effect // Eur. Phys. J. C. 2021. V. 81, No. 11. P. 986.
11. *Filatov Yu. N., Kondratenko A. M., Kondratenko M. A., Vorobyov V. V., Vinogradov S. V., Tsyplakov E. D., Kovalenko A. D., Butenko A. V., Derbenev Ya. S., Morozov V. S.* Hadron Polarization Control at Integer Spin Resonances in Synchrotrons Using a Spin Navigator // Phys. Rev. Accel. Beams. 2021. V. 24, No. 6. P. 061001.
12. *Basilev S. N. et al.* Charge Exchange $dp \rightarrow (pp)n$ Reaction Study at 1.75A GeV/c by the STRELA Spectrometer // Eur. Phys. J. A. 2021. V. 57, No. 4. P. 133.
13. *Volkov I. S. et al.* Analyzing Power in Quasi-Elastic Proton–Proton Scattering at 500 and 650 MeV/nucleon // Proc. of the XXIV Intern. Sci. Conf. of Young Scientists and Specialists (AYSS-2020), Dubna, Nov. 9–13, 2020. AIP Conf. Proc. 2021. V. 2377. P. 030020.
14. *ALICE Collab.* Coherent ρ^0 Photoproduction in Ultra-Peripheral Xe–Xe Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV; arXiv:2101.02581. 2021.
15. *ALICE Collab.* Kaon–Proton Strong Interaction at Low Relative Momentum via Femtoscopy in Pb–Pb Collisions at the LHC // Phys. Lett. B. 2021. V. 822. P. 136708.
16. *Grigoryan S.* A Three Component Model for Hadron p_T -Spectra in pp and Pb–Pb Collisions at the LHC; arXiv:2109.07888. 2021
17. *CMS Collab.* Search for Resonant and Nonresonant New Phenomena in High Mass Dilepton Final States at 13 TeV // JHEP. 2021. V. 07. P. 208.
18. *Zhizhin I. A., Lanyov A. V., Shmatov S. V.* Search for Heavy Neutral Gauge Bosons in the Dilepton Channel in the CMS Experiment at the LHC // Phys. At. Nucl. 2021. V. 84, No. 10. P. 1–5.
19. *Zhizhin I. A., Lanyov A. V., Shmatov S. V.* Searches for New Physics in the Dilepton Channel with the

- CMS Detector at the Large Hadron Collider // Phys. At. Nucl. 2021. V. 84, No. 2. P. 184–189 (Yad. Fiz. 2021. V. 84, No. 2. P. 143–148).
20. *Lanyov A. V., Shmatov S. V., Zhizhin I. A.* Search for a High-Mass Dark Matter Mediator Decaying to Dilepton Final State in the CMS Experiment at the LHC // AIP Conf. Proc. 2021. V. 2377. P. 030009.
 21. *Savina M. V., Seitova D.* Program of Searches with the CMS Detector for Signals from Multidimensional Low-Energy Gravity at the Large Hadron Collider // Phys. At. Nucl. 2021. V. 84, No. 2. P. 190–196 (Yad. Fiz. 2021. V. 84, No. 2. P. 149–155).
 22. *COMPASS Collab.* Probing Transversity by Measuring Λ Polarization in SIDIS. CERN-EP/2021-072; hep-ex/2104/13585.
 23. *COMPASS Collab.* The Exotic Meson $\pi_1(1600)$ with $J^{PC} = 1^{-+}$ and Its Decay into $\rho(770)\pi^{-}$. CERN-EP-2021-162; hep-ex/2108.01744.
 24. *Acharya A. et al.* Measurements of $\Xi(1530)^0$ and Anti- $\Xi(1530)^0$ Production in Proton-Proton Interactions at $\sqrt{s_{NN}} = 17.3$ GeV in the NA61/SHINE Experiment // Eur. Phys. J. C. 2021. V. 81, No. 10. P. 911.
 25. *Tefelski D. et al.* NA61/SHINE Detector Upgrade // Acta Phys. Polon. Suppl. 2021. V. 4, No. 3. P. 579–582.
 26. *NA62 Collab.* Search for Lepton Number and Flavor Violation in K^+ and π^0 Decays // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 127, No. 13. P. 131802.
 27. *Madigozhin D.* New Measurement of Radiative Decays at the NA62 Experiment at CERN // The XXVIII Intern. Conf. on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions (SUSY 2021), Shanghai, China, Aug. 23–28, 2021 (virtual).
 28. *Andreev Yu. M. et al.* Improved Exclusion Limit for Light Dark Matter from e^+e^- Annihilation in NA64 // Phys. Rev. D. 2021. V. 104, No. 9. P. L091701; 2108.04195 [hep-ex].
 29. *Cazzdniga C. et al.* Probing the Explanation of the Muon ($g-2$) Anomaly and Thermal Light Dark Matter with the Semi-Visible Dark Photon Channel. 2107.02021 [hep-ex].
 30. *STAR Collab.* Net-Proton Number Fluctuations and the QCD Critical Point // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 126. P. 92301.
 31. *STAR Collab.* Global Polarization of X, Ξ and Ω Hyperons in Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 126, No. 16. P. 162301.
 32. *STAR Collab.* Measurements of W and Z/γ^* Cross Sections and Their Ratios in $p + p$ Collisions at RHIC // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 012001.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ, АСТРОФИЗИКА

В начале марта 2021 г. в ходе визита министра науки и высшего образования РФ В.Н. Фалькова состоялся официальный ввод в эксплуатацию Байкальского глубоководного нейтринного телескопа **Baikal-GVD** в составе восьми кластеров (2304 оптических модулей). Эффективный объем детектора в задаче регистрации событий от нейтрино высоких энергий (свыше 100 ТэВ) достиг в этом году значения, близкого к 0,4 км³, что делает его крупнейшим нейтринным телескопом Северного полушария. При анализе данных, полученных при работе детектора в конфигурациях 2018, 2019 и 2020 гг., были выделены первые 10 кандидатов на события, инициированные нейтрино высоких энергий астрофизической природы (рис. 1). Выполнен анализ данных, и опубликованы первые результаты поиска событий от нейтрино на детекторе Baikal-GVD, ассоциированных с оповещениями антарктического детектора IceCube [1, 2].

В эксперименте **Daya Bay** зафиксирован окончательный набор данных, полученных в период с 2011 по 2021 г. Происходит подготовка финального осцилляционного анализа данных, завершение которого запланировано к конференции «Нейтрино-2022». Группа ЛЯП ОИЯИ — одна из групп, участвующих в осцилляционном анализе данных эксперимента Daya Bay. Кроме того, в 2021 г. группе ЛЯП ОИЯИ поручена подготовка к публикации данных (data preservation), включающая в себя подготовку формата хранения данных, подготовку данных, публичного кода для их чтения и анализа. Часть этой работы была выполнена в 2021 г.

В эксперименте **JUNO** группа ОИЯИ внесла определяющий вклад в работы, касающиеся реконструкции энергии и вершины взаимодействия антинейтрино в детекторе методом машинного обучения [3]. Начаты работы по проведению оценки чувствительности детектора JUNO к упорядоченности масс нейтрино в данных по взаимодействиям

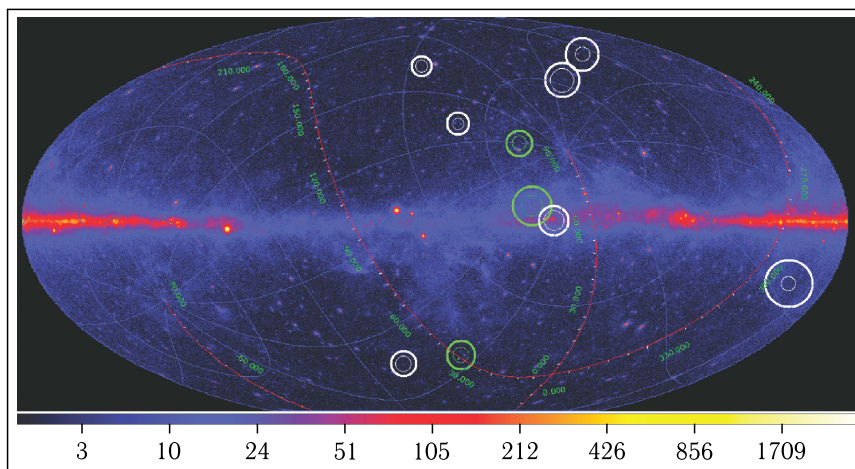


Рис. 1. Положение первых десяти кандидатов на астрофизические нейтринные события в Baikal-GVD на небесной карте с источниками FERMI-LAT в галактической системе координат. Внутренняя и внешняя окружности вокруг событий соответствуют вероятности регистрации 50 и 90%

атмосферных нейтрино, а также по оценке совместной чувствительности экспериментов JUNO и NOvA. Прорабатывается процедура сборки Top Tracker детектора для эксперимента JUNO, идет отладка программного обеспечения системы сбора данных.

В 2021 г. продолжался набор данных в эксперименте **NOvA** с нейтринным пучком. Группа ЛЯП ОИЯИ и институтов РФ в полной мере смогла участвовать в наборе данных благодаря эффективной работе центра удаленного контроля экспериментом NOvA в Дубне, функционирующего с 2015 г. Завершен анализ трехфлэйворных нейтринных осцилляций с экспозицией $13,6 \cdot 10^{20}$ POT (протонов на мишень) с пучком нейтрино и экспозицией $12,5 \cdot 10^{20}$ POT с пучком антинейтрино [4]. Завершен анализ данных по поиску медленных монополей [5], продолжается анализ нового набора данных (по 2021 г. включительно) и работы по обновлению триггера. Подготовлен стенд для измерения вклада черенковского излучения в световыход сцинтиллятора NOvA, и проведены методические исследования.

Данные с детектора **Borexino** были использованы для поиска конверсии солнечных нейтрино в антинейтрино в магнитном поле Солнца. Ограничения на вероятность конверсии (90%-я доверительная вероятность) составили $7,2 \cdot 10^{-5}$ и $8,7 \times 10^{-5}$ для высокой и низкой металличности Солнца соответственно [6]. Проведена предварительная оценка чувствительности детектора Borexino к эффективному магнитному моменту нейтрино, полученный результат ($2 \cdot 10^{-11} \mu_B$, 90%-я доверительная вероятность) близок к значениям, необходимым для объяснений аномалии в данных экспери-

мента XENON1T. Тестируется методика одновременного анализа нескольких фаз набора данных, призванная улучшить предел за счет увеличения статистики и более низкого фона в поздних данных. По результатам анализа в 2022 г. планируется опубликовать статью. Коллаборация Borexino удостоена престижной премии им. Джузеппе и Ванны Коккони Европейского физического общества в области астрофизики и космологии 2021 г. за прорывные исследования в области солнечных нейтрино, обеспечившие уникальное и исчерпывающее доказательство протекания реакций термоядерного синтеза в Солнце в цепи *pp*-реакций и в цикле углеродно-азотных реакций.

В рамках проекта **EDELWEISS** осуществляется поиск новой физики в трех направлениях: продолжение прямого поиска темной материи, прецизионные исследования когерентного рассеяния нейтрино на ядрах вещества (Ricochet) [7], поиск $2\beta 0\nu$ -распада ^{100}Mo с Li_2MoO_4 сцинтилляционными кристаллами, находящимися в криостате EDELWEISS (Cupid-MO) [8]. В 2021 г. в рамках подготовки фазы Ricochet проекта в ILL (Гренобль, Франция) проходило тщательное изучение фоновых условий в выбранном месте проведения эксперимента вблизи исследовательского реактора. ОИЯИ участвует в создании криогенной низкофоновой системы установки (криостат растворения ^3He - ^4He), в отборе низкофоновых материалов, в проведении измерений фона, в создании активной вето-системы. Создание и тестирование новейших детекторов-боллометров (рис. 2) продолжается в условиях криостата EDELWEISS (низкофоновые условия в глубокой подземной лаборатории LSM)

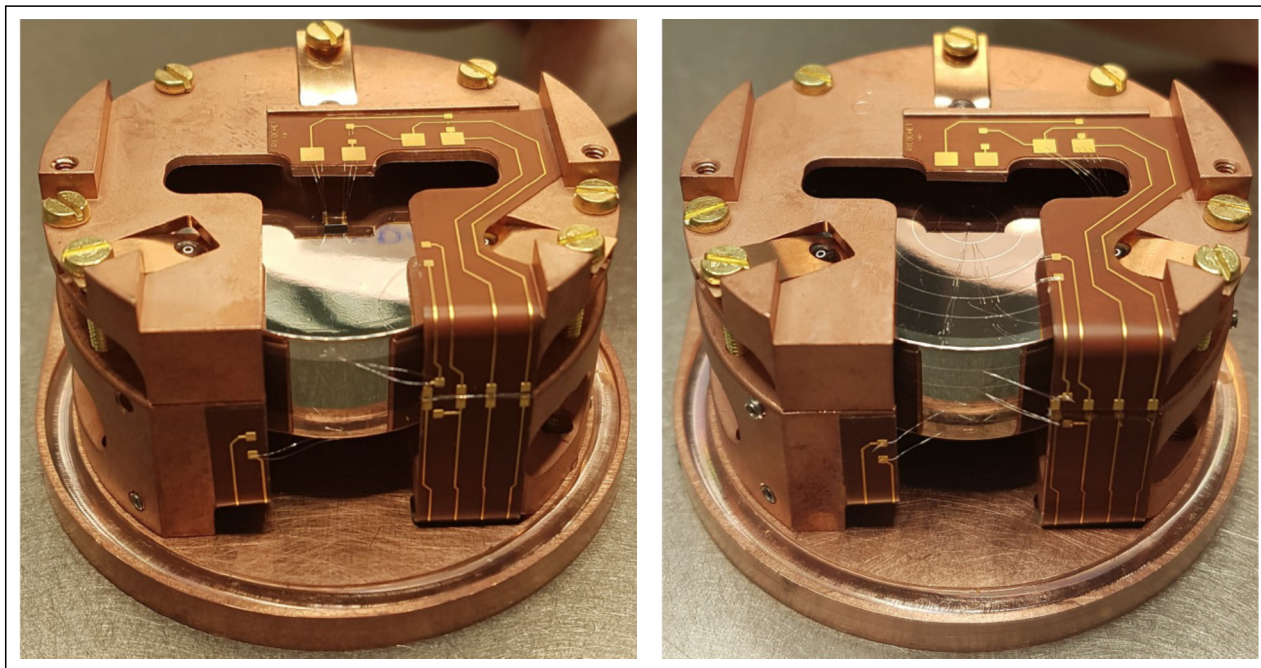


Рис. 2. Планарный (слева) и FED (справа) детекторы-боллометры, разработанные EDELWEISS/Ricochet для поиска темной материи и прецизионного исследования CEvNS

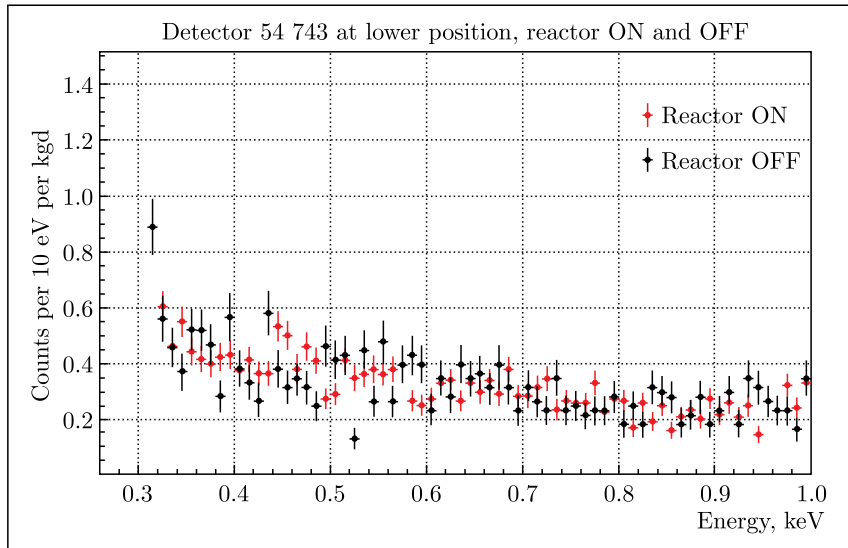


Рис. 3. Сравнение спектров, полученных при работающем и остановленном реакторе

с одновременным поиском легких частиц-кандидатов темной материи. Планируется, что первые результаты измерения CEνNS будут получены в 2024 г.

На сегодня в эксперименте **DANSS** зарегистрировано 5,5 млн реакторных антинейтрино за пять лет, это рекордная статистика в мире. На наибольшей по сравнению с конкурентами части фазового пространства (параметры $\sin^2(2\theta_{14})$, Δm_{14}^2), включая точки лучших фитов реакторной антинейтринной аномалии и эксперимента BEST, исключенных на уровне более 5σ , значимого эффекта осцилляций в стерильное нейтрино не наблюдалось. Осенью 2021 г. был произведен ремонт и обновление электроники спектрометра, что позволит продолжить набор данных в 2022 г. [9]. Также в 2021 г. шла работа по созданию нового спектрометра DANSS-2, осуществлялись НИОКР по оптимизации конфигурации спектрометра DANSS-2 [10].

Эксперимент νGeN направлен на прецизионное изучение электрослабого сектора, поиск новой физики на основе регистрации когерентного рассеяния нейтрино (КРН) на ядрах вещества в области полной когерентности и определения магнитного момента нейтрино на уровне $(5-9) \cdot 10^{-12} \mu_B$. Для детектирования используются специально разработанные низкопороговые германиевые детекторы. В 2021 г. достигнута эффективность регистрации более 80% для сигналов с энергией выше 250 эВ. Сравнение спектров, набранных при остановленном и работающем реакторе, показало идентичный уровень фона и форму фоновых спектров (рис. 3).

Предварительный статистический анализ разностного спектра показал, что в области значений энергии 0,32–0,36 кэВ следует ожидать менее 0,47 отсчетов/(кг·сут) событий от КРН (90%-я доверительная вероятность). Ожидаемое число событий от когерентного рассеяния нейтрино (при параметре модели Линдхарда $k = 0,18$) составляет 0,46 отсчетов/(кг·сут). Набор данных и их

анализ продолжают. Полученные данные были представлены на конференциях TAUP 2021 [11] и Magnificent CEνNS 2021 [12].

В 2021 г. был продолжен анализ данных, накопленных в эксперименте **GERDA** [13, 14]. Также в рамках коллаборации GERDA/LEGEND продолжались подготовительные работы к LEGEND-200. Были выполнены монтаж системы перемещения массива детекторов и его успешное тестирование в криостате, техническое обслуживание и доработка системы черенковского вето, монтаж, испытания и пусконаладочные работы новой системы активного аргонового вето, успешное тестирование нескольких детекторов из обогащенного германия в криостате (проведено под руководством группы ОИЯИ).

В рамках проекта **SuperNEMO** получены результаты методологических исследований по измерению пространственных координат калибровочных источников ^{207}Bi [15]. Опубликованы результаты поиска периодических модуляций скорости двойного бета-распада ^{100}Mo , полученные при анализе данных эксперимента NEMO-3 [2]. На международной конференции NUCLEUS-2021 были доложены результаты исследования двойного бета-распада ^{150}Nd на возбужденные уровни ^{150}Sm . Впервые получен сигнал от $2\nu\beta\beta$ -перехода на 0_1^+ -уровень со значимостью, превышающей 5σ , соответствующий период полураспада составил $T_{1/2} 2\nu\beta\beta(0_1^+) = [1,11_{-0,14}^{+0,19}(\text{стат.})_{-0,15}^{+0,17}(\text{сист.})] \times 10^{20}$ лет.

Целью проекта **MONUMENT** является проведение экспериментальных измерений мюонного захвата на нескольких дочерних по отношению к кандидатам на безнейтринный 2β -распад ядрах. Получаемые результаты очень важны для проверки точности теоретических расчетов ядерных матричных элементов. На базе ОИЯИ были сконструированы и созданы основание для крепления детекторов и система мюонного триггера с мишенью.

В октябре–ноябре 2021 г. осуществлены измерения обычного мюонного захвата на обогащенных изотопах ^{136}Ba и ^{76}Se на мезонной фабрике Института Пауля Шеррера (PSI) в Швейцарии. Получены результаты тестовых измерений твердотельных и газовых мишеней, проведенных в 2019 г. [17]. Начат анализ данных, полученных в измерительной кампании 2021 г. с твердыми мишенями ^{136}Ba и ^{76}Se . Следующий этап измерений планируется на июнь 2022 г. с изотопически обогащенными мишенями ^{100}Mo и ^{96}Mo .

В рамках проекта **T2K** выполнено техническое проектирование основания и платформы для сбора мишени SuperFGD, а также проведены расчеты на сейсмостойкость. Создан прототип электронной платы в стандарте NIM для системы калибровки детектора SuperFGD, который содержит 12 кана-

лов для управления калибровочными светодиодами. Проведено исследование для оценки систематических неопределенностей, возникающих при вычислении импульса мюона или протона по их пробегам в разных модулях детектора ND280. «Импульс по пробегу» вычисляется из длины трека и энергетических потерь в соответствии с определенной гипотезой о типе частицы. Проведено сравнение «импульса по пробегу» с импульсом, определяемым по кривизне трека в TPC, проверена согласованность экспериментальных данных и моделирования. Полученные результаты опубликованы в технической ноте (T2K-TN-433) и предназначены для использования при вычислении систематики при анализе с использованием выборок мюонов, летящих назад или под большим углом по отношению к направлению пучка нейтрино.

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

В рамках проекта **ATLAS** на LHC значительным событием стало начало участия в производстве высокотехнологичных детекторов по технологии MicroMegas (MM) для проекта обновления детектора ATLAS New Small Wheel. В 2017 г. в ОИЯИ была создана площадка сборки частей детектора (квадруплетов) и их транспортировки в ЦЕРН. На сегодня собраны и транспортированы в ЦЕРН все 32 квадруплета, таким образом, ОИЯИ полностью и в срок выполнил свои обязательства перед коллаборацией, несмотря на пандемию. Кроме того, активно ведутся работы по созданию участка полного цикла производства по технологии MicroMegas.

Сотрудники ОИЯИ принимали участие в поиске долгоживущих частиц, остановившихся в объеме детектора ATLAS в режиме работы LHC, когда отсутствовали столкновения протонных пучков. Дальнейший распад этих долгоживущих частиц может создавать адронные струи высоких энергий, приводящих к большим выделениям энергии вне временного окна события в калориметре ATLAS. Был проанализирован набор данных протон-протонных столкновений на LHC при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ в течение 2017–2018 гг. Были поставлены нижние пределы на массу глюино R -адронов с массой более 1,4 ТэВ при времени жизни глюино в интервале 10^{-5} – 10^3 в предположении, что вероятность распада $\text{Br}(\text{gluino} \rightarrow q\bar{q}\chi_1^0) = 100\%$ [18].

Также ОИЯИ принимает участие в исследовании рождения бозона Хиггса Стандартной модели, распадающегося на $b\bar{b}$ -пару, и ассоциировано рожденного с W - или Z -бозоном, распадающимся по лептонному каналу, с помощью данных pp -столкновений, полученных в течение 2015–2018 гг. на LHC при энергии $\sqrt{s} = 13$ ТэВ и соответствующих интегральной светимости 139 fb^{-1} . Наблюдалось рождение бозона Хиггса в

ассоциации с W - или Z -бозоном со статистически значимостями 4,0/4,1 и 5,3/5,1 σ соответственно (ожидаемое/наблюдаемое). Также было измерено сечение как функция поперечного импульса калибровочного бозона. Измеренные значения сечения согласуются с предсказаниями Стандартной модели [19].

В рамках эксперимента **BES-III** проведено наблюдение структуры $Z_{cs}(3985)$ в процессе $e^+e^- \rightarrow K^+(D_s^- D^{*0} + D_s^{*-} D^0)$ при энергии столкновения пучков 4,68 ГэВ [20]. Это состояние было обнаружено в распадах на $D_s^- D^{*0}$ и $D_s^{*-} D^0$ и имело массу около 3,98 ГэВ. Таким образом, это первый кандидат в четырехкварковые состояния со скрытым очарованием и ненулевой странностью; состояние может быть $SU(3)$ -партнером $Z_c(3900)$.

Проведены измерения борновского сечения электрон-позитронной аннигиляции в нейтрон и антинейтрон и эффективного формфактора нейтрона на наборах данных с энергией столкновений от 2,0 до 3,08 ГэВ и суммарной светимостью $647,9 \text{ pb}^{-1}$ [21]. Впервые показано, что эффективный формфактор нейтрона (аналогично формфактору протона) имеет периодическую зависимость от энергии столкновений. Природа данной зависимости остается неизвестной и требует дальнейшего изучения.

Измерены парциальные ширины распада $D_s^+ \rightarrow \tau^+ \nu_\tau$ [22]. На основе данных, набранных при энергиях столкновений 4178–4226 МэВ ($6,32 \text{ fb}^{-1}$), найдено $\text{Br}(D_s^+ \rightarrow \tau^+ \nu_\tau) = (5,27 \pm \pm 0,10 \pm 0,12) \cdot 10^{-2}$. Точность этого измерения в два раза превосходит предыдущие результаты и дает важные ограничения на произведение константы распада $f D_s^+$ и элемента $|V_{cs}|$ матрицы Кабиббо–Кобаяши–Маскавы.

В рамках эксперимента **Mu2e** продолжались исследования радиационной стойкости кристаллов

BaF_2 , чистого и легированных редкоземельным элементом иттрием (Y) в пропорциях 1 ат.% Y, 3 ат.% Y, 5 ат.% Y. Образцы кристаллов были облучены нейтронами на реакторе ИБР-2М с полным потоком около $2,3 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. В результате исследований получено, что после облучения световыход чистого BaF_2 снизился примерно на 8%, при этом потеря световыхода допированных иттрием образцов была в 2 раза выше. Обнаружено, что быстрая компонента в допированных иттрием образцах имеет потерю световыхода на 2–3% выше, чем медленная компонента. Это следует учитывать при использовании быстрой компоненты излучения допированных иттрием кристаллов BaF_2 в условиях высоких радиационных нагрузок [23].

В 2021 г. в рамках эксперимента **COMET** созданы стенды для проверки и исследования свойств строу-трубок, а также продолжено тестирование строу диаметром 5 мм и длиной 0,7 м для будущего прототипа на 64 канала. На прототипе калориметра эксперимента **COMET**, выполненного на длинных $\text{LYSO}:\text{Ce}$ -кристаллах, были проведены измерения неоднородности отклика детектора по длине кристаллов и при углах падения космических мюонов относительно торцевой плоскости кристаллов 9° и 19° , а также дана оценка энергетического разрешения калориметра в зависимости от неоднородности отклика сцинтилляторов по длине и по углу.

В результате были сделаны следующие выводы: распределения неоднородности световыхода по длине, измеренные на источнике и на космических мюонах, имеют одинаковые характеристики, а разрешение калориметра при угле 19° космических мюонов относительно торцевой плоскости кристаллов составляет 6%. Проведенные исследования показали, что при создании калориметра с требуемым разрешением в эксперименте **COMET** на кристаллах LYSO необходимо учитывать неоднородности отклика сцинтилляторов [24–26]. В настоящее время проводится сравнительный анализ полученных данных для определения методики калибровки калориметра.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В марте–мае 2021 г. на LHC впервые была установлена сеть из пяти прецизионных лазерных инклинометров (**ПЛИ**), созданных НЭОМАП ЛЯП: два ПЛИ находятся возле установки ALICE, два ПЛИ — в обходном тоннеле установки CMS и один ПЛИ — в транспортном тоннеле №1. Созданная сеть предназначена для регистрации микросейсмических колебаний с целью определения их воздействия на пучки коллайдера.

В 2021 г. завершены работы по созданию ПЛИ шестого поколения — малогабаритного прецизи-

В 2021 г. сотрудниками ЛЯП ОИЯИ предложен и разработан дизайн **SCRV** вето-системы для центральной части установки эксперимента **COMET**, который получил одобрение коллаборации. Экспериментальные исследования и моделирование показали, что при стандартной технологии изготовления стрипов со светоотражающей поверхностью, получаемой методом травления, очень трудно достичь требуемой эффективности (99,99% на расстоянии 2,5 м от фотодетектора). Предложен и одобрен способ увеличения эффективности за счет уменьшения расстояния между рабочими объемами соседних стрипов, а также изменения производственного процесса путем замены бокового травления на использование майлара, что позволит снизить зазор между соседними стрипами с 500 до 130 мкм. Было проведено моделирование оптимальной толщины алюминиевых пластин, которое показало, что основной слой должен быть не меньше 10 мм, а промежуточные — по 5 мм. Кроме того, для уменьшения потока электронов необходимо разместить дополнительную защиту.

В рамках проекта **GDH&SPASCHARM** на ускорителе MAMI (Майнц, Германия) при активном участии сотрудников ОИЯИ впервые была измерена фотонная асимметрия Σ на нейтроне в области резонансов $\Delta(1232)$ и (1440) [27]. Точное измерение дифференциальных сечений и асимметрии линейно-поляризованного фотонного пучка Σ_3 для комптоновского рассеяния протонов позволило получить электрические и магнитные поляризуемости протонов с беспрецедентной точностью [28].

В рамках проекта **Ariel** продолжается разработка генератора событий Монте-Карло **ReneSANCe** и интегратора **MCSANCe** для моделирования процессов на электрон-позитронных коллайдерах лучше, чем на уровне одной петли. Создан интерфейс **NLO** электрослабых (**EW**) радиационных поправок (**RC**) с **PyTHIA**. Разработана стандартная процедура вычисления спиральных амплитуд $2 \rightarrow 3$ и $2 \rightarrow 4$ [29]. Внесены обновления в программные продукты **DIZET** и **Zitter**. Информация о выпуске новой версии **DIZET** отправлена в «CERN Yellow Rep. Monogr.»

онного лазерного инклинометра (**МПЛИ**). На базе суточного мониторинга за угловой микросейсмической активностью поверхности Земли в районе ЛЯП измерены его основные характеристики: чувствительность составила $6 \cdot 10^{-11} \text{ рад/Гц}^{1/2}$ в диапазоне частот 10^{-3} –15 Гц, инструментальная точность — $5,0 \cdot 10^{-10}$ рад. Результаты измерения позволяют использовать **МПЛИ** в качестве основного инструмента в работах по стабилизации коллайдеров, интерферометрических гравитационных антенн от действия угловых микросейсмических

колебаний поверхности Земли и также для прогноза землетрясений.

В рамках **НИР новых полупроводниковых детекторов** в 2021 г. завершена механико-электронная часть создания лабораторного варианта томографа в защитном корпусе «Калан-4». Смонтированы и запущены все основные узлы: рентгеновская трубка, узел крепления образца и рентгенографическая камера на основе микросхем Medipix3RX, Widepix MPX3 1×15 с сенсорами из CdTe толщиной 1 мм, а также управляемые от компьютера устройства перемещения всех указанных узлов. Получены первые рентгеновские изображения от камеры Widepix MPX3 1×15 , состоящей из 983040 отдельных рентгеночувствительных пикселей размером 55×55 мкм. Продолжаются работы по юстировке и настройке томографа [30].

В 2021 г. на базе **Медико-технического комплекса (МТК) ЛЯП** продолжалась систематизация накопленных клинических данных по многочисленным пролеченным в МТК нозологиям. Полученные результаты сопоставимы с данными зарубежных центров протонной терапии. Проведено изучение цитотоксического и цитогенетического влияния наночастиц золота на опухолевые клетки карциномы легкого человека A549 под действием излучений с различным значением ЛПЭ (фотоны, протоны). Проведены работы по установлению закономерностей реакций центральной нервной системы на воздействие ионизирующих излучений разного качества. Посредством нейрохимического исследования метаболизма возбуждающих нейротрансмиттеров, представленных в морфологических структурах мозга, изучались индукция и модуляция эмоционального, мотивационного поведения и когнитивных функций лабораторных животных. Данные по нейрохимическим исследованиям сопоставлялись с оценкой поведенческих изменений, вызванных облучением [31, 32].

Для проведения радиобиологических исследований в области «флэш-терапии» в 4-й лаборатории здания фазотрона ЛЯП был сформирован протонный пучок с необходимыми параметрами. Так как выведенный из ускорителя пучок имеет недостаточные для поставленной задачи поперечные размеры, для формирования однородной области дозы на биологических объектах был рассчитан и изготовлен свинцовый рассеиватель переменной толщины, что позволило сформировать пучок с областью однородной дозы около 47 мм в диаметре (по 90%-му уровню), при этом мощность дозы составила ~ 70 Гр/с. Такие параметры пучка позволяют проводить радиобиологические исследования как на клеточных культурах, так и на живых биологических объектах (лабораторные мыши). Совместно с коллегами из ИТЭБ РАН (Пушино) проведены эксперименты на протонном пучке в режиме «флэш-терапия». В ходе этих исследований были облучены лабораторные мыши в количестве 100 шт., а также клеточные культуры. Цель данного эксперимента заключалась в исследовании

природы проявления флэш-эффекта в результате воздействия на биологические объекты ионизирующего излучения сверхвысокой мощности дозы. Результаты экспериментов обрабатываются.

Проведены совместные исследования **сектора молекулярной генетики клетки ЛЯП ОИЯИ** и ИЯИ РАН по изучению влияния пониженного радиационного фона на модельные биологические объекты. С помощью РНК секвенирования впервые были идентифицированы все гены *D. melanogaster*, изменившие свою активность в условиях низкофоновой лаборатории. Анализ полученных данных свидетельствует об отсутствии влияния снижения радиационного фона на сложный модельный организм, что ставит вопрос о применимости линейной беспороговой модели действия радиации в области низких доз [33].

Также закончены эксперименты по оценке увеличения радиорезистентности *D. melanogaster* и культуры клеток человека с помощью белка тироходок Dsup (Damage suppressor). Полученные данные говорят о значительном увеличении радиорезистентности модельных организмов.

Основным направлением работ по проекту **«Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов»** в 2021 г. были прикладные исследования в области физики твердого тела, а также исследование материалов и поверхностей с использованием метода позитронной аннигиляционной спектроскопии. Предложен новый дополнительный метод исследования поверхностного дефекта в наночастицах [34]. Полученная дефектная структура была взаимосвязана с магнитными свойствами наночастиц BaTiO₃. Еще одно направление исследований — изучение эволюции дефектов, возникающих в процессе кавитации [35]. Эти знания могут помочь противодействовать разрушительной природе кавитации. Были изучены две стадии кавитационной эрозии: инкубационный период и стадия максимальной скорости эрозии. Каждая стадия имеет определенный доминирующий тип дефектов и отличается глубиной их возникновения. Наряду с выполненными исследованиями материалов также продолжают работы по созданию системы упорядочения позитронного пучка: измерения показали, что около 30 % позитронного пучка аннигилируется на сетках ускорительного зазора резонатора, после чего ускорительный зазор был доработан, а резонатор вновь установлен в позитронный канал.

В рамках направления **«Разработка методов разделения элементов (радиохимия и масс-сепарация)»** проводится создание новых методик разделения и выделения радионуклидов медицинского назначения для спектрометрических исследований [36]. Среди этапов выделения радионуклидов важным является этап кондиционирования, так как от него зависит качество и химическая форма радионуклида, которая должна подходить для синтеза радиофармпрепарата. Ис-

следование сорбции ряда элементов на ионообменных смолах в уксусно-кислой среде показало, что систему катионообменная смола – уксусная кислота можно использовать на заключительном этапе очистки элементов III и IV групп [37]. Ведут-

ся работы по реализации возможности использования данной химической системы для получения α -излучающего медицинского радионуклида ^{223}Ra (11,4 сут) посредством радионуклидного генератора $^{227}\text{Ac} \rightarrow ^{227}\text{Th} \rightarrow ^{223}\text{Ra}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Allakhverdyan V.A. et al.* Neutrino Telescope in Lake Baikal: Present and Nearest Future // PoS ICRC2021. 2021. V. 002; doi: 10.22323/1.395.0002.
2. *Аврорин А.В. и др.* Глубоководный черенковский детектор в озере Байкал // ЖЭТФ. 2021. Т. 161, вып. 4 (в печати).
3. *Qian Z. et al.* Vertex and Energy Reconstruction in JUNO with Machine Learning Methods // Nucl. Instr. Meth. A. 2021. V. 1010. P. 165527.
4. *Acero M. et al.* An Improved Measurement of Neutrino Oscillation Parameters by the NOvA Experiment. 2108.08219 [hep-ex].
5. *Acero M. et al.* Search for Slow Magnetic Monopoles with the NOvA Detector on the Surface // Phys. Rev. D. 2021. V. 103, No. 1. P. 012007.
6. *Agostini M. et al.* Search for Low-Energy Neutrinos from Astrophysical Sources with Borexino // Astropart. Phys. 2021. V. 125. P. 102509.
7. *Ricochet Collab.* Ricochet Progress and Status // Proc. of the 19th Intern. Workshop on Low Temperature Detectors (LTD19). arXiv:2111.06745. 2021.
8. *Armengaud E. et al. (Cupid-MO Collab.).* A New Limit for Neutrinoless Double-Beta Decay of Mo from the CUPID-Mo Experiment // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 126. P. 181802.
9. *Alekseev I. et al.* Observation of the Temperature and Barometric Effects on the Cosmic Muon Flux by the DANSS Detector. arXiv:2112.03702 [physics.ins-det].
10. *Alekseev I. et al.* Optimized Scintillation Strip Design for the DANSS Upgrade. arXiv:2112.04973 [physics.ins-det].
11. *Lubashevsky A.* First Results of nuGeN Experiment at Kalinin Nuclear Power Plant on Coherent Elastic Neutrino–Nucleus Scattering. <https://indico.ific.uv.es/event/6178/contributions/15547/>.
12. *Lubashevsky A.* First Results of the nuGeN Experiment. <https://indico.cern.ch/event/1075677/contributions/4556660/>.
13. *Agostini M. et al.* Characterization of Inverted Coaxial Ge-76 Detectors in GERDA for Future Double- β Decay Experiments // Eur. Phys. J. C. 2021. V. 81, No. 6. P. 505.
14. *Agostini M. et al.* Calibration of the GERDA Experiment // Eur. Phys. J. C. 2021. V. 81, No. 8. P. 682.
15. *Arnold R. et al.* Measurement of the Distribution of ^{207}Bi Depositions on Calibration Sources for SuperNEMO // J. Instrum. 2021. V. 16. P. T07012.
16. *Arnold R. et al.* Search for Periodic Modulations of the Rate of Double-Beta Decay of ^{100}Mo in the NEMO-3 Detector // Phys. Rev. C. 2021. V. 104. P. L061601.
17. *Белов В.В. и др.* Полные скорости захвата отрицательных мюонов в ^{24}Mg // Письма в ЭЧАЯ. 2022. Т. 19, № 3(242).
18. *Aad G. et al.* A Search for the Decays of Stopped Long-Lived Particles at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector // JHEP. 2021. V. 07. P. 173.
19. *ATLAS Collab.* Measurements of WH and ZH Production in the $H \rightarrow bb$ and Decay Channel in pp Collisions at 13 TeV with the ATLAS Detector // Eur. Phys. J. C. 2021. V. 81. P. 178.
20. *Ablikim M. et al. (BES-III Collab.).* Observation of a Near-Threshold Structure in the K^+ Recoil-Mass Spectra in $e^+e^- \rightarrow K^+(D_s^- D^{*0} + D_s^{*-} D^0)$ // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 126. P. 102001.
21. *BES-III Collab.* Oscillating Features in the Electromagnetic Structure of the Neutron // Nature Phys. 2021. V. 17, No. 11. P. 1200.
22. *Ablikim M. et al. (BES-III Collab.).* Measurement of the Absolute Branching Fraction of $D_s^+ \rightarrow \tau^+ \nu_\tau$ via $\tau^+ \rightarrow e^+ \nu_e \nu_\tau$ // Phys. Rev. Lett. 2021. V. 127, No. 17. P. 171801.
23. *Atanov N. et al.* Development, Construction and Tests of the Mu2e Electromagnetic Calorimeter Mechanical Structures. FERMILAB-CONF-21-468-V (accepted by JINST).
24. *Volkov A. et al.* Properties of Straw Tubes for Tracking Detector of the COMET Experiment // Nucl. Instr. Meth. A. 2021. V. 1004. P. 11.
25. *Волков А.Д. и др.* Стенд для исследования характеристик строу // УПФ. 2019. Т. 7, № 1. С. 76–83.
26. *Kalinnikov V. et al.* Comparison of the Scintillation Properties of Long LYSO:Ce Crystals from Different Manufacturers // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18, No. 4. P. 457–468.
27. *Mullen C. et al. (A2 at MAMI Collab.).* Single π^0 Production Off Neutrons Bound in Deuteron with Linearly Polarized Photons // Eur. Phys. J. A. 2021. V. 57, No. 6. P. 205.
28. *Mornacchi E. et al. (A2 at MAMI Collab.).* Measurement of Compton Scattering at MAMI for the Extraction of the Electric and Magnetic Polarizabilities of the Proton. arXiv:2110.15691 [nucl-ex]. 2021. Phys. Rev. Lett. (submitted).
29. *Boyko I. et al.* Two-Photon Physics at Future Electron–Positron Colliders. <https://arxiv.org/abs/2110.01426>; Chin. Phys. (submitted).
30. *Boyko I. et al.* Measurement of the Radiation Environment of the ATLAS Cavern in 2017–2018 with ATLAS-GaAsPi $_x$ Detectors // J. Instrum. 2021. V. 16. P. P01031; doi:10.1088/1748-0221/16/01/P01031.

31. *Borowicz D.M. et al.* Ultra-Hypofractionated Proton Therapy in Localized Prostate Cancer: Passive Scattering Versus Intensity-Modulated Proton Therapy // *J. personalized Medicine*. 2021. V.11, No. 12. P.1311; <https://doi.org/10.3390/jpm11121311>.
32. *Agapov A. V., Mytsin G. V.* A Dynamic Irradiation Method for Proton Radiotherapy // *Biomed. Engin.* 2021. V.55, No.2. P.139–144; doi: 10.1007/s10527-021-10088-w.
33. *Zarubin M. et al.* First Transcriptome Profiling of *D.melanogaster* after Development in a Deep Underground Low Radiation Background Laboratory // *PLoS ONE*. 2021; <https://journals.plos.org/plosone/article/authors?id=10.1371/journal.pone.0255066>.
34. *Siemek K. et al.* Investigation of Surface Defects in BaTiO₃ Nanopowders Studied by XPS and Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy // *Appl. Surface Science*. 2022. V.578. P.151807; <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.151807>.
35. *Siemek K. et al.* Defects Studies of Nickel Aluminum Bronze Subjected to Cavitation // *Appl. Surface Science*. 2021. V.546. P.149107; <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.149107>.
36. *Radchenko V. et al.* Radiochemical Aspects in Modern Radiopharmaceutical Trends: A Practical Guide // *Solvent Extraction and Ion Exchange*. 2021. V.39, No.7. P.714–744; doi:10.1080/07366299.2021.1874099.
37. *Dadakhanov J. et al.* Sorption of Various Elements on Ion-Exchange Resins in Acetic Media // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2021. V.327, No.3. P.1191–1199; doi:10.1007/s10967-021-07600-7.



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ИМ. Г. Н. ФЛЕРОВА

РАБОТА И РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛЯР (DRIBs-III)

В рамках темы по развитию ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (проект DRIBs-III) в 2021 г. проводились работы по созданию новых ускорительных установок, а также модернизации и оптимизации работы существующих с целью увеличения интенсивности и улучшения качества пучков ионов как стабильных, так и радиоактивных нуклидов в диапазоне энергии от 5 до 60 МэВ/нуклон, повышения эффективности проведения экспериментов по синтезу и изучению свойств новых сверхтяжелых элементов, расширения программы экспериментов по синтезу редких экзотических ядер и изучению реакций с использованием пучков радиоактивных нуклидов.

В соответствии с Проблемно-тематическим планом ОИЯИ на 2021 г. были достигнуты следующие результаты.

ДЦ-280. Базовая установка фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ) — циклотрон ДЦ-280 — в 2021 г. отработала 5095 ч. За это время на новом газонаполненном сепараторе продуктов ядерных реакций ГНС-2 были проведены эксперименты по синтезу 114-го элемента Fl (флеровия) в реакции $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$, 115-го элемента Mc (московия) в реакции $^{243}\text{Am} + ^{48}\text{Ca}$ и 112-го элемента Cn (коперниция) в реакции $^{238}\text{U} + ^{48}\text{Ca}$. В общей сложности эксперименты по получению Mc длились около 1820 ч, Fl — 410 ч, а Cn — 810 ч. Успешно выполнены работы по получению пучков с плавной вариацией энергии ионов, что особенно важно для постановки экспериментов на фабрике СТЭ. Так, интенсивность пучков ионов ^{48}Ca в проведенных экспериментах варьировалась от 0,05 до 6,5 мкА частиц. Следует отметить, что удалось получить ускоренный пучок ^{48}Ca с интенсивностью 10 мкА частиц на радиусе вывода и 7,1 мкА частиц — в канале транспортировки [1, 2].

Продолжены работы по отработке режимов ускорения ионов $^{52,54}\text{Cr}$ и ^{48}Ti . Интенсивность ускоренных пучков ^{52}Cr составила 2,4 мкА частиц,

^{54}Cr — 2,2 мкА частиц, ^{48}Ti — 1 мкА частиц. Кроме того, выполнены все подготовительные работы для проведения экспериментов на новой физической установке ГНС-3.

У-400М. В рамках модернизации циклотрона У-400М совместно с ООО «НПО «ГКМП» (Брянск) были выполнены работы по замене катушек основного магнита У-400М [3]. Произвели подключение к системам электропитания и водоохлаждения. Смонтирована система магнитных измерений. Доработаны старые и изготовлены новые элементы в рамках модернизации вакуумной системы, системы охлаждения и системы управления циклотрона У-400М. Запуск циклотрона У-400М в эксплуатацию запланирован на конец 2022 г.

У-400. В 2021 г. циклотрон У-400 отработал 6085 ч, основное время работы было использовано для выполнения программы исследований на пучках ^{22}Ne (установки SHELS), ^{46}Ti (химической установки, SHELS), ^{48}Ca (установки CORSET, SHELS, МАВР), ^{56}Fe (МАВР). Проведены эксперименты по ускорению ионов ^{238}U . Также на циклотроне У-400 проводились прикладные исследования (НИИ космического приборостроения).

ИЦ-100. Модернизированный циклический имплантатор ИЦ-100 используется для выполнения программы прикладных исследований. Ионы от С до W, ускоренные на ИЦ-100 до энергии 1,0–1,2 МэВ/нуклон, были использованы для облучения образцов графена, Si_3N_4 , TiNZrN/Zr , AlNTiN , ZnO , ODS-сталей, высокотемпературных сверхпроводников, сплавов на основе титана (в рамках программы сотрудничества с ЮАР, Польшей, Сербией, Белоруссией, Казахстаном, Чехией).

ДЦ-140. Начались работы по созданию нового циклотрона для прикладных задач — ДЦ-140 [4]. Проведен демонтаж циклотрона У-200, на месте которого будет находиться новая ускорительная

установка. Обследовано состояние фундамента и конструкций здания. В настоящее время ведутся проектные работы по размещению циклотрона в этом здании. Параллельно осуществляется про-

ектирование систем циклотрона и их изготовление, создаются системы управления и необходимые инженерные системы.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЯДЕР НА ГРАНИЦАХ СТАБИЛЬНОСТИ

Эксперимент на газонаполненном сепараторе ГНС-2. В 2021 г. проведены три серии экспериментов на новом газонаполненном сепараторе ГНС-2 фабрики СТЭ. Реакции слияния ^{243}Am , ^{242}Pu , $^{238}\text{U} + ^{48}\text{Ca}$ использовались для определения параметров нового сепаратора и возможностей продолжения исследований сверхтяжелых ядер на более высоком уровне чувствительности (трансмиссии, фоновых условий, стабильности мишеней и т. д.), а также детального изучения свойств изотопов Mc, Fl, Sp и их дочерних ядер. В результате показано, что трансмиссия ГНС-2 в 2 раза выше, чем ГНС-1.

Реакция $^{243}\text{Am} + ^{48}\text{Ca}$ изучалась при пяти значениях энергии ^{48}Ca с интенсивностью до 1,3 мкА частиц. Синтезированы шесть новых цепочек ^{289}Mc ($2n$ -канал), 58 — ^{288}Mc ($3n$), две — ^{287}Mc ($4n$), и получен новый изотоп ^{286}Mc ($5n$). Отметим, что ^{287}Mc наблюдался ранее только в трех цепочках, а продукты распада ^{286}Mc — в двух

цепочках. Обнаружен α -распад ^{268}Db , измерены его ветвь и период полураспада, а также получен новый изотоп ^{264}Lr . Впервые зарегистрировано спонтанное деление ^{279}Rg . Сечение $3n$ -канала оказалось вдвое выше ранее измеренного.

В эксперименте с ^{242}Pu интенсивность ^{48}Ca достигала 3 мкА частиц. При двух значениях энергии были синтезированы 25 и 69 цепочек распада ^{286}Fl и ^{287}Fl соответственно. Сечение также оказалось в 2 раза выше значений, измеренных ранее, что может быть объяснено, например, кратным увеличением накопленной статистики. Получены указания на существование двух ветвей распада ^{287}Fl , ^{283}Cn и ^{279}Ds , отличающихся соотношением парциальных вероятностей α -распада и спонтанного деления ^{279}Ds . Это может свидетельствовать о заселении низкоэнергетических состояний ядер ^{287}Fl и/или ^{283}Cn . Наблюдаемые особенности распадов ядер ^{286}Fl и ^{282}Cn также могут быть объяснены распадом через изомерные уровни.

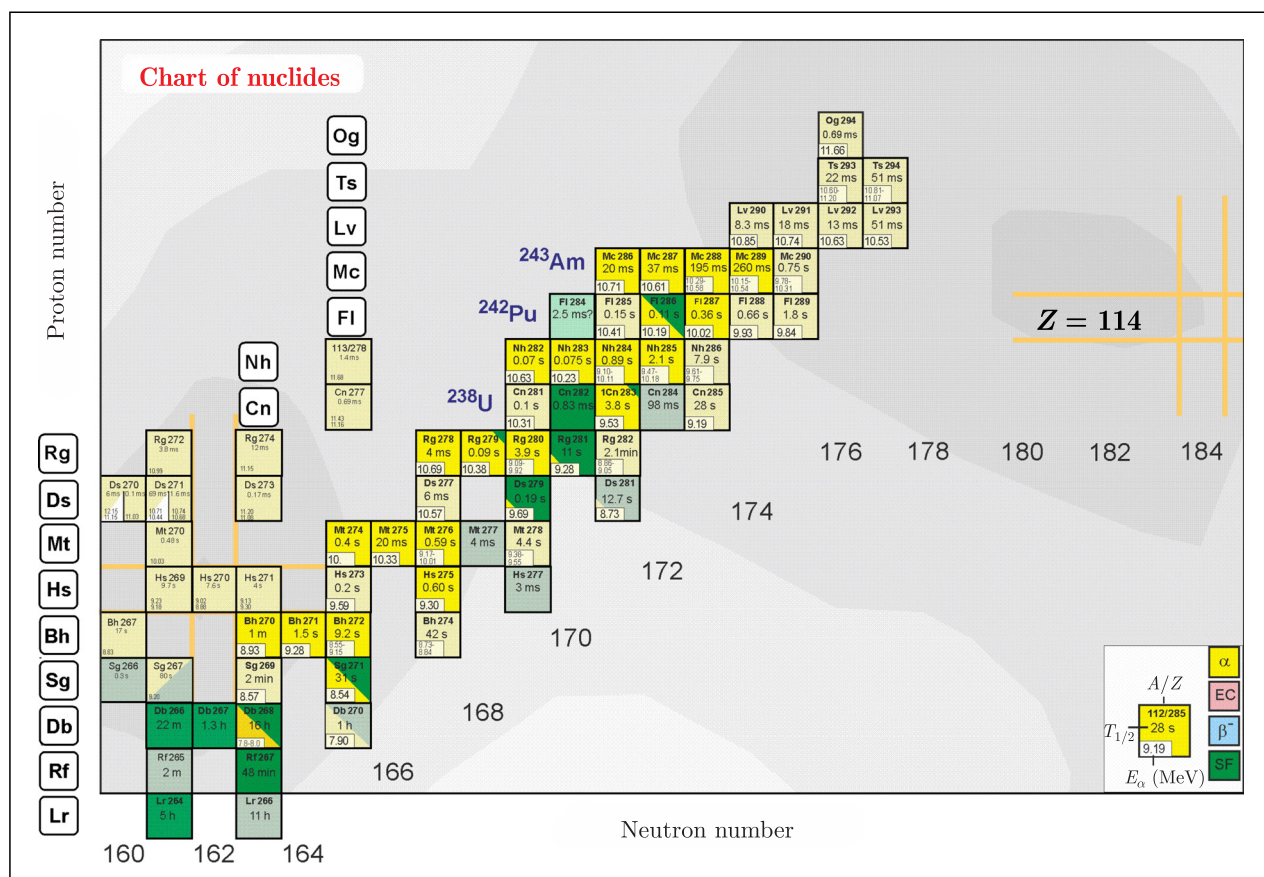


Рис. 1. Карта ядер. Изотопы, полученные в изученных реакциях в 2021 г., выделены яркими желтым (α -распад) и зеленым (спонтанное деление) цветами

При облучении ^{238}U интенсивность ^{48}Ca достигала 6,5 мкА частиц, получены 16 цепочек распада ^{283}Sn . Во всей серии экспериментов изучены сечения реакций при разных энергиях ^{48}Ca и свойства распада около 30 изотопов элементов — от Rf до Mc (на рис. 1 они выделены более ярким цветом). Измерены заряды ионов Mc, Fl и Sn в разреженном водороде и подтверждена надежность систематики зарядов, полученной на DGFRS-1, что важно для синтеза новых элементов — 119 и 120.

Результаты проведенных экспериментов представлены в публикациях [5–8].

Спектроскопия тяжелых и сверхтяжелых ядер. На сепараторе SHELS были изучены свойства радиоактивного распада ядра ^{253}Rf , образующегося в реакции полного слияния ионов ^{50}Ti с ядрами ^{204}Pb с последующим испусканием одного нейтрона. Основной модой распада ядра ^{253}Rf является спонтанное деление. Впервые удалось зарегистрировать α -распад этого ядра, приводящий к образованию ранее полученного изотопа ^{249}No ($b_\alpha = (17 \pm 6)\%$) [9]. Кроме того, обнаружены два спонтанно делящихся короткоживущих низколежащих состояния ядра ^{253}Rf с сильно различающимися периодами полураспада. Одно из этих состояний (с периодом полураспада 0,66 мс) зарегистрировано впервые и может быть отнесено к высокоспиновому K -изомерному состоянию ^{253}Rf . Результат работы направлен для публикации в журнал Phys. Rev. B [10].

В мае 2021 г. введена в строй новая детектирующая система SFiNX, которая включает в себя 116 нейтронных счетчиков (^3He), расположенных вокруг фокального позиционно-чувствительного детектора DSSSD размером 100×100 мм. Эта система обладает высокой эффективностью регистрации нейтронов (55 %) и предназначена для изучения свойств спонтанно делящихся короткоживущих ядер, получаемых в экспериментах на сепараторе SHELS [11]. Использование новой детектирующей системы SFiNX позволило с рекордной точностью измерить нейтронные выходы для короткоживущего изотопа ^{252}No (среднее число нейтронов на одно деление составило $\bar{\nu} = 4,25 \pm 0,09$).

Во время летней остановки ускорителей проведена работа по модернизации ионно-оптической системы сепаратора SHELS. Первый триплет квадрупольных линз был заменен на новый, изготовленный компанией «Сигма-Фи» (Франция). Новый триплет обладает увеличенной на 50 % входной апертурой, что, в свою очередь, позволяет значительно повысить эффективность захвата вылетающих из мишени искомым продуктам реакций. Улучшенная конфигурация вакуумной камеры нового триплета дает возможность значительно снизить фон от рассеянных ионов. Короткий тестовый эксперимент на модернизированном сепараторе SHELS был проведен в октябре 2021 г., он продемонстрировал значительное улучшение характеристик ионно-оптической системы и снижение фо-

новой нагрузки на детектирующую систему сепаратора.

В течение 2021 г. проводились работы по монтажу, пусконаладке и вводу в эксплуатацию нового сепаратора ГНС-3, размещенного на четвертом отводе циклотрона ДЦ-280 фабрики СТЭ. Завершить ввод сепаратора ГНС-3 в эксплуатацию планируется в начале 2022 г.

Химия трансактинидов. Основной целью исследований в 2021 г. было изучение торможения продуктов ядерных реакций в камере сбора ядер отдачи после их разделения на газонаполненном сепараторе и их дальнейшего транспорта в инертных газах к криодетектору. Результаты этих исследований необходимы для проведения первого химического эксперимента на фабрике СТЭ, запланированного на 2022 г. Данные исследования проводятся совместно с Институтом им. Пауля Шеррера (PSI, Швейцария). Поведение ртути — легкого гомолога коперниция — изучали в режиме онлайн на ускорителе У-400. Продукты реакции предварительно отделяли на кинематическом сепараторе SHELS. Измерение времени выноса ртути газовой струей из камеры в кварцевую трубку и времени транспорта по тефлоновой трубке в криодетектор осуществляли по двум короткоживущим продуктам $^{179,180}\text{Hg}$, являющимся α -излучателями и образующимся в реакции $^{136}\text{Ce}(^{48}\text{Ti}, xn)^{184-x}\text{Hg}$. Методика эксперимента заключалась в использовании триггера, который включал пучок на 500 мс, а затем выключал его на 10 с при непрерывных измерениях α -излучения криодетектором в заданном режиме для потока Ag 1 и 3 л/мин. Найдено время регистрации ртути после кратковременного включения пучка в эксперименте, оно составило 0,5 с и хорошо согласуется с результатами моделирования выхода ртути при данной конфигурации камеры и потока Ag с применением программы COMSOL.

Исследования, направленные на изучение условий образования летучих соединений сверхтяжелого элемента нихония, были продолжены на сепараторе SHELS. Основной целью экспериментов в 2021 г. являлось изучение влияния кислорода и паров воды на образование различных соединений Tl — легкого гомолога Nh — на поверхности кварца. Химические свойства единичных атомов таллия, получаемого на У-400 в реакциях $^{141}\text{Pb}(^{48}\text{Ti}, xn)^{189-x}\text{Tl}$, изучались с помощью метода изотермической адсорбционной хроматографии. Для обеспечения восстановления образующихся в результате торможения в камере сбора ядер отдачи соединений таллия до элементарного состояния в начале кварцевой колонки помещали танталовый геттер при температуре 1000 °С. После геттера в транспортный газ аргон добавляли кислород и пары воды. Изотермическую адсорбционную хроматографию на кварце проводили при температуре от 100 до 850 °С. Выход таллия определяли методом гамма-спектрометрии в режиме онлайн. Полученные интегральные хроматограммы позволили вы-

явить две формы таллия, характеризующиеся различным адсорбционным поведением. Продолжается обработка данных для определения энтальпии адсорбции и идентификации обнаруженных соединений таллия.

Динамика взаимодействия тяжелых ядер, деление тяжелых и сверхтяжелых ядер. Получение и изучение свойств ядер с $Z > 118$ представляет особый интерес для исследования «острова стабильности», обусловленного влиянием нейтронной (при $N = 184$) и протонных (при $Z = 114$ и/или 120–126) оболочек. Чтобы продвинуться в область ядер с $Z > 118$ с использованием реакций полного слияния, необходимо использовать ионы тяжелее ^{48}Ca . Однако при переходе к более тяжелому налетающему иону увеличивается кулоновское отталкивание между взаимодействующими ядрами, что приводит к увеличению вкладов процессов квазиделения и глубоконеупругого рассеяния, подавляющих процесс формирования составного ядра. Поэтому экспериментальное исследование конкуренции процессов слияния и квазиделения в реакциях с пучками титана и хрома чрезвычайно важно для планирования экспериментов по синтезу еще неизвестных сверхтяжелых элементов. Измерены массово-энергетические распределения бинарных фрагментов, образующихся в реакции $^{54}\text{Cr} + ^{232}\text{Th}$, ^{238}U , при энергии вблизи кулоновского барьера. В настоящее время проводится обработка полученных данных.

С целью изучения свойств деления возбужденных доактинидных ядер проведены измерения массово-энергетических распределений осколков деления ^{178}Pt , $^{180,182,183,190}\text{Hg}$, $^{184,192,202}\text{Pb}$, образованных в реакциях с ионами ^{36}Ar , $^{40,48}\text{Ca}$, в широком диапазоне энергии возбуждения: 35–70 МэВ. Исходя из анализа массово-энергетических распределений осколков деления было установлено, что свойства деления доактинидных ядер определяются протонными числами: $Z \approx 36$ — в легком фрагменте, $Z \approx 46$ — в тяжелом фрагменте и $Z = 28$ и/или 50 — как в легком, так и в тяжелом фрагменте. В случае моды, обусловленной числом протонов $Z \approx 36$, форма делящегося ядра более вытянутая по сравнению с жидкокапельной и более компактная для моды, связанной с проявлением $Z \approx 46$ [12, 13].

При исследовании реакции $^{68}\text{Zn} + ^{112}\text{Sn}$ обнаружено, что массово-энергетические распределения фрагментов этой реакции существенно отличаются от распределений, полученных в реакции $^{36}\text{Ar} + ^{144}\text{Sm}$, приводящей к образованию такой же составной системы ^{180}Hg при аналогичных энергиях возбуждения (около 50 МэВ). В случае реакции с ионами ^{68}Zn массовое распределение фрагментов имеет широкую двугорбую форму с максимальными выходами легких и тяжелых осколков массой 70 и 110 а. е. м., в отличие от осколков 80 и 100 а. е. м., наблюдаемых в делении ядра ^{180}Hg , образованного в реакции $^{36}\text{Ar} + ^{144}\text{Sm}$. Сильное

различие в массово-энергетических распределениях возникает из-за большого вклада (более 70%) квазиделения в случае реакции с ионами ^{68}Zn [14]. Исследования по изучению свойств деления доактинидных ядер были поддержаны грантом РФФИ № 19-52-45023_инд_а (совместным с Департаментом науки и технологии Правительства Индии).

В 2021 г. выполнялись исследования, направленные на изучение феномена быстрого деления (fast fission). Проведены измерения массово-энергетических распределений фрагментов, образующихся в реакциях $^{40}\text{Ca} + ^{144}\text{Sm}$, ^{208}Pb при энергиях выше кулоновского барьера, когда в создающуюся составную систему вносятся достаточно большие угловые моменты, при которых делительный барьер полностью исчезает. Барьер деления для ядра ^{184}Pb ($^{40}\text{Ca} + ^{144}\text{Sm}$) определяется, главным образом, макроскопическими свойствами потенциала, а для ^{248}No ($^{40}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$) стабильность ядра полностью определяется оболочечной поправкой.

В результате исследований установлено, что массовые распределения фрагментов быстрого деления практически не меняются с увеличением энергии взаимодействия для обеих изучаемых реакций и характеризуются небольшой массовой асимметрией $\eta(A_H - A_L)/(A_H + A_L) = 0,17$ для ^{184}Pb и 0,21 для ^{248}No . Характеристики массово-энергетических распределений фрагментов квазиделения, образующихся в реакции $^{40}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$, значительно отличаются от обнаруженных характеристик распределений фрагментов быстрого деления. Для квазиделения массовое распределение имеет широкую двугорбую форму с массой легкого фрагмента около 77 а. е. м. ($\eta \approx 0,38$), обусловленную влиянием замкнутых протонной ($Z = 28$) и нейтронной ($N = 50$) оболочек. Полученные результаты направлены в журнал Phys. Rev. C. Исследования по изучению влияния углового момента на образование составного ядра были поддержаны грантом РФФИ № 19-42-02014 (совместным с Департаментом науки и технологии Правительства Индии).

Структура экзотических ядер. В 2021 г. завершен анализ данных для реакций $^8\text{He}(d, ^4\text{He})^6\text{H}$ и $^8\text{He}(d, ^3\text{He})^7\text{H}$, исследуемых на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2 в эксперименте с качественным пучком ^8He ($I \sim 10^5 \text{ с}^{-1}$, $P \sim 95\%$, $E = 26 \text{ МэВ/нуклон}$) [15]. Полученный спектр уровней указывает на заселение основного состояния при 2,2(5) МэВ и нескольких возбужденных состояний ($\sim 5,5$, $\sim 7,5$ и $\sim 11 \text{ МэВ}$). Энергетический спектр ^7H определялся методом недостающей массы с разрешением $\Delta E \sim 1 \text{ МэВ}$ по измеренной энергии и углу вылета ядер отдачи ^3He при условии совпадения с тритонами из распада $^7\text{H} \rightarrow t + 4n$. Методика эксперимента позволяла одновременно исследовать спектр энергии ядерной системы ^6H , заселяемый в реакции $^8\text{He}(d, ^4\text{He})^6\text{H}$. Анализ данных проводится.

Продолжено изучение низколежащих состояний изотопов ${}^7\text{He}$, ${}^9\text{He}$ и ${}^{10}\text{Li}$, заселяемых в реакциях ${}^6\text{He}(d, p){}^7\text{He}$, ${}^8\text{He}(d, p){}^9\text{He}$ и ${}^9\text{Li}(d, p){}^{10}\text{Li}$ соответственно. Для анализа и интерпретации экспериментальных данных развивались теоретические подходы, учитывающие специфику ядерных реакций однонуклонных передач при энергии пучка 25–30 МэВ/нуклон. В настоящее время наиболее проработаны и готовятся к публикации результаты по спектру уровней ${}^7\text{He}$. Одним из этих результатов является наблюдение интерференции состояний с разной четностью в энергетическом диапазоне 1–7 МэВ. Следует отметить высокое энергетическое разрешение ~ 150 кэВ (ПШПВ) для основного состояния ${}^7\text{He}$ ($3/2^-$, $E = 0,445$ МэВ), достигнутое при регистрации тройных совпадений $p-{}^6\text{He}-n$, что сопоставимо с лучшими мировыми результатами. Из предварительного анализа данных по ${}^{10}\text{Li}$ с учетом набранной статистики — около 400 тройных совпадений $p-{}^9\text{Li}-n$ — и высокого энергетического разрешения 230 кэВ (ПШПВ) следует ожидать новую информацию о низколежащих состояниях ${}^{10}\text{Li}$ при энергии в области 0,5 и 4 МэВ.

В 2021 г. продолжались работы по совершенствованию инструментальной базы установки ACCULINNA-2, а именно: а) создание тритиевого мишенного комплекса; б) отладка новой системы трекинга вторичного пучка на базе двух лавинных счетчиков низкого давления (детекторы PPAC); в) работы по наладке фильтра скоростей на основе высокочастотного резонатора (RF-kicker). С текущим состоянием дел по комплексу ACCULINNA-2 можно ознакомиться на сайте <http://aculina.jinr.ru>.

Реакции с пучками легких стабильных и радиоактивных ядер. В 2021 г. были проведены два эксперимента на циклотроне У-400 с использованием магнитного анализатора высокого разрешения (МАВР). На пучках ${}^{48}\text{Ca}$ и ${}^{56}\text{Fe}$ с энергией 10 МэВ/нуклон с использованием мишеней из Ве, Ау, Та и ${}^{238}\text{U}$ были измерены с высокой чувствительностью дифференциальные се-

чения вылета α -частиц и других легких заряженных частиц под углом 0° в зависимости от их энергии [16]. В спектрах наблюдались быстрые α -частицы с энергией вблизи кинематического предела для трехтельного механизма реакции (рис. 2).

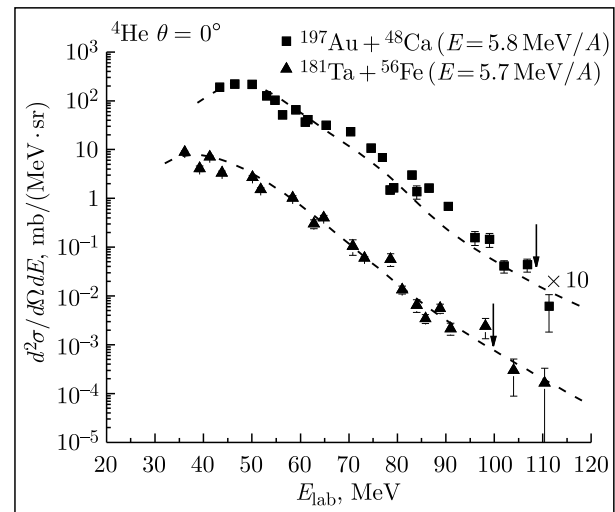


Рис. 2. Энергетические спектры α -частиц, измеренные под углом 0° . Стрелками отмечены кинематические пределы двухтельных каналов реакций

Проведен анализ экспериментальных данных с помощью модели движущихся источников. В результате показано наличие нескольких источников неравновесных частиц с высокими энергиями. Образование неравновесных α -частиц может быть объяснено их вылетом из более тяжелого ядра-мишени в результате полного или неполного слияния ядер. Также отработана методика регистрации совпадений легких частиц с осколками деления ядра-остатка.

Продолжался анализ экспериментальных данных по исследованию влияния структуры слабо-связанных ядер ${}^{6,8}\text{He}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{9,11}\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ на полное сечение реакций.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ И РАЗВИТИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Создание сепаратора на основе резонансной лазерной ионизации (установка ГАЛС). Создаваемая установка ГАЛС предназначена для сепарации и исследования продуктов реакции многонуклонных передач. В 2021 г. получены следующие основные результаты [17].

1. Проведена модернизация референсной камеры для установки ГАЛС для поиска и исследования оптимальных уровней атомных переходов при многоступенчатой резонансной лазерной ионизации. Уточнены параметры испаряющего лазера, ведется его модернизация с целью повышения выходной плотности энергии в импульсе до уровня,

необходимого для атомизации образца Os. Проводятся доработка и адаптация сканирующей лазерной системы для начала офлайн-работы с референсной ячейкой.

2. Совместно с Софийским университетом им. св. Климента Охридского (Болгария) разработана детектирующая система установки ГАЛС. Система базируется на детекторной части установки BEDO (Орсе, Франция). Оптимизируются начальный набор и геометрия детекторов. Лентопротяжная система спроектирована совместно с iThemba LABS (ЮАР) и запускается в производство.

3. Выполнены расчеты параметров электростатической системы транспортировки пучка. Разработаны системы распределенного питания электродов ионпровода, проводятся их монтаж и испытание с системами электрического и радиочастотного питания.

Ионная газовая ловушка. В 2021 г. продолжилась работа по созданию криогенной газовой ионной ловушки — новой установки для фабрики СТЭ и других ускорительных комплексов ЛЯР. Подготовлено помещение для монтажа и наладки установки, состоящей из криогенной газовой ловушки и многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра (помещение 203 здания № 101). Теплая часть камеры криогенной ловушки собрана и откачана до давления 10^{-5} мбар. В настоящее время собирается многоэлектродная система

транспортировки пучка к сверхзвуковому соплу, изготавливаются детали для медной оболочки холодной камеры, а также готовится оснастка для пайки и сварки змеевика охлаждения гелия, подающего в криогенную ловушку.

Работы по проектированию многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра проводятся Институтом аналитического приборостроения РАН (Санкт-Петербург) в рамках гранта Минобрнауки РФ № 075-10-2020-117 «Сверхтяжелые ядра и атомы: пределы масс ядер и границы Периодической таблицы Д. И. Менделеева». Прибор предназначен для прецизионного измерения масс изотопов тяжелых и сверхтяжелых ядер. В 2021 г. согласована структура установки, выполнены ионно-оптические расчеты, проводится конструкторская проработка 3D-модели.

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ И РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСКОРИТЕЛЯХ ЛЯР

Сравнительный анализ радиационной стойкости наночастиц Y-Ti(Al)-O в металлических матрицах и объемных оксидов Y-Ti(Al) к воздействию тяжелых ионов с энергиями осколков деления. Методами высокоразрешающей просвечивающей микроскопии (ПЭМ) изучены треки ионов ксенона и висмута в наночастицах $Y_4Al_2O_9$ и $Y_2Ti_2O_7$. Установлена зависимость размера треков от уровня удельных ионизационных потерь энергии. Выяснилось, что латентные аморфные треки в $Y_2Ti_2O_7$ формируются как в изолированных частицах, так и в частицах, внедренных в металлическую матрицу, в то время как в $Y_4Al_2O_9$ треки регистрируются только в изолированных наноксидах [18].

Исследование профилей механических напряжений в нитридах (AlN, Si₃N₄) и карбидах (SiC), облученных высокоэнергетическими ионами. Рамановская пьезоспектроскопия с пространственным разрешением была использована для исследования профилей механических напряжений в поликристаллических нитридах кремния и алюминия, облученных высокоэнергетическими ионами висмута до флюенсов в интервале 10^{12} – 10^{13} см⁻². Установлено, что в облученном образце Si₃N₄ формируются поля сжимающих и растягивающих напряжений. По сравнению с Si₃N₄ механические напряжения в AlN регистрируются только при флюенсе ионов висмута 10^{13} см⁻² [19].

ПЭМ-исследование газового распухания ферритных сталей в зависимости от их структурного состояния и условий их легирования инертными газами с помощью однородной ионной имплантации. Методом ПЭМ исследованы закономерности развития газовой пористости

в ферритных сталях: обычной AISI 410S и двух экспериментальных дисперсно-упрочненных сплавах Cr16-ODS и EP450-ODS, которые были равномерно легированы гелием с помощью ионной имплантации до концентрации 0,2 и 1,0 ат. % и отожжены в вакууме при 10^{23} К. Разработан принцип однородного ионного легирования образцов материалов инертными газами, предназначенных для структурных исследований методом просвечивающей электронной микроскопии.

На основании теоретических расчетов профилей ионной имплантации в подвижных мишенях разработано и изготовлено устройство с поворотной мишенью. Программа управления приводом мишени строит результирующий профиль ионной имплантации в режиме реального времени эксперимента.

Разработка и исследование ионоселективных трековых мембран. Проведены подробные исследования процессов, происходящих при облучении полиэтилентерефталатных пленок ускоренными тяжелыми ионами, а также последующих экспозиции ультрафиолетовым излучением и жидкостной экстракции. Данная обработка приводит к формированию ионопроводящей структуры, обладающей селективностью по отношению к катионам, а также по отношению к катионам разной зарядности. Установлено, что ионная проницаемость и селективность зависят от многих факторов, в том числе от взаимных пересечений треков, внешних и внутренних напряжений в полимере, электрического напряжения. Предложена феноменологическая модель получаемой структуры, свойства которой во многом соответствуют гетерогенной ионообменной мембране [20, 21].

Гидрофобизация полиэтилентерефталатных трековых мембран методами электронно-лучевого и магнетронного осаждения полимеров на их поверхности с целью получения композиционных мембран для их применения в процессах мембранной дистилляции. Разработаны способы формирования гидрофобных покрытий на поверхности трековой мембраны (ТМ) из полиэтилентерефталата с помощью методов полимеризации органических соединений. Исследованы морфология и химическая структура гидрофобных наноразмерных покрытий, получаемых методом магнетронного распыления сверхвысокомолекулярного полиэтилена и политетрафторэтилена в вакууме. Изучены физико-химические свойства нанопокровов, получаемых методом электронно-лучевого диспергирования поливинилхлорида в вакууме. Проведены исследования по возможности использования ТМ с гидрофобизированным селективным слоем для обессоливания морской воды с помощью метода мембранной дистилляции [22, 23].

Получение методом электроформования и характеристика полимерных биоразлагаемых нановолокон на поверхности металлизированных трековых мембран для медицинских приложений. Разработано раневое покрытие, представляющее собой перфорированную полиэтилентерефталатную пленку, модифицированную нановолокнами хитозана с помощью метода электроформования. Раневое покрытие обладает высокой прочностью, эластичностью, водо- и газопроницаемостью. Оно обеспечивает достаточные условия для пролиферации клеток за счет структуры, повторяющей внеклеточный матрикс. Композитный материал не токсичен и может быть платформой для создания раневого покрытия нового поколения для применения в комбустиологии [24, 25].

Разработка методологических подходов к созданию технологии получения стерилизующих трековых мембран. Разработаны подходы к получению прототипа стерилизующих трековых мембран путем создания двух массивов пор в пленке, толщина которой превышает длину пробега ионов. Данный прототип мембраны основан на принципах ситового механизма разделения и сорбции фильтруемых бактериальных суспензий. Структурные и прочностные характеристики экс-

периментальных и опытно-промышленных образцов мембран полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым международными нормативами к стерилизующим мембранам. Опытные образцы, полученные по рулонной технологии, обеспечивают стерилизующую фильтрацию бактериальной суспензии штамма *Brevundimonas diminuta* ATCC 19146, содержащей 10^7 КОЕ/см².

Применение рентгенофлуоресцентного и гамма-активационного анализа для оценки экологической нагрузки от действующих промышленных объектов, в частности угольных ТЭС (в рамках сотрудничества с Монголией). Проведен анализ экологической обстановки в районе угольной ТЭС-4 (Улан-Батор). Для определения содержания тяжелых металлов и радионуклидов в образцах угля, шлака, золы-уноса и в пробах почвы и растительности применялись рентгенофлуоресцентный, гамма-активационный и гамма-спектрометрический методы анализа. Дана оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами относительно ПДК и регионального фона, а также оценка степени радиационной опасности деятельности ТЭС для населения, проживающего на близлежащей территории [26].

Расширение парка оборудования и внедрение в лабораторную практику новых физико-химических методов исследования (просвечивающей электронной микроскопии, термогравиметрии, измерения термостимулированных токов в диэлектриках). Введен в эксплуатацию просвечивающий электронный микроскоп Talos F200i, и проведен ряд исследований различных объектов, подвергнутых облучению ускоренными тяжелыми ионами. Внедрены в лабораторную практику методы дифференциальной сканирующей калориметрии, термостимулированных токов и механических испытаний полимерных пленок. Запущена установка изготовления нановолокон, и выполнен ряд экспериментов по созданию гибридных трековых мембран и композитов на основе ТМ. Результаты применения новых экспериментальных методов стали частью опубликованных, а также подготовленных к публикации научных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Semin V.A. et al.* DC-280 Cyclotron for Factory of Super Heavy Elements, Experimental Results // Proc. of the 12th Intern. Particle Accel. Conf. (IPAC'21), Campinas, Brazil, May 2021. P. 4126–4129; doi:10.18429/JACoW-IPAC2021-THPAB182.
2. *Gikal K.B., Bogomolov S.L., Ivanenko I.A., Kazarinov N.Yu., Pugachev D.K., Semin V.A., Lisov V.I., Protasov A.A.* Peculiarities of Producing ⁴⁸Ca, ⁴⁸Ti, ⁵²Cr Beams at the DC-280 Cyclotron // Proc. of the 27th Russ. Particle Accel. Conf. (RuPAC'2021), Alushta, Russia, Sept. 2021. P. 95–98; doi:10.18429/JACoW-RuPAC2021-FRA01.
3. *Ivanenko I.A., Gulbekyan G.G., Kalagin I.V., Kazarinov N.Yu., Osipov N.F., Semin V.A.* Reconstruction of U400M Cyclotron: Upgrade of U400M Cyclotron Magnetic Structure // Proc. of the 12th

- Intern. Particle Accel. Conf. (IPAC'21), Campinas, Brazil, May 2021. P. 1838–1840; doi:10.18429/JACoW-IPAC2021-TUPAB187.
4. *Mitrofanov V. et al.* FLNR JINR Accelerator Complex for Applied Physics Researches: State-of-the-Art and Future // Proc. of the 22nd Conf. on Cycl. and Their Appl., Cape Town, South Africa, Sept. 2019. P. 358–360; doi:10.18429/JACoW-CYCLOTRONS2019-FRB02.
 5. *Tsyganov Yu. S., Ibadullayev D., Polyakov A. N., Voinov A. A., Subbotin V. G., Schlattauer L., Kuznetsov D. A., Shubin V.* New Analog Spectrometer of the DGFRS-2 Setup for Real-Time Searching of ER- α and α - α Correlated Sequences in Heavy-Ion Induced Complete Fusion Nuclear Reactions // Acta Phys. Polon. B. Proc. Suppl. 2021. V. 14, No. 4. P. 767.
 6. *Ibadullayev D., Tsyganov Yu. S., Solovyov D. I., Shumeiko M. V.* YDA C++ Program Package for Operating with a New Analog Spectrometer of DGFRS-II Setup // Acta Phys. Polon. B. Proc. Suppl. 2021. V. 14, No. 4. P. 873.
 7. *Sagaidak R. N.* Effects of Beam Wobbling and Target Rotation on the Target Temperature in Experiments with Intense Heavy Ion Beams // Phys. Rev. Accel. and Beams. 2021. V. 24. P. 083001.
 8. *Sagaidak R. N.* Empirical Relations for Heavy-Ion Equilibrated Charges and Charge-Changing Cross Sections in Diluted H₂ with Application // Eur. Phys. J. D. 2021. V. 75. P. 220.
 9. *Svirikhin A. I., Yeremin A. V., Zamyatin N. I., Izosimov I. N., Isaev A. V., Kuznetsova A. A., Malyshev O. N., Mukhin R. S., Popeko A. G., Popov Yu. A., Sokol E. A., Sailaubekov B., Tezekbayeva M. S., Chelnokov M. L., Chepigin V. I., Andel B., Antalic S., Bronis A., Mosat P., Gall B., Dorvaux O., Lopez-Martens A., Hauschild K.* The New ²⁴⁹No Isotope // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18, No. 4. P. 445–448.
 10. *Lopez-Martens A., Hauschild K., Svirikhin A. I., Asfari Z., Chelnokov M. L., Chepigin V. I., Dorvaux O., Forge M., Gall B. J. P., Isaev A. V., Izosimov I. N., Kessaci K., Kuznetsova A. A., Malyshev O. N., Mukhin R. S., Popeko A. G., Popov Yu. A., Sailaubekov B., Sokol E. A., Tezekbayeva M. S., Yeremin A. V.* On the Fission Properties of ²⁵³Rf and the Stability of Neutron-Deficient Rf Isotopes // Phys. Rev. B. 2021 (submitted).
 11. *Isaev A. V., Yeremin A. V., Zamyatin N. I., Izosimov I. N., Kuznetsova A. A., Malyshev O. N., Mukhin R. S., Popeko A. G., Popov Yu. A., Sailaubekov B., Svirikhin A. I., Sokol E. A., Tezekbayeva M. S., Testov D. A., Chelnokov M. L., Chepigin V. I., Antalic S., Mosat P., Brionnet P., Gall B., Dorvaux O., Kessaci K., Sellam A., Lopez-Martens A., Hauschild K.* Study of Spontaneous Fission Using the SFiNX System // Acta Phys. Polon. B. 2021. V. 14, No. 4. P. 835.
 12. *Bogachev A. A. et al.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 104. P. 024623.
 13. *Kozulin E. M. et al.* // Phys. Rev. C (submitted).
 14. *Kozulin E. M. et al.* // Phys. Lett. B. 2021. V. 819. P. 136442.
 15. *Muzalevskii I. A., Bezbakh A. A., Nikolskii E. Yu., Chudoba V., Krupko S. A., Belogurov S. G., Biare D., Fomichev A. S., Gazeeva E. M., Gorshkov A. V., Grigorenko L. V., Kaminski G., Kiselev O., Kostyleva D. A., Kozlov M. Yu., Mauryey B., Mukha I., Parfenova Yu. L., Piatek W., Quynh A. M., Schetinin V. N., Serikov A., Sidorchuk S. I., Sharov P. G., Shulgina N. B., Slepnev R. S., Stepantsov S. V., Swiercz A., Szymkiewicz P., Ter-Akopian G. M., Wolski R., Zalewski B., Zhukov M. V.* Resonant States in ⁷H. Experimental Studies in the ²He(⁸He, ³He) Reaction // Phys. Rev. C. 2021. V. 103. P. 044313; arXiv: 2010.09655.
 16. *Penionzhkevich Yu. E., Samarin V. V., Maslov V. A., Lukyanov S. M., Aznabayev D., Borcea K., Butusov I. V., Issatayev T., Mendibayev K., Skobelev N. K., Stukalov S. S., Shakhov A. V.* Energy Spectra of Alpha Particles in the Interaction of ⁵⁶Fe Nuclei with Tantalum and Uranium Nuclei at an Energy of 320 MeV // Phys. At. Nucl. 2021. V. 84. P. 115.
 17. *Zemlyanoy S. G., Zagrebaev V. I., Avvakumov K. A., Zuzaan B., Tserensambuu T., Myshinsky G. V., Zhemenuk V. I., Kudryavtsev Yu., Fedosseev V., Bark R., Janas Z., Kabytayeva R. K.* GALS — Setup for Production and Study of Heavy Neutron Rich Nuclei at JINR // Status Report IGLIS-NET Newslett. 2021. No. 9.
 18. *Korneeva E. A., Ibrayeva A., Janse van Vuuren A., Kurpaska L., Clozel M., Mulewska K., Kirilkin N. S., Skuratov V. A., Neethling J., Zdorovets M.* Nanoindentation Testing of Si₃N₄ Irradiated with Swift Heavy Ions // J. Nucl. Mater. 2021. V. 555. P. 153120; https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2021.153120.
 19. *Zhumazhanova A., Mutali A., Ibrayeva A., Skuratov V., Dauletbekova A., Korneeva E., Akilbekov A., Zdorovets M.* Raman Study of Polycrystalline Si₃N₄ Irradiated with Swift Heavy Ions // Crystals. 2021. V. 11. P. 1313; https://doi.org/10.3390/cryst11111313.
 20. *Blonskaya I. V., Lizunov N. E., Olejniczak K., Orelovich O. L., Yamauchi Y., Toimil-Molares M. E., Trautmann C., Apel P. Y.* Elucidating the Roles of Diffusion and Osmotic Flow in Controlling the Geometry of Nanochannels in Asymmetric Track-Etched Membranes // J. Membrane Sci. 2021. V. 618. P. 118657; https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118657.
 21. *Blonskaya I. V., Kristavchuk O. V., Nechaev A. N., Orelovich O. L., Polezhaeva O. A., Apel P. Y.* Observation of Latent Ion Tracks in Semicrystalline Polymers by Scanning Electron Microscopy // J. Appl. Polym. Sci. 2021. V. 83, No. 8. P. 49869; https://doi.org/10.1002/app.49869.
 22. *Кравец Л. И., Алтынов В. А., Гайнутдинов Р. В., Satulu V., Mitu B., Dinescu G.* Гидрофобизация трековой мембраны из полиэтилентерефталата методом магнетронного осаждения полимеров на ее поверхности // Наноиндустрия. 2021. Т. 14, № 6. С. 32–43.
 23. *Кравец Л. И., Ярмоленко М. А., Рогачев А. А., Гайнутдинов Р. В., Алтынов В. А., Лизунов Н. Е.*

- Формирование на поверхности трековых мембран гидрофобных покрытий методом электронно-лучевого диспергирования поливинилхлорида в вакууме // Наноиндустрия. 2021. Т. 14, № 6. С. 44–54.
24. *Pereao O., Uche C., Bublikov P. S., Bode-Aluko C., Rossouw A., Vinogradov I. I., Nechaev A. N., Opeolu B., Petrik L.* Chitosan/PEO Nanofibers Electrospun on Metallized Track-Etched Membranes: Fabrication and Characterization // *Mater. Today Chem.* 2021. V. 20. P. 100416; <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2020.100416>.
25. *Vinogradov I. I., Petrik L., Serpionov G. V., Nechaev A. N.* Composite Membrane Based on Track-Etched Membrane and Chitosan Nanoscaffold // *Membr. Membr. Technol.* 2021. V. 3, No. 6. P. 400–410; doi:10.1134/S2517751621060093.
26. *Густова М. В., Каплина С. П., Густова Н. С., Балжинням Н., Бадамгарав Ч.* Оценка риска радиоэкологического загрязнения в зоне влияния действующей угольной ТЭС. Препринт ОИЯИ Р18-2021-43. Дубна, 2021.



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2021 г. была направлена на получение новых результатов в рамках семи тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ: по физике конденсированных сред («Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов», 04-4-1142-2021/2025, руководители Д. П. Козленко, В. Л. Аксенов и А. М. Балагуров; «Современные тенденции и разработки в области рамановской микроспектроскопии и фотолюминесценции для исследований конденсированных сред» 04-4-1133-2018/2023, руководители Г. М. Арзуманян и Н. Кучерка); по нейтронной ядерной физике («Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона», 03-4-1128-2017/2022, руководитель Е. В. Лычагин); по развитию базовых установок лаборатории

(«Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов», 04-4-1105-2011/2022, руководители А. В. Белушкин, А. В. Виноградов и А. В. Долгих); по развитию комплекса спектрометров ИБР-2 («Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2», 04-4-1143-2021/2025, руководители В. И. Боднарчук и В. И. Приходько); по развитию проекта нового источника нейтронов («Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ», 04-4-1140-2020/2022, руководители В. Н. Швецов, М. В. Булавин); по созданию лаборатории структурных исследований SOLCRYS в Польше («Создание лаборатории структурных исследований SOLCRYS в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS», 04-4-1141-2020/2022, руководитель Н. Кучерка).

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

В 2021 г. реактор ИБР-2 работал на физические эксперименты в рамках пользовательской программы 60 дней. С ноября до конца года программа была реализована полностью без непосредственного участия пользователей. Получено 297 заявок на проведение экспериментов: 35 % заявок были направлены на решение задач материаловедения, 23 % — посвящены физическим проблемам, а остальные 42 % охватывали исследования в области химии, геологических наук, биологии и прикладные задачи. 240 поданных заявок были приняты к реализации.

Структурные исследования новых оксидных, интерметаллических и наноструктурированных материалов. Слоистые ван-дер-ваальсовские магнетики типа CrX_3 ($X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) являются перспективным классом слоистых материалов — аналогов графена, — в которых магнит-

ные атомы образуют квазидвумерные слабо взаимодействующие слои с гексагональными ячейками. Недавние исследования двумерных форм этих материалов показали, что магнитное упорядочение в них может сохраняться при достаточно высоких температурах, вплоть до предела монослоя. Кроме того, в данных материалах обнаружено большое разнообразие новых физических явлений при изменении термодинамических параметров (температуры и давления), включая сверхпроводимость, топологические спиновые возбуждения, скирмионные состояния, переход диэлектрик–металл, спиновый кроссовер.

С помощью нейтронной дифракции (дифрактометра ДН-6) и взаимодополняющего метода рамановской спектроскопии проведены исследования структурных, магнитных и колебательных свойств модельного представителя семейства ван-дер-ваальсовских магнетиков CrX_3 — CrBr_3 [1].

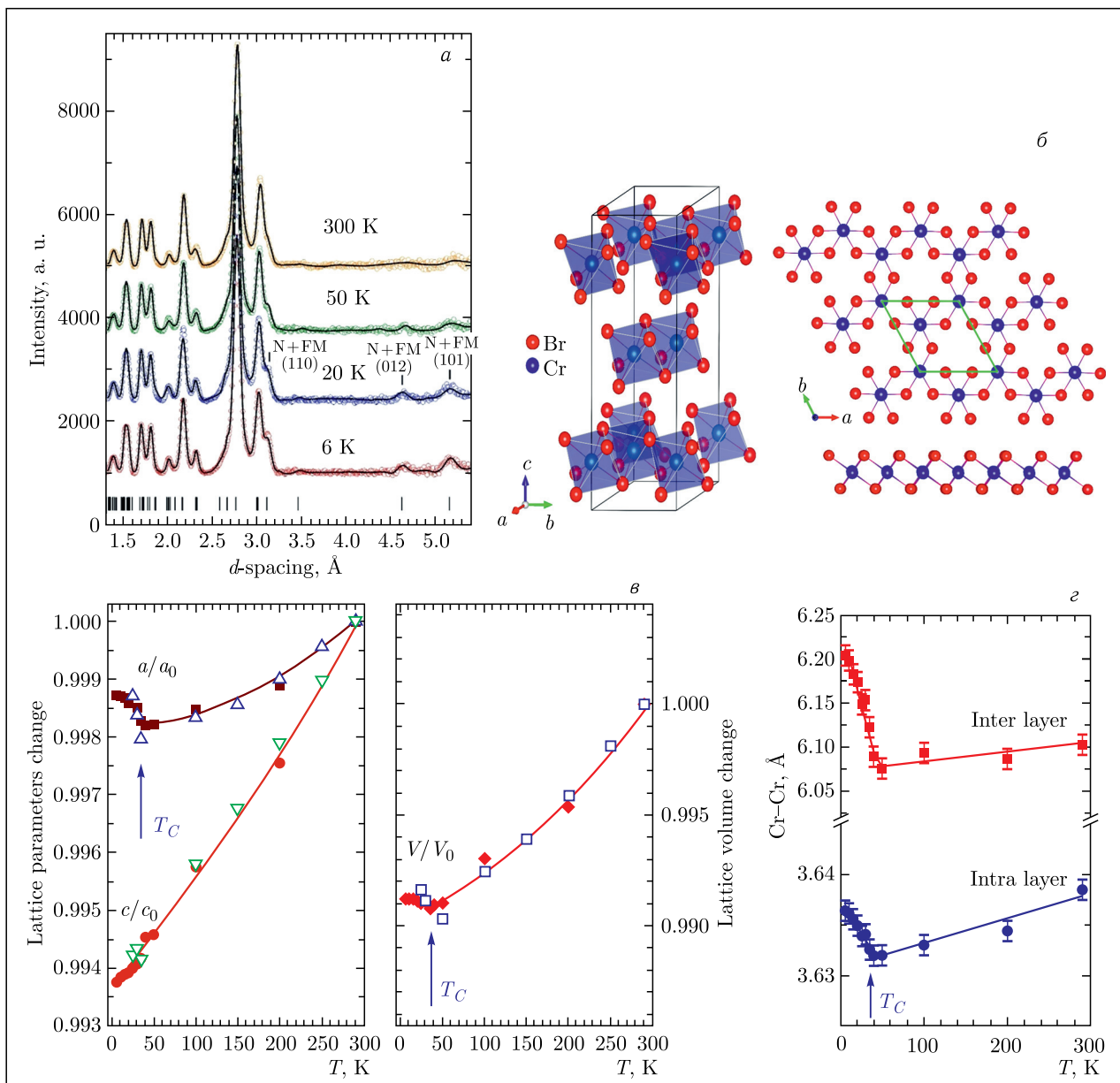


Рис. 1. а) Нейтронные дифракционные спектры CrVg_3 , измеренные при различных температурах, и профили, рассчитанные по методу Ритвелда. б) Ромбоэдрическая кристаллическая структура CrVg_3 симметрии $R\bar{3}$. в) Температурные зависимости параметров и объема элементарной ячейки кристаллической решетки CrVg_3 , нормированные на соответствующие значения при комнатной температуре. г) Температурные зависимости расстояний между магнитными ионами Cr внутри ван-дер-ваальсовских слоев (intra layer) и между слоями (inter layer)

Магнитные моменты ионов Cr, формирующие графеноподобную магнитную решетку в слоях Vg–Cr–Vg, упорядочиваются ферромагнитно при температуре $T_C = 37$ K. В области этой T_C обнаружено anomalous поведение структурных характеристик (рис. 1), включая параметры кристаллической решетки, межатомные расстояния и углы. Кроме того, ниже этой температуры в CrVg_3 наблюдалось изменение характера теплового расширения с положительного на отрицательный как всего объема кристаллической решетки, так и квазидвумерных ван-дер-ваальсовских слоев. Следует отметить, что отрицательное тепловое расширение — сравнительно редкий физический эффект,

обнаруженный лишь в нескольких классах кристаллических материалов. Кроме того, графен также демонстрирует отрицательное тепловое расширение, причем коэффициент линейного теплового расширения атомных слоев в CrVg_3 в области $T < T_C$, $\alpha_l = -1,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ оказался близким к соответствующей величине для графена в области низких температур. Полученный результат свидетельствует о хорошей совместимости материалов типа CrX_3 и графена с точки зрения перспектив создания гетероструктур на их основе для практического использования. В области температуры магнитного упорядочения также наблюдались ярко выраженные эффекты спин-фононного взаимодей-

ствия, проявляющиеся в значительном увеличении частот колебательных мод.

С помощью нейтронной дифракции высокой интенсивности и высокого разрешения (дифрактометра ФДВР) для сплавов Fe- x Al и Fe- x Ga проведен анализ эффектов когерентного кластерного упорядочения в зависимости от концентрации Al или Ga при фазовых переходах порядок-беспорядок при изменении температуры [2]. Формирование упорядоченной структуры приводит к уменьшению параметра элементарной ячейки и его скачкообразному изменению на величину $\Delta a/a \approx 0,001$. Из нейтронных дифракционных данных следует, что в определенном интервале содержания Al или Ga в сплаве возможно формирование особого типа микроструктуры, сочетающей объемные кластеры упорядоченной фазы, дисперсно внедренные в неупорядоченную или частично упорядоченную матрицу. Характерные размеры областей когерентного рассеяния в кластерах составляют несколько сотен ангстрем, увеличиваясь при отжиге. Матрица и кластеры имеют высокую степень когерентности, проявляющуюся в соответствии параметров решетки с высокой точностью ($\Delta a/a \leq 0,0001$). Искажения и тем более расщепления профилей дифракционных пиков при этом не наблюдаются. Расщепления пиков, зарегистрированные в поверхностных слоях сплавов или в тонких лентах методом рентгеновской или электронной дифракции, связаны с формированием некогерентных двухфазных состояний. Различия параметров кристаллических решеток этих фаз соответствуют ожидаемым и превышают различия параметров фаз, образующих кластерную микроструктуру, в десятки раз. Это означает, что двухфазные состояния (A2 + B2, A2 + D03, B2 + D03), наблюдаемые в поверхностном слое (рентгеновская или электронная дифракция) и в объеме (дифракция нейтронов) сплавов Fe-Al и Fe-Ga, имеют совершенно разную природу и причины возникновения. Следовательно, предположения о возможной взаимосвязи повышенной магнитострикции сплавов Fe-Al и Fe-Ga с наблюдаемыми в рентгеновских или электронных дифракционных экспериментах двухфазными состояниями не являются обоснованными.

Продолжены комплексные исследования образцов твердого раствора стронциевых гексаферритов SrFe_{12-x}In_xO₁₉ ($x = 0,1, 0,6$ и $1,2$) [3]. Методом нейтронной дифракции исследованы их структурные особенности в интервале температур от 1,5 до 300 К. При сравнении кристаллической структуры стронциевых гексаферритов в рамках центросимметричной ($P6_3/mmc$) и нецентросимметричной ($P6_3mc$) пространственных групп видна различная степень искажения ($S_{(FeO_6)}$) соседних кислородных полиэдров. Установлено наличие аномально низкого термического расширения параметров элементарной ячейки в интервале температур от 1,5 до 300 К, что может быть обусловлено сменой режима взаимных вращений и наклонов кислородных полиэдров по аналогии со сложны-

ми перовскитоподобными оксидами. В образцах SrFe_{12-x}In_xO₁₉ ($x = 0,1, 0,6$ и $1,2$) обнаружено возникновение спонтанной поляризации, что противоречит описанию его кристаллической структуры в рамках общепринятой центросимметричной пространственной группы $P6_3/mmc$ (№ 194). Сам механизм возникновения спонтанной поляризации объяснен как результат несоразмерного искажения соседних кислородных полиэдров вследствие нарушения инверсионной симметрии кристаллической структуры стронциевых гексаферритов.

Исследования магнитных жидкостей и наночастиц. С помощью малоуглового нейтронного и рентгеновского рассеяния исследована структурная организация магнитного текстиля — нанокompозитного материала, разрабатываемого для биокаatalиза (рис. 2). Наночастицы оксидов железа проявляют ферментативную активность и изучаются как основа искусственных ферментов. В частности, перспективным видится их внедрение в различные искусственные ткани. Так, для этой цели используется осаждение магнитных наночастиц на хлопчатобумажные изделия из магнитных жидкостей, регулируемое с помощью внешнего магнитного поля. В рамках комплексной характеристики рассмотрены наночастицы магнетита и их агрегаты, связанные на тканых хлопковых материалах, с использованием двух простых процедур модификации [4]. Одна модификация была основана на обработке текстиля магнитной жидкостью, стабилизированной хлорной кислотой, разбавленной метанолом, с последующей сушкой. Вторая процедура была основана на преобразовании сульфата двухвалентного железа с помощью микроволн при высоком значении pH с последующей сушкой. Подробно проанализированы структура и функциональные свойства модифицированных тканей. По результатам малоуглового рассеяния с использованием различных контрастных возможностей рентгеновского и нейтронного излучений был сделан вывод о различной структурной организации наночастиц в двух типах модифицированного текстиля. Каталитические свойства магнитного текстиля определялись измерением пероксидазоподобной активности по обезбачиванию стандартного раствора кристаллического фиолетового с субстратом (сульфатной солью N) в присутствии перекиси водорода.

Исследование биологических наносистем, липидных мембран и липидных комплексов. С помощью метода малоуглового рассеяния изучены морфологические изменения в модельных липидных мембранах, вызванные встраиванием бета-амилоидного пептида [5]. Показано, что встраивание бета-амилоидного пептида оказывает влияние как на структуру агрегатов, так и на внутреннюю структуру мембраны в целом и на ее толщину в частности. На рис. 3 показаны изменения толщины мембраны и размера агрегата для систем, сформированных из липидов димиристоилфосфатидил-

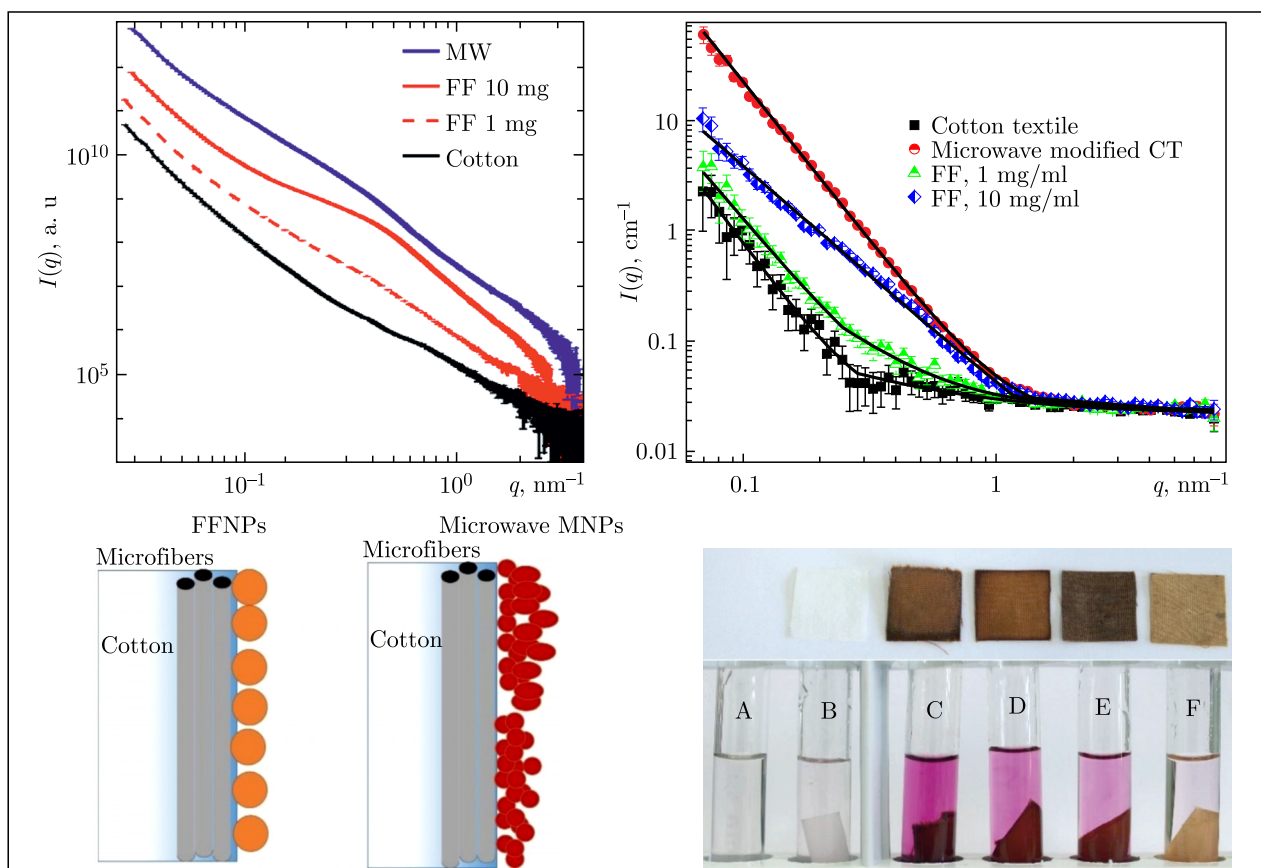


Рис. 2. «Экспериментальные» кривые малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния для исходного текстиля и нанокompозитного текстиля, модифицированного магнитными наночастицами с прямым осаждением магнетита из магнитной жидкости и сушкой (FF) и с микроволновым облучением при синтезе наночастиц в присутствии хлопчатобумажной ткани (MW). Приведена принципиальная схема структурной организации в модифицированном нанотекстиле для двух способов осаждения. Продемонстрирована пероксидазоподобная активность магнитного текстиля в зависимости от содержания магнетита

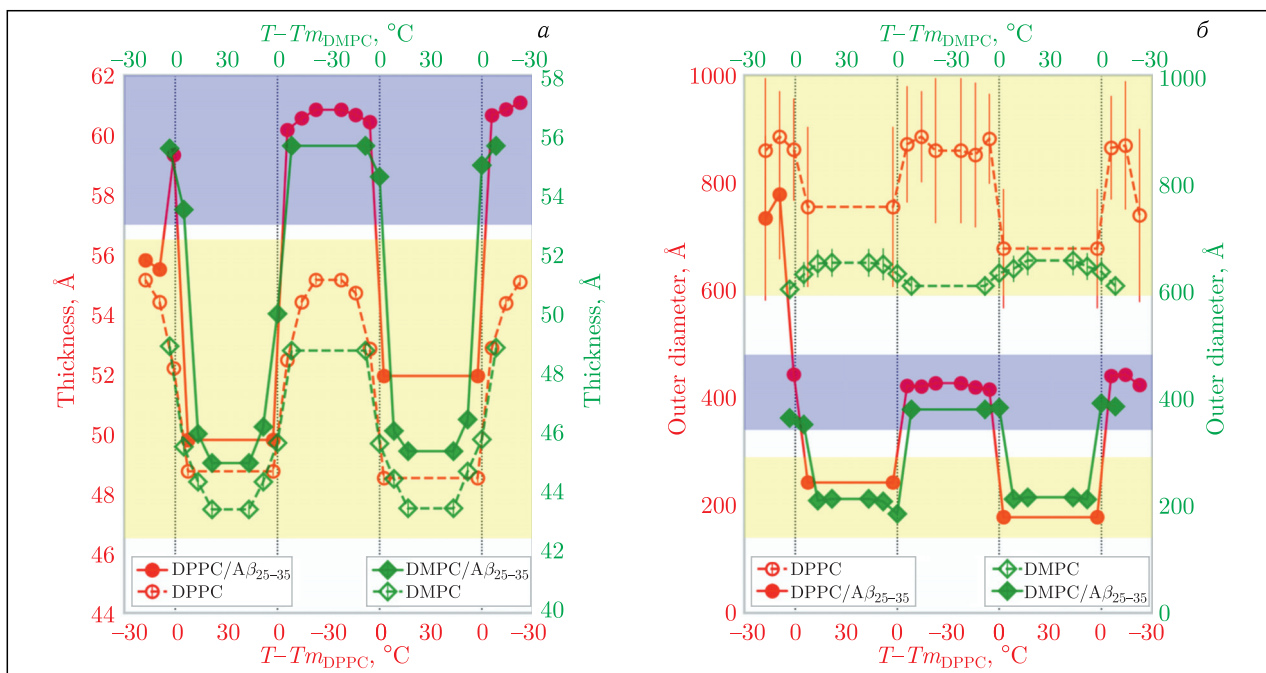


Рис. 3. Изменение толщины модельной мембраны (а) и размеров агрегатов (б) в зависимости от сдвига температуры относительно главного фазового перехода для ДМФХ (зеленые ромбы) и ДПФХ (красные круги) с добавлением и без добавления бета-амилоидного пептида

холина (ДМФХ) и дипальмитоилфосфатидилхолина (ДПФХ). Данные липиды отличаются так называемой температурой главного фазового перехода. Изменения толщины мембраны и размеров агрегатов происходят в зависимости от температурного сдвига относительно температуры главного фазового перехода. Полученные зависимости свидетельствуют об унифицированном характере взаимодействия пептида с мембраной и подтверждены методом просвечивающей электронной микроскопии.

Двухкомпонентные системы (ДКС) отвечают за коммуникацию микроорганизмов с окружающей средой, они присутствуют почти во всех доменах и являются наиболее распространенными сигнальными системами в живой природе. Рецепторы ДКС, как правило, являются трансмембранными белками. Несмотря на широкий интерес научного сообщества к изучению ДКС, имеющиеся в настоящее время результаты исследований ограничены описанием структуры фрагментов этих белков. Трудности в структурных исследованиях полно-размерных рецепторов ДКС связаны с большим размером и высокой динамичностью водорастворимой части трансмембранных рецепторов ДКС. С помощью малоуглового нейтронного рассеяния на спектрометре ЮМО была получена структура сенсора ДКС — полноразмерного фоторецепторного комплекса сенсорного родопсина с его родственным трансдюсером из экстремофильной археи *Natronomonas pharaonis* [6, 7]. Активированный при воздействии света сенсорный родопсин II (*NpSRII*) индуцирует структурные и/или динамические изменения в трансдюсере (*NpHtrII*), которые преобразуются двумя НАМР-доменами и передаются вдоль цитоплазматического киназного модуля длиной 200 Å до крайней области цитоплазматической части *NpHtrII*. Активированная трансдюсером гистидинкиназа CheA (связанная с адаптерным белком CheW) подвергается автофосфорилированию и дополнительно переносит фосфатную группу в регуляторы ответа CheY или CheB. CheY влияет на смещение вращения жгутика, в то время как метилэстераза CheB наряду с метилтрансферазой CheR контролирует механизм адаптации. Общая схема молекулярного механизма передачи сигнала предполагает последовательные динамические изменения в цитоплазматических доменах. Как хеморецепторы, так и трансдюсеры сенсорных родопсинов демонстрируют различную динамику в соседних модулях, что коррелирует с передачей сигнала вдоль цитоплазматического «стержня». Гомодимеры хеморецепторов (или комплексов родопсин–трансдюсер) в клеточной мембране образуют тримеры, составляющие функциональные единицы. Тримеры димеров образуют структурно-функциональную единицу при образовании сигнальных двумерных массивов — компактных мембранных суперкомплексов, отвечающих за усиление входящего сигнала. Представленная молекулярная модель гексамера (тримера

димеров) построена с помощью комбинации методов малоуглового рассеяния и молекулярного моделирования. Таким образом, показано, что контакт между димерами *NpSRII/NpHtrII* в гексамере опосредован только цитоплазматическими частями, трансмембранные части димеров при этом не контактируют друг с другом, т.е. имеет место tripod-образная модель, отличная от предложенных ранее в публикациях О- и Y-образных моделей.

Исследовано влияние мелатонина и/или холестерина на структурные свойства модельного липидного бислоя, полученного из 1,2-диолеил-глицеро-3-фосфохолина [8]. В экспериментах по нейтронной рефлектометрии (ГРЭИНС, ИБР-2), проведенных с мембранами, выявлены изменения толщины липидного бислоя при введении дополнительных компонентов. Наличие холестерина приводит к увеличению толщины мембраны, в то время как в случае с мелатонином наблюдается противоположный эффект. Полученные результаты хорошо согласуются с данными молекулярно-динамического моделирования, которое предоставляет дополнительную информацию об организации компонентов в исследуемых системах, что указывает на механизм, лежащий в основе изменения толщины мембран вследствие добавления холестерина и мелатонина. Холестерин и мелатонин накапливаются в разных участках мембраны, вероятно, по-разному влияя на конформацию гидрофобных липидных частей и, в свою очередь, на структуру всей мембраны.

Проблема устойчивости болезнетворных микроорганизмов является одной из ключевых в мировом здравоохранении. Существующие антибиотики оказываются неэффективными в отношении новых бактериальных штаммов, процесс появления новых препаратов происходит слишком медленно, и человечество вплотную подошло к порогу, за которым возможны возврат в «доантибиотиковую эру» и превращение казавшихся побежденными инфекций в крайне опасные. Коллективом ученых из России, Румынии, Сербии, Польши и Чехии проведено исследование структурных и антимикробных свойств новых биосовместимых наноконструкций, состоящих из липосом соевого лецитина, хитозана и наночастиц серебра/хлорида серебра [9, 10]. Важно отметить, что для уменьшения токсичности наночастиц в исследовании был применен «зеленый» синтез — получение их из экстрактов растений. Морфологические (AFM, SEM) и структурные (SAXS, SANS) методы анализа подтвердили наноразмерный масштаб компонентов полученных биоконструкций. Присутствие гибридных наночастиц Ag/AgCl, синтезированных из корневища куркумы или листьев винограда и крапивы, было определено методами XRD и EDS. С помощью оптической спектроскопии (UV-Vis absorption и FTIR) и измерения дзета-потенциала было подтверждено образование стабильных биогридных наноконструкций. Все перечисленные

выше исследования были нацелены на разработку высокоэффективных биосовместимых комплексов, имеющих широкий потенциал для применения в различных областях медицины. Интересно отметить, что полученные и исследованные материалы также имеют значительную активность против раковых клеток, которая подтверждена в *in vitro* экспериментах с клетками HT-29 и HepG2. При этом наиболее высокую эффективность (и отсутствие гемолитической активности) продемонстрировали лишь композиты, имеющие в составе биоподобные липидные бислои.

Исследование полимерных материалов. Исследовано влияние водорастворимого мономера (акриламида) на структуру и реологические свойства гигантских червеобразных мицелл анионного ПАВ олеата калия при разном содержании солей. Измерения малоуглового рассеяния нейтронов на спектрометре ЮМО (ИБР-2) в комплексе с комплементарными методами (реометрии, флуоресцентной и ЯМР-спектроскопии, тензиометрии) позволили отследить характер изменения/сохранения структуры мицелл. Показано, что при низком содержании соли, когда червеобразные мицеллы являются линейными, акриламид вызывает их укорочение и превращение в сферические мицеллы в результате его включения в мицеллярную корону, что приводит к падению вязкости. При высоком содержании соли, обеспечивающем существование разветвленных червеобразных мицелл, мономер сначала запускает их переход в длинные линейные цепи, что увеличивает вязкоупругость, а затем — переход в стержни. Таким образом, влияние мономера на реологические свойства существенно различается для линейных и разветвленных мицелл [11]. Использование разветвленных мицелл позволяет сохранять большие червеобразные мицеллы при высоком содержании водорастворимого мономера, что благоприятно для их использования в качестве нанореакторов для синтеза сополимеров с высокой степенью блочности, дающих механически стойкие полимерные гели.

Прикладные работы. Алюминиевые сплавы серии 2xxx широко используются во многих отраслях промышленности, особенно в авиакосмической, из-за их высокой механической прочности и небольшого веса. Однако при температуре выше 200 °С их механические характеристики ухудшаются из-за ускорения процессов выпадения вторичных фаз (преципитатов). Особый интерес вызывает ползучесть алюминия и его сплавов при различных температурах, а также распределение остаточных напряжений в материале после термообработки. Проведено исследование напряженного состояния цилиндрических образцов из алюминиевых сплавов 5083Al и 2014Al, изготовленных методом экструзии и подвергнутых закалке и последующему медленному охлаждению [12]. Измерения текстуры проводились в CENIM (Испания) на рентгеновском дифрактометре Bruker AXS D8.

Исследование остаточных напряжений в образцах из сплава 5083Al выполнено на нейтронном фурье-стресс-дифрактометре (ФСД) в ЛНФ ОИЯИ, в образцах из сплава 2014Al — на дифрактометре EDDI на источнике синхротронного излучения BESSY (Германия). По результатам текстурных измерений было установлено, что в результате экструзии в сплаве 5083Al образуется аксиальная текстура с компонентами $\langle 111 \rangle$ и $\langle 100 \rangle$ вдоль оси экструзии, которые плавно спадают от центра образца к его краю. Все основные дифракционные пики от сплава 5083Al в нейтронных спектрах индифференцировались в рамках ГЦК-структуры с пространственной группой $Fm\bar{3}m$ и параметром решетки $a_0 \approx 4,07 \text{ \AA}$. Предположено наличие заметных микронапряжений, возникающих в процессе термообработки. Расчеты на основе генетического алгоритма для закаленного цилиндрического образца из сплава 5083Al показали, что остаточные микронапряжения могут варьироваться в значительных пределах: от -263 до 301 МПа. Кроме того, в случае медленного охлаждения профили распределений для d_{hkl} не являются плоскими, что свидетельствует о наличии небольших остаточных макронапряжений, которые не релаксируют полностью в результате термообработки. Похожие параболические профили распределений наблюдаются и для сплава 2014Al. Погрешности определения напряжений не превышают ± 20 МПа. Видно, что в обоих сплавах для закаленных образцов распределение напряжений в зависимости от расстояния до центра образца носит параболический характер. При этом максимальная величина остаточного напряжения (аксиальная компонента) в закаленном образце для сплава 2014Al почти в 2 раза ниже, чем для сплава 5083Al. Это различие полностью согласуется с результатами недавних исследований, в которых установлено, что уровень остаточных макронапряжений зависит не только от термических и механических свойств сплавов, но и от параметров деформационного упрочнения материала и размеров (диаметров) цилиндрических образцов. Показано, что различия в остаточных напряжениях между внутренней и внешней областями растут с увеличением расстояния, пройденного фронтом закалки, и с уменьшением предела текучести. Образцы, подвергнутые медленному охлаждению, демонстрируют ненулевой уровень остаточных макронапряжений, которые обусловлены их неполной релаксацией в результате термообработки: 68 МПа для сплава 5083Al и 12 МПа для сплава 2014Al. Это несколько неожиданный результат, который требует дальнейшего изучения и анализа, так как термообработка должна была бы привести к полной релаксации макронапряжений. Учет градиента текстуры приводит к довольно заметному увеличению аксиальных остаточных напряжений в сплаве 5083Al после закалки (около 24 МПа) и практически не меняет их после медленного охлаждения (разница около 3 МПа). Для сплава 2014Al ситуация обратная: изменений после закалки нет (раз-

ница около 5 МПа), после медленного охлаждения разница становится заметной и составляет около 18 МПа. Дополнительно были проведены расчеты остаточных напряжений для сплава 5083Al по результатам обработки по методу Ритвельда в предположении однородной текстуры. В данном случае распределение напряжений имело параболический профиль, и полученные величины напряжений хорошо согласуются с результатами обработки отдельных пиков. После медленного охлаждения наблюдается практически полная релаксация остаточных напряжений в пределах ± 10 МПа.

Проведены исследования влияния элементного состава раковин двустворчатых моллюсков вида *Mytilus galloprovincialis*, обитающих в районе залива Салданья (Южная Африка), на их кристаллографическую текстуру. Содержание 23 элементов в раковинах этих моллюсков было определено с помощью нейтронно-активационного анализа (НАА). Анализировались раковины мидий, живущих в трех разных локациях (станциях). По данным НАА выяснилось, что дикие мидии из залива Опасный, открытого для океанических вод, живут в стрессовых природных условиях и содержат значительное количество большинства элементов по сравнению с мидиями, выращиваемыми в закрытых акваториях (яхт-клубе Лангебана и Малой бухте) с антропогенными нагрузками. Измерения полных полюсных фигур проводились методом времяпролетной дифракции нейтронов на установке СКАТ. Для исследования выбирались створки раковин длиной не менее 30 мм и массой не менее 10 г. 3–4 створки были соединены двухкомпонентным клеем. Раковины состоят из двух минералогических фаз — кальцита и арагонита. Анализировались наиболее интенсивные дифракционные рефлексы, соответствующие кристаллографическим плоскостям с индексами Миллера (0006) и (10–14) для кальцита и (012)/(121) и (102)/(200) для арагонита. Установлено, что даже значительные различия в концентрации элементов между станциями не приводят к существенным изменениям кристаллографической текстуры раковин мидий из исследованных зон. Некоторые различия в максимальных значениях на полюсных фигурах находятся в диапазоне изменчивости, установленном для рода *Mytilus*. Тем не менее есть некоторые количественные корреляции этих изменений с концентрацией таких элементов, как Вг, Mg, Sr [13].

Химический состав и пространственное распределение фазовых компонентов древнегреческих культовых медных монет из крупного некрополя «Волна-1», известных как «Обол Харона», были детально исследованы с помощью методов нейтронной дифракции и томографии [14]. (Именно такие монеты сопровождали умершего для платы Харону — перевозчику душ через реку Стикс, отделяющую мир мертвых от мира живых.) Высокая проникающая способность и природа взаимодействия нейтронов с веществом позволили определить фазовый состав монет, а также отделить

металлический сплав монет от материала патины. Результаты нейтронной томографии позволили частично восстановить элементы рисунков чеканки монет. Методом нейтронной дифракции определена относительная концентрация олова в бронзовом сплаве монет. Полученные нейтронные данные позволяют сделать некоторые выводы о происхождении найденных монет, а также об историческом периоде их денежного обращения в древнегреческих колониях.

Методические результаты. На ФСД выполнен ряд работ в рамках развития этой установки. Новый фурье-прерыватель, изготовленный компанией Airbus Defence and Space, полностью интегрирован в систему управления экспериментом SONIX, установлен вакуумный клапан для него, а также подключены датчики для контроля вакуума в фурье-прерывателе и нейтронноводе. Для расширения возможностей по точному позиционированию образца установлена дополнительная платформа XY-перемещения 8MT200XY (Standa).

Проведена значительная модернизация фурье-дифрактометра FSS. Выполнена замена старого прерывателя, которым ранее была укомплектована установка, на модернизированный фурье-прерыватель с ФСД с новой автоматизированной платформой перемещения. Старый фурье-прерыватель имел ограничение по максимальной скорости вращения $\Omega_{\max} = 2000$ об/мин, обусловленное его конструкцией. При его замене на прошедшей модернизацию фурье-прерыватель со значительно большей максимальной скоростью вращения ($\Omega_{\max} = 6000$ об/мин), ранее использовавшийся на ФСД, заметно увеличилась разрешающая способность. Установленный прерыватель смонтирован на платформе прецизионного перемещения, что позволяет при необходимости дистанционно вводить прерыватель в пучок и выводить из пучка и оперативно переключаться между режимами ToF (высокая светосила) и RToF (высокое разрешение). Результаты тестовых дифракционных экспериментов на стандартном образце железа показали, что после замены фурье-прерывателя разрешающая способность FSS значительно улучшилась из-за уменьшения временной компоненты функции разрешения. При этом фактор выигрыша для полной функции разрешения FSS достигает значений 2,6 при $d_{hkl} = 0,5$ Å и 1,19 при $d_{hkl} = 2,5$ Å при увеличении максимальной скорости прерывателя с 2000 до 6000 об/мин. При необходимости перед детекторами Ost и West могут устанавливаться радиальные коллиматоры с фокусным расстоянием $F = 230$ мм и пространственным разрешением 1 или 2 мм, обеспечивающими выделение малого рассеивающего объема в глубине исследуемого образца. Радиальные коллиматоры установлены на платформах перемещения, которые позволяют дистанционно вводить их в рассеянный пучок и выводить из пучка, что позволяет формировать необходимым образом рассеянный пучок нейтронов в эксперименте.

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА РАМАНОВСКОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ И МИКРОСПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Проект «Биофотоника» состоит из фундаментальной и прикладной частей. Что касается фундаментальных исследований, то деятельность направлена на выявление и понимание механизмов аномального соотношения интенсивностей антистоксовых/стоксовых компонент в спектре гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) света. Это позволит сформулировать условия получения воспроизводимых спектров ГКР при разработке биосенсоров. Прикладные задачи связаны со спектроскопическими исследованиями нетоза, в частности с поиском рамановских маркеров этого явления, а также с определением механизмов запуска стерильной активации нетоза под действием УФ-излучения, и с липидно-белковым взаимодействием в липосомах/липодисках, имитирующих мембраны.

Цель исследования состоит в том, чтобы уточнить и количественно оценить роль механизмов, ответственных за наблюдаемое расхождение отношения aS/S с определенным соотношением Больцмана для теплового равновесия населенностей верхнего и нижнего колебательных уровней соответствующих возбужденных раман-активных переходов.

Получены зависимости отношения интенсивности линий для трех соответствующих пар колебательных линий тиолата 2-нитробензойной кислоты (TNB) от плотности мощности возбуждающего излучения в ГКР-спектрах. С помощью этих данных уточнены и количественно оценены вклады, ответственные за несоответствия полученных отношений, определяемых тепловыми равновесными населенностями верхнего и нижнего колебательных уровней, соответствующих комбинационным переходам. Этими вкладами являются: 1) спектральный профиль контура LSPR; 2) локальный нагрев конъюгатов молекул-репортеров/AgP под действием излучения на 785 нм; 3) оптическая (рамановская) накачка верхних колебательных уровней рассматриваемых переходов.

Формирование AgP на образцах por-Si проводили с помощью метода иммерсионного осаждения в 3-мМ водно-спиртовом растворе $AgNO_3$. Por-Si с покрытием из серебра был выбран в качестве ГКР-подложки. Следовательно, даже при максимальной интенсивности возбуждения наиболее сильные раман-резонансные пики TNB могут быть одновременно зарегистрированы как в стоксовом, так и в антистоксовом диапазоне не во всех пространственных точках области картирования.

В случае исследуемой ГКР-активной поверхности AgP/por-Si диапазон воспроизводимости соответствовал интенсивностям возбуждения $I_L \leq 105$ мкВт/мкм². В этом диапазоне интенсивностей все вариации ГКР-спектров были полно-

стью обратимыми и не наблюдались спектральные сдвиги наиболее сильных линий комбинационного рассеяния, а также какие-либо значительные относительные изменения их интенсивностей.

Синтез липодисков/липидных дисков со встроенными белками и изучение их химической структуры и морфологии с помощью рамановской спектроскопии. Одним из современных методов выделения мембранных белков является использование сополимера стирола и малеиновой кислоты (SMA). Этот амфипатический сополимер может встраиваться в биологические мембраны и легко разрушать их. В результате образуются дискоидные фрагменты мембраны размером 10–40 нм, окруженные поясом сополимера. Такие частицы известны как SMALP (липидные частицы SMA) или липодиски. Полимер не имеет сродства к какому-либо конкретному липиду, и в SMALP соотношение липидов остается таким же, как в исходной мембране.

Масс-спектрометрия подтвердила, что липиды присутствовали в липодисках, а с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния обнаружено несколько специфических спектральных пиков, которые можно отнести к липидам. Исследования липодисков с помощью рамановской спектроскопии будут продолжены.

Изучение конформационных изменений модельных липидных мембран с различными добавками методом рамановской спектроскопии. Хорошо известно, что добавление различных молекул к мембране может изменить ее физические свойства и структуру, что, в свою очередь, может повлиять на ее функциональность. Поэтому очень важно знать происхождение этих изменений и понимать межмолекулярные взаимодействия, ответственные за внедрение различных добавок в мембрану.

Резкое увеличение соотношения конформеров транс-/гош- при добавлении холестерина к бислоям DPPC без мелатонина указывает на эффект придания жесткости мембране. Однако эффект добавления холестерина к бислоям DPPC явно модулируется дополнительным присутствием мелатонина. Это наблюдается по уменьшающейся крутизне изменений отношения транс-/гош- в зависимости от концентрации холестерина в случае двойных слоев DPPC с увеличивающимся количеством мелатонина. Таким образом, на колебательную динамику липидных углеводородных цепей пропорционально влияют обе добавки.

Нетоз, индуцированный УФ-активацией: анализ методами рамановского рассеяния и иммунофлуоресцентной микроскопии. Научно-исследовательская деятельность в 2021 г. по дан-

ному направлению была посвящена применению рамановской спектроскопии и иммунофлуоресцентной микроскопии для анализа нейтрофилов, трансформированных при нетозе, и количественному определению уровня их трансформации на основе анализа спектров комбинационного рассеяния нейтрофилов.

Кинетический анализ с использованием высокочувствительной колебательной спектроскопии, примененный для данного исследования, выявил в низкочастотном диапазоне рамановского спектра нейтрофильных клеток эволюцию (рост) пика цитруллина в течение 30–40 мин после начала воспалительного процесса, который может быть классифицирован как ранний диагноз нетоза. Поскольку пик с рамановским сдвигом $\sim 170 \text{ см}^{-1}$ практически отсутствует у интактных нейтрофилов и значительно увеличивается после активации, можно предположить, что он связан с накоплением цитруллина в клетке, в спектре которого

есть характерный пик $\sim 170 \text{ см}^{-1}$. Обычно цитруллин практически отсутствует в клетках человека. Однако известно, что во время активации нетоза цитруллин может продуцироваться, прежде всего, путем трансформации гистонов, наиболее важных структурных хромосомных белков внутри ядер нейтрофилов.

Выявлено, что УФ-индуцированная активация, несомненно, приводит к образованию нетотических клеток в виде облачного распределения в наблюдаемой иммунофлуоресцентной визуализации. Тем не менее в отличие от активации нетоза ионофором кальция А23 пик цитруллина в спектрах комбинационного рассеяния не наблюдается. Это свидетельствует о так называемом NOX-зависимом сигнальном пути нетоза под воздействием УФ-излучения. Данные исследования продолжаются, в том числе изучение низкочастотного диапазона рамановских спектров ДНК для нетотических клеток.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Исследования реакций на быстрых нейтронах. На ЭГ-5 (ЛНФ ОИЯИ) проведены измерения сечений реакций $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)^{32}\text{P}$ и $^{14}\text{N}(n, \alpha)^{11}\text{B}$, а также $^{91}\text{Zr}(n, \alpha)^{88}\text{Sg}$ в диапазоне энергии нейтронов 3–5,5 МэВ.

Систематически с высокой точностью измерены сечения реакции $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)^{32}\text{P}$ при энергии нейтронов 3,3, 3,9, 4,3, 4,8, 5,0, 5,1 и 5,3 МэВ. Полученные значения в диапазоне энергии нейтронов 3,9–4,3 МэВ согласуются с оценками ENDF/B-VIII.0, FENDL-3.1c, JEFF-3.3 и BROND 3.1, а для 4,8–5,3 МэВ экспериментальные результаты ниже, чем указанные выше, в библиотеках данных по ядерным реакциям. Полное и парциальное сечения реакции (n, α) удовлетворительно описываются расчетами ТАЛИС-1.9 с улучшенными параметрами оптической модели. В рамках механизма прямой реакции с использованием модели кпоск-оп определен фактор преформирования α -кластера для реакции $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)^{32}\text{P}$.

Взаимодействие волнового пакета с потенциальными структурами, движущимися с ускорением. В экспериментах с ультрахолодными нейтронами (УХН) группой из ЛНФ наблюдалось изменение энергии и скорости частицы после прохождения через осциллирующий в пространстве преломляющий образец,двигающийся со знакопеременным ускорением. Полученные результаты вполне удовлетворительно согласуются с теоретическими данными. Дальнейшее развитие представлений об этом оптическом явлении, получившем название эффект ускоряющегося вещества, привело к появлению гипотезы о существовании весьма общего эффекта ускорения. Применительно к физике микромира суть этого эффекта можно

сформулировать следующим образом: результатом взаимодействия частицы с любым объектом, движущимся с ускорением, должно быть изменение ее энергии и частоты, определяемое соотношением $\Delta\omega = ka\tau$, где k — волновое число, a — ускорение объекта и τ — время взаимодействия.

Проведено численное исследование по проблеме взаимодействия волнового пакета с потенциальными структурами, движущимися с постоянным ускорением (рис. 4 и 5). Изучался случай как прохождения отражения нейтрона через потенциальные барьер и яму, допускающие простой анализ, основанный на классическом подходе, так и туннелирования через ускоряющиеся потенциальные структуры. Также рассмотрен случай полного отражения нейтрона от двойной потенциальной ступени, движущейся с ускорением, групповое время задержки при отражении от такой структуры существенно превышает время отражения от обычной потенциальной ступени.

Во всех случаях результатом взаимодействия было изменение спектра скоростей. Полученные данные полностью соответствуют идее об универсальности эффекта ускорения, заключающегося в изменении частоты волны при рассеянии на объекте, движущемся с ускорением, при этом величина сдвига в спектре в первом приближении определяется произведением ускорения на время групповой задержки.

Нанотоксикология. Совместно с Московским областным научно-исследовательским клиническим институтом им. М. Ф. Владимирского были продолжены работы по оценке влияния на потомство наночастиц металлов, поступивших из организма матери в пренатальный период и период

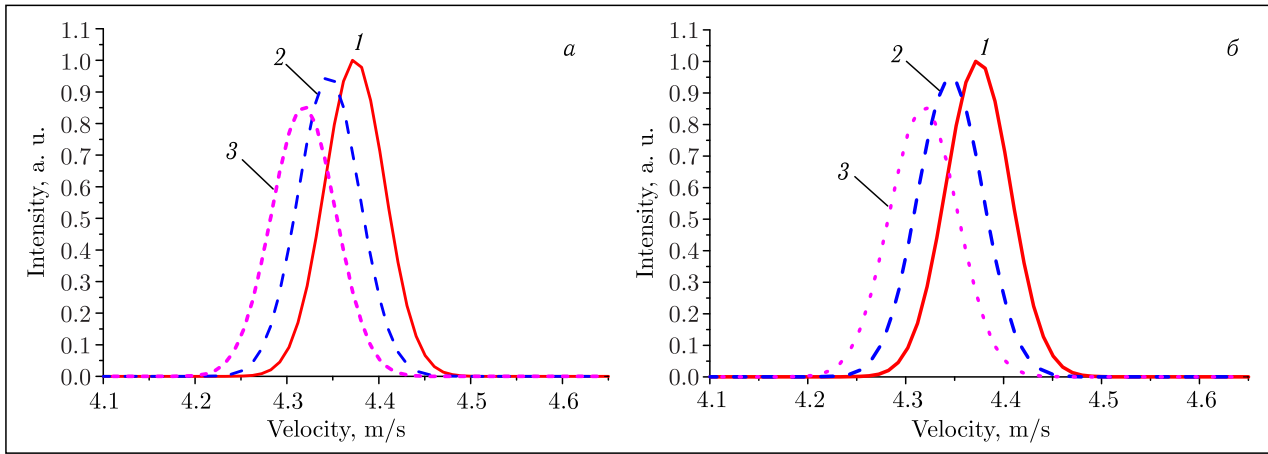


Рис. 4. а) Спектры скоростей УХН, прошедших над ускоряющимся потенциальным барьером, в зависимости от высоты барьера: 1 — исходный спектр; 2 — $U = 50$ нэВ; 3 — $U = 75$ нэВ. б) Спектры скоростей УХН, прошедших над ускоряющейся потенциальной ямой: 1 — исходный спектр; 2 — глубина ямы 50 нэВ; 3 — глубина ямы 75 нэВ

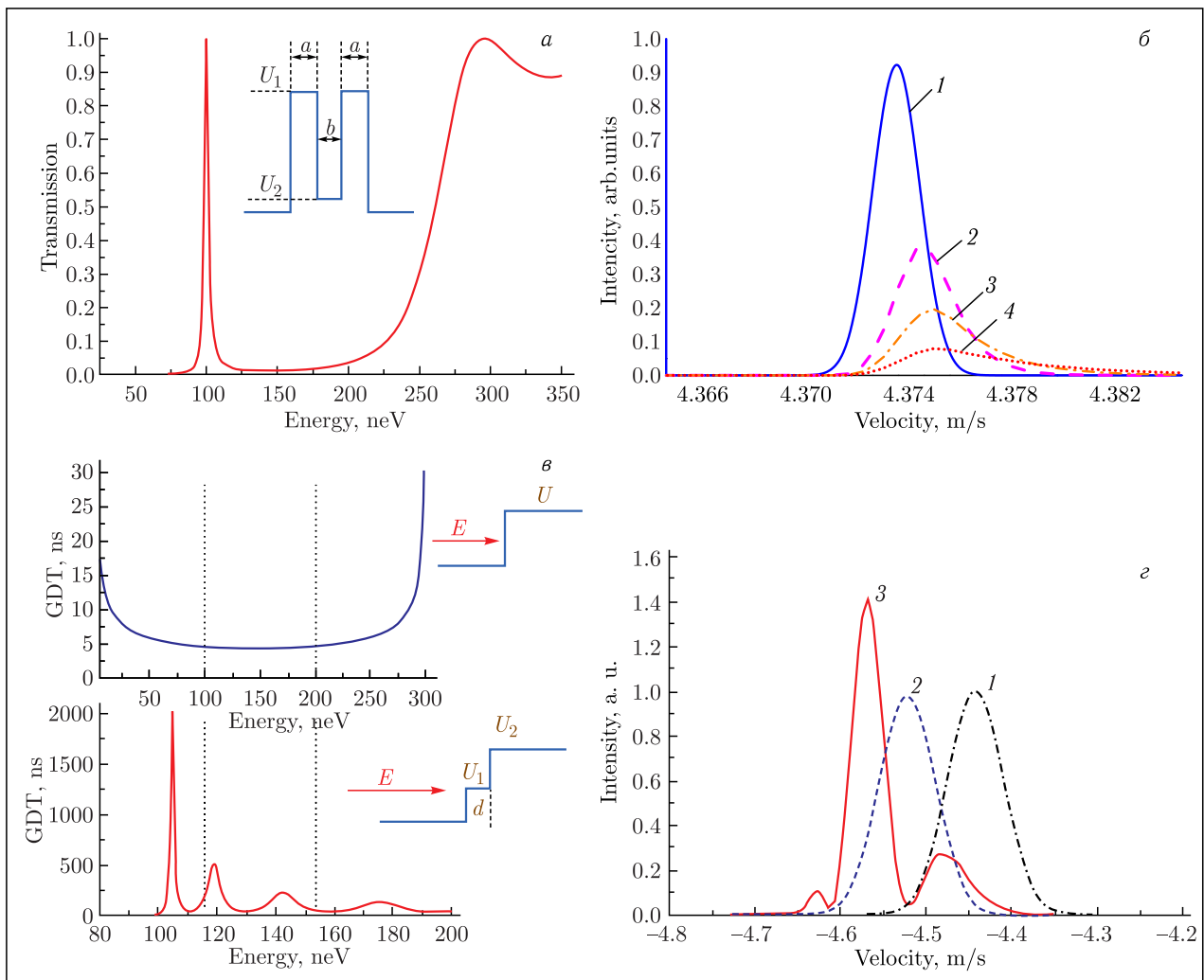


Рис. 5. а) Потенциальная структура фильтра и его линия пропускания. б) Спектр скоростей нейтрона, прошедшего через фильтр, движущегося с ускорением, направленным по скорости нейтрона: 1 — спектр начального состояния; 2 — спектр прошедшего состояния для ускорения интерференционного фильтра 5000 м/с^2 ; 3 — для 10000 м/с^2 ; 4 — для 20000 м/с^2 . в) Групповое время задержки при отражении от обычного потенциального барьера и от двойной потенциальной ступени. г) Спектры скоростей после отражения от движущейся двойной потенциальной ступени: 1 — спектр скоростей при отражении от неподвижной потенциальной ступени; 2 — спектр скоростей волнового пакета, отраженного от двойной потенциальной ступени, движущегося с небольшой постоянной скоростью навстречу пакету; 3 — эволюция волнового пакета после отражения от двойной потенциальной ступени, движущегося с ускорением $a = 5 \cdot 10^4 \text{ м/с}^2$, направленным против скорости нейтрона

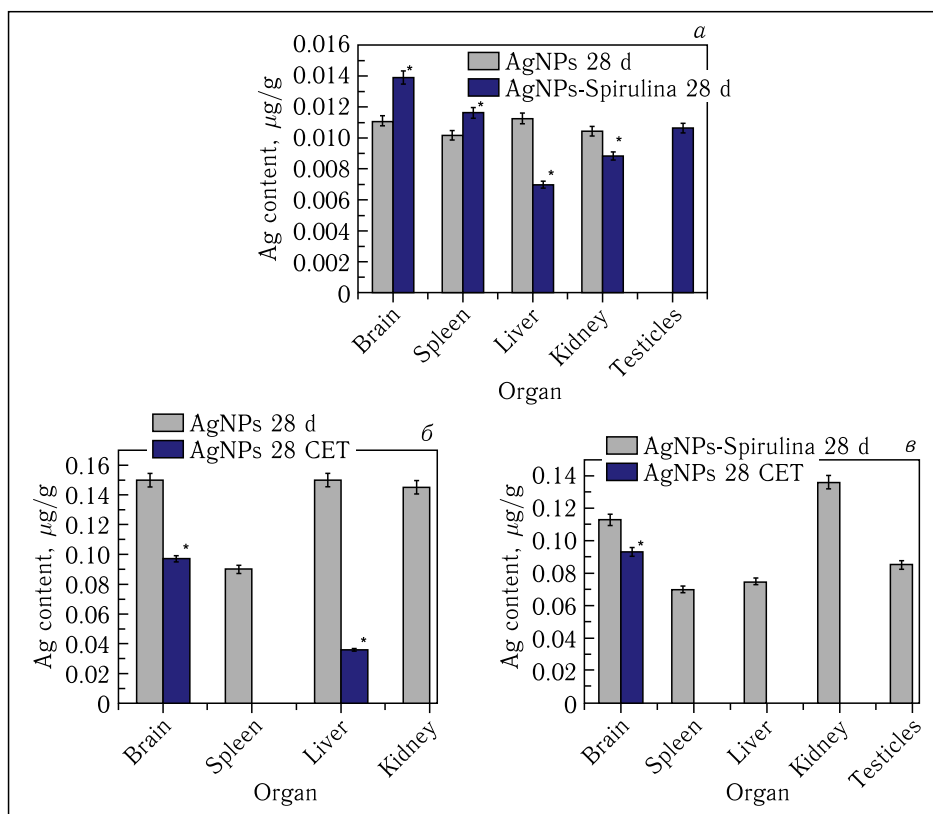


Рис. 6. Содержание серебра в органах крыс: а) животные, которые принимали AgNPs и AgNPs-Spirulina в течение 28 сут; б) животные, которые принимали AgNPs в течение 28 сут после периода выведения; в) животные, которые принимали AgNPs-Spirulina в течение 28 сут после периода выведения [15]

лактации. Проведены сравнения уровней когнитивных функций молодых животных, подвергавшихся влиянию наночастиц золота, и контрольных животных. Содержание золота в различных органах (крови, печени, легких, почках и мозге) самок и их потомства было определено методом НАА. Согласно полученным данным, у самок самое высокое содержание золота было обнаружено в почках, затем в печени, легких, мозге и крови. У потомства накопление золота в органах менялось в том же порядке. Среднее массовое содержание золота в мозге самок составило $0,25 \pm 0,10$ нг, в мозге потомства — $0,08 \pm 0,03$ нг. Не было обнаружено значительных различий в пространственной ориентации и памяти у экспериментального и контрольного потомства по тесту Морриса. Экспериментальные мыши продемонстрировали повышенный уровень тревожности в приподнятом крестообразном лабиринте. Таким образом, обнаружено влияние наночастиц золота на эмоциональное состояние мышей, подвергшихся их воздействию во время пренатального и раннего постнатального развития, но не на их когнитивные способности. Полученные данные важны для оценки токсического эффекта наноматериалов на репродуктивную систему человека.

Начат новый цикл работ по влиянию немодифицированных (AgNPs) и модифицированных биомассой *Spirulina platensis* (AgNPs-Spirulina) наночастиц серебра на крыс. Содержание серебра

в органах определяли методом НАА. У животных, которым вводили немодифицированные наночастицы, самое высокое содержание серебра было обнаружено в головном мозге и почках, тогда как у животных, которым вводили AgNPs-Spirulina, оно в основном накапливалось в головном мозге и яичках (рис. 6). После периода полувыведения серебро быстро выводилось из селезенки и почек, однако выведение из мозга было очень низким, независимо от типа наночастиц.

С целью выявления действия наночастиц на крыс проведены гематологические и биохимические тесты. Обнаружена значительная разница в содержании эозинофилов у экспериментальной и контрольной групп. Гематологические показатели крыс под действием наночастиц серебра существенно не изменились, за исключением содержания ретикулоцитов и эозинофилов, которое значительно увеличилось. Изменения биохимических показателей не выходили за пределы нормы [15].

Изучено влияние наночастиц оксида меди на биоактивные соединения, возможные ультраструктурные модификации и содержание элементов в пшенице. Применение наночастиц привело к уменьшению содержания хлорофиллов и каротиноидов и увеличению содержания полифенолов и антиоксидантной активности. Добавление наночастиц меди в почву полностью ингибировало накопление в пшенице 17 элементов, при этом

накапливались К, Вг, Al и Zn, а содержание Cl, Na, Ba и Sr в образцах пшеницы снижалось, независимо от типа применяемых наночастиц. Применение наночастиц, полученных химическим спосо-

бом, полностью блокировало накопление Fe, Mo, As, Sb и Sm в пшенице и способствовало гораздо большему накоплению Вг, чем при применении наночастиц, полученных биологическим способом.

БАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ ЛНФ

Импульсный быстрый реактор ИБР-2. В 2021 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 приведены в таблице.

Номер цикла	Период	Уровень мощности, МВт	Время работы реактора на физический эксперимент, ч
1	25.01–06.02	1,65	288
2	15.02–26.02	1,65	264
3	15.03–03.04	1,55	161
4	12.04–24.04	1,55	285
5	14.05–26.05	1,50	285
6	20.09–02.10	1,30	61
7	11.10–30.10	1,30	109
8	15.11–26.11	Отменен	
9	06.12–17.12	Отменен	
Всего:			1453

В связи с необходимостью проведения ремонта воздушного теплообменника циклы 8 и 9 были отменены.

Установка ИРЕН. В 2021 г., несмотря на сложную эпидемиологическую обстановку и вызванные ею ограничения в режиме работы, установка ИРЕН отработала на эксперимент 1700 ч, из них 104 ч — на частоте 50 Гц.

НОВЫЙ ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ

В процессе исследования вопросов стабильности и устойчивости работы реактора «Нептун» была установлена возможная новая физическая причина влияния на реактивность — изгиб твэла. При этом есть заметный градиент температуры в сердечнике твэла и его стальной оболочке в направлении увеличения потока нейтронов. Следствием градиента температуры является изгиб сердечника и оболочки. Проведенные расчеты деформации одиночных твэлов при различных способах закрепления показали, что величина изгиба порядка 0,1–0,5 мм в максимуме, что вызывает эффекты реактивности порядка нескольких единиц

Новое оборудование комплекса спектрометров на реакторе ИБР-2. В 2021 г. продолжалась штатная эксплуатация криогенного замедлителя КЗ-201 на физический эксперимент, во время которой замедлитель безотказно проработал в течение пяти циклов работы реактора ИБР-2 на мощности.

Были проведены измерения спектров на пучках № 4, 5, 6, 9 ИБР-2. Результаты показали, что выигрыш в интенсивности холодных нейтронов по сравнению с тепловым замедлителем на основе воды комнатной температуры (20 °С) доходит до 12 раз в зависимости от длины волны нейтронов.

Выполнены работы по установке горизонтально-вертикального криостата со сверхпроводящим магнитом, созданного в рамках темы 1122 (2015/2020) по проекту «Разработка ДТМ-системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2», на позицию образца на дифрактометре ДН-12. Проведено испытание криостата в его рабочем положении на экспериментальной установке. Получено максимально заявленное поле, соответствующее 5 Тл (при токе 300 А). Установлено, что рабочая температура магнита при номинальном поле 4 Тл составляет 17,5 К, при этом минимальная температура камеры высокого давления составляет 4,55 К. Она немного больше гелиевой температуры (4,2 К) и определяется остаточной тепловой связью камеры и магнита. Получение более низкой температуры может быть достигнуто путем дополнительной изоляции, однако это приведет к уменьшению телесного угла детектируемого рассеяния.

на $10^{-4} k_{\text{eff}}$. Изгиб может приводить как к отрицательному, так и к положительному вкладу в реактивность в отличие от аксиального расширения, вклад которого в реактивность строго отрицательный.

Детальные расчеты для одиночного твэла показали, что возможен достаточно точный учет влияния изгиба на реактивность и динамику реактора, а также существуют способы закрепления твэлов, позволяющие такое влияние исключить либо ограничить безопасными пределами. Помимо статического изгиба учитывалось также влияние «динамического» изгиба.

Проведены расчеты системы твэлов, учитывающие их взаимное влияние друг на друга в результате соударений. Расчеты динамики импульсного реактора в виде системы из 300 осцилляторов показали, что разброс амплитуды колебаний мощности напрямую зависит только от ограничений перемещения отдельных осцилляторов. Для стабильной работы реактора этот параметр должен быть сведен до минимума и не превышать десятых долей миллиметра. Сделано заключение, что предпочтительным вариантом компоновки активной зоны является жесткое крепление одного из концевиков

твэлов, не собранных в ТВС, и ограниченное малое поперечное смещение другого.

Предложен и расчетным путем обоснован способ снижения флуктуаций энергии импульсов мощности путем добавления в нитридное ядерное топливо обогащенного урана. Проведены расчеты, обосновывающие предложенные ранее принципиальные изменения конструкции модулятора реактивности с использованием гидрида титана, с целью снижения нейтронного фона между импульсами мощности при сохранении длительности импульса нейтронов.

МЕРОПРИЯТИЯ

В 2021 г. были проведены следующие мероприятия:

- 28-й ежегодный Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-28 (24–28 мая 2021 г., <http://isinn.jinr.ru/>);
- международный семинар «Нейтронное и синхротронное излучение в исследовании конденсированных веществ» (12–13 октября 2021 г., <https://indico.jinr.ru/event/2439/>);
- 2-е международное рабочее совещание «Применение ядерно-физических методов для исследо-

вания объектов культурного наследия» (16–20 октября 2021 г., <https://kpfu.ru/imoiv/struktura/otdeleniya/vyshshaya-shkola-istoricheskikh-nauk-i-vsemirnogo/39primenenie-yaderno-fizicheskikh-metodov-dlya>);

- Конференция молодых ученых и специалистов Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка (30 ноября–2 декабря 2021 г., <https://indico.jinr.ru/event/2672/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kozlenko D.P., Lis O.N., Kichanov S.E., Lukin E.V., Belozeroва N.M., Savenko B.N. Spin Induced Negative Thermal Expansion and Spin-Phonon Coupling in van der Waals Material CrBr₃ // *Quantum materials*. 2021. V. 6. P. 19.
2. Balagurov A.M., Bobrikov I.A., Sumnikov S.V., Golovin I.S. Coherent Cluster Ordering in Fe-*x*Al and Fe-*x*Ga Alloys // *J. Alloys Compounds*. 2021. V. 895. P. 162540.
3. Turchenko V.A., Trukhanov S.V., Kostishin V.G., Damay F., Porcher F., Klygach D.S., Vakhitov M.G., Lyakhov D., Michels D., Bozzo B., Fina I., Almessiere M.A. Features of Structure, Magnetic State and Electrodynamic Performance of SrFe_{12-x}In_xO₁₉ // *Sci. Rep.* 2021. V. 11, No. 1. P. 18342-1–18342-14.
4. Sajarik I., Prochazkova J., Schroer M.A., Garamus V.M., Kopcansky P., Timko M., Rajnak M., Karpets M., Ivankov O.I., Avdeev M.V., Petrenko V.I., Bulavin L., Pospiskova K. Cotton Textile/Iron Oxide Nanozyme Composites with Peroxidase-like Activity: Preparation, Characterization, and Application // *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 2021. V. 13. P. 23627–23637.
5. Ivankov O.I., Murugova T.N., Ermakova E.V., Kondela T., Badreeva D., Hrubovčák P., Soloviov D.V., Tsarenko A., Rogachev A.V., Kuklin A.I., Kučerka N. Amyloid-Beta Peptide (25–35) Triggers a Reorganization of Lipid Membranes Driven by Temperature Changes // *Sci. Rep.* 2021. V. 11. P. 21990.
6. Ryzhykau Yu.L., Orekhov P.S., Rulev M.I. et al. Molecular Model of a Sensor of Two-Component Signaling System // *Sci. Rep.* 2021. V. 11. P. 10774.
7. Ryzhykau Yu.L., Vlasov A.V., Orekhov P.S., Rulev M.I., Rogachev A.V., Vlasova A.D., Kazantsev A.S., Verteletskiy D.P., Skoi V.V., Brennich M.E., Pernot P., Murugova T.N., Gordeliy V.I., Kuklin A.I. Ambiguities in and Completeness of SAS Data Analysis of Membrane Proteins: The Case of the Sensory Rhodopsin II–Transducer Complex // *Acta Cryst. D*. 2021. V. 77. P. 1386–1400.
8. Hrubovčák P., Dushanov E., Kondela T., Tomchuk O., Kholmurodov K., Kučerka N. Reflectometry and Molecular Dynamics Study of the Impact of Cholesterol and Melatonin on Model Lipid Membranes // *Eur. Biophys. J.* 2021. V. 50. P. 1025–1035.
9. Barbinta-Patrascu M.-E., Gorshkova Yu., Ungureanu C., Badea N., Bokuchava G., Lazea-Stoyanova A., Bacalum M., Zhigunov A., Petrovič S. Characterization and Antitumoral Activity of Biohybrids Based on Turmeric and Silver/Silver Chloride Nanoparticles // *Materials*. 2021. V. 14. P. 4726.
10. Gorshkova Yu., Barbinta-Patrascu M.-E., Bokuchava G., Badea N., Ungureanu C., Lazea-Stoyanova A., Răileanu M., Bacalum M., Turchen-

- ko V., Zhigunov A. et al.* Biological Performances of Plasmonic Biohybrids Based on Phyto-Silver/Silver Chloride Nanoparticles // *Nanomaterials*. 2021. V. 11. P. 1811.
11. *Ospennikov A. S., Gavrilov A. A., Artykulnyi O. P., Kuklin A. I., Novikov V. V., Shibaev A. V., Philippova O. E.* Transformations of Wormlike Surfactant Micelles Induced by a Water-Soluble Monomer // *J. Col. Interface Sci.* 2021. V. 602. P. 590–601.
 12. *Millán L., Bokuchava G., Fernández R., Papushkin I., González-Doncel G.* Further Insights on the Stress Equilibrium Method to Investigate Macroscopic Residual Stress Fields: Case of Aluminum Alloys Cylinders // *J. Alloys Compounds*. 2021. V. 861. P. 158506.
 13. *Nekhoroshkov P., Zinicovscaia I., Nikolayev D., Lychagina T., Pakhnevich A., Yushin N., Bezuidenhout J.* Effect of the Elemental Content of Shells of the Bivalve Mollusks (*Mytilus galloprovincialis*) from Saldanha Bay (South Africa) on Their Crystallographic Texture // *Biology*. 2021. V. 10, No. 11. P. 1093.
 14. *Bakirov B., Saprykina I., Kichanov S., Mimonkhod R., Sudarev N., Kozlenko D.* Phase Composition and Its Spatial Distribution in Antique Copper Coins: Neutron Tomography and Diffraction Studies // *J. Imaging*. 2021. V. 7. P. 129.
 15. *Zinicovscaia I., Hramco C., Chaligava O., Yushin N., Grozdov D., Vergel K., Duca Gh.* Accumulation of Potentially Toxic Elements in Mosses Collected in the Republic of Moldova // *Plants*. 2021. V. 10. P. 471; <https://doi.org/10.3390/plants10030471>.



ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИМ. М. Г. МЕЩЕРЯКОВА

Важной составляющей деятельности лаборатории в 2021 г. являлись обеспечение надежного функционирования и развитие сетевой и информационно-вычислительной инфраструктуры, а также развитие математического и программного обеспечения научно-производственной деятельности Института и стран-участниц ОИЯИ на базе Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК) ОИЯИ. Исследования проводились по двум темам: «Информаци-

онно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных».

В 2021 г. сотрудниками Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова опубликовано свыше 200 научных работ, представлено более 150 докладов на международных и российских конференциях.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ОИЯИ

Основные информационно-вычислительные ресурсы ОИЯИ сосредоточены в МИВК [1], который можно рассматривать как уникальную базовую установку ОИЯИ, играющую решающую роль в исследованиях, требующих современных вычислительных мощностей и систем хранения данных. Уникальность МИВК обеспечивается сочетанием всех современных информационных технологий: сетевой инфраструктуры с пропускной способностью до 4×100 Гбит/с, распределенных вычислений и систем хранения данных на основе грид-технологий и облачных вычислений, гиперконвергентной высокопроизводительной вычислительной инфраструктуры с жидкостным охлаждением для суперкомпьютерных приложений. Многофункциональность, высокая надежность и доступность для расчетов в режиме 24×7 , масштабируемость и высокая производительность, надежная система хранения данных, информационная безопасность и развитая программная среда — основные требования, которым отвечает МИВК. Вычислительная инфраструктура ОИЯИ включает в себя ИТ-экосистему для экспериментов мегапроекта NICA (BM@N, MPD, SPD), которая благодаря грид-технологиям (DIRAC Interware) объединяет выделенные вычислительные ресурсы всех компонентов МИВК: грид-сайта Tier-1 для эксперимента CMS на LHC; грид-сайта Tier-2, обеспечивающего

обработку данных экспериментов на LHC, NICA, FAIR и других крупномасштабных экспериментов, а также поддержку пользователей лабораторий ОИЯИ и стран-участниц; интегрированной облачной среды стран-участниц для поддержки пользователей и экспериментов (NICA, ALICE, BESIII, NOvA, Baikal-GVD, JUNO и др.); платформы HybriLIT, в состав которой входит основной ресурс для высокопроизводительных вычислений — суперкомпьютер (СК) «Говорун» и учебно-тестовый полигон.

Сетевая инфраструктура ОИЯИ. Одним из важнейших компонентов ИТ-инфраструктуры ОИЯИ и МИВК, обеспечивающих доступ к интернету, вычислительным ресурсам, системам хранения данных, а также возможность обработки экспериментальных данных и вычислений, является сетевая инфраструктура. Необходимо обеспечить надежную и отказоустойчивую работу всех сетевых компонентов инфраструктуры: внешних телекоммуникационных каналов, магистральной сети ОИЯИ с многоузловой кластерной сетью и локальной сети МИВК.

В 2021 г. обеспечивалось надежное функционирование телекоммуникационных каналов связи ОИЯИ: резервированного канала Москва–ОИЯИ с пропускной способностью 3×100 Гбит/с, прямого канала связи ОИЯИ–ЦЕРН с пропускной

способностью 100 Гбит/с и резервного канала 100 Гбит/с, проходящего через Москву и Амстердам, обеспечивающих функционирование сети LHCORN для связи центров Tier-0 (ЦЕРН) и Tier-1 (ОИЯИ) и внешней наложенной сети LHCONE, предназначенной для центра Tier-2 ОИЯИ, для связи с использованием технологии RU-VRF вместе с RUPER и сетями Национальной исследовательской компьютерной сети России и RETN. Реализована маршрутизация IPv6 для сай-

тов Tier-1 и Tier-2. В 2021 г. DWDM-оборудование фирмы Nortel на трассе ВОЛС ГПКС (Дубна, Радищево, Москва) заменено на новое DWDM-оборудование фирмы Infinera, что позволило расширить пропускную способность всех каналов Дубна–Москва.

Распределение входящего и исходящего трафиков по подразделениям ОИЯИ в 2021 г. (превышающее по входящему трафику 25 ТБ) приведено в табл. 1.

Таблица 1

Подразделение	Входящий трафик, ТБ	Исходящий трафик, ТБ
Лаборатория ядерных проблем	941,90	158,27
Лаборатория информационных технологий	325,56	449,63
Лаборатория физики высоких энергий	280,18	160,98
Гостинично-ресторанный комплекс	171,74	33,52
Университет «Дубна»	129,73	41,08
Лаборатория ядерных реакций	108,59	48,07
Лаборатория нейтронной физики	106,46	69,34
Узел удаленного доступа	77,75	10,44
Управление	76,42	76,51
Учебно-научный центр	29,83	6,35
Лаборатория теоретической физики	26,22	21,64

Общий входящий трафик ОИЯИ, включая серверы общего назначения, Tier-1, Tier-2 и вычислительный комплекс, СК «Говорун» и облачные вычисления, составил в 2021 г. 33,23 ПБ (29,91 ПБ в 2020 г.), общий исходящий — 35,86 ПБ (36,94 ПБ в 2020 г.). Основным является трафик с научно-образовательными сетями, составляющий 97 % от общего.

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) базируется на магистральной опорной сети ОИЯИ с пропускной способностью 2×100 Гбит/с и на распределенной многоузловой кластерной сети между площадками ЛЯП и ЛФВЭ (4×100 Гбит/с). В 2021 г. проводились плановая модернизация оборудования и обновление программной части лабораторных маршрутизаторов S9500 фирмы Cisco (с интерфейсами 100 Гбит/с) до самой последней рекомендуемой вендором версии.

Внутренняя сеть МИВК имеет сегмент Tier-1, построенный на фабрике Brocade, с пропускной способностью 80 Гбит/с. Сетевые сегменты системы хранения данных EOS, Tier-2, облачных вычислений и СК «Говорун» построены на основе оборудования Dell и Cisco. Порты с пропускной способностью 10 и 100 Гбит/с используются для подключения серверных компонентов к коммутаторам сетевого ядра МИВК, построенного на коммутаторах Cisco Nexus 9504 и Nexus 9336C с пропускной способностью портов $N \times 100$ Гбит/с.

Внутренняя сеть СК «Говорун» состоит из трех основных частей: сети связи и транспорта, сети управления и мониторинга, сети управления заданиями. Коммуникационная и транспортная сеть использует технологию Intel OmniPath с пропускной способностью 100 Гбит/с. Эта сеть постро-

ена по топологии «толстого дерева» на основе 48-портовых коммутаторов Intel OmniPath Edge серии 100 с полным жидкостным охлаждением. Сеть управления и мониторинга позволяет объединить все вычислительные узлы и узел управления в единую сеть Fast Ethernet. Эта сеть построена с использованием коммутаторов Fast Ethernet HP 2530-48. Сеть управления заданиями соединяет все вычислительные узлы и узел управления в единую гигабитную сеть Ethernet. Эта сеть построена с использованием коммутаторов HPE Aruba 2530 48G.

В 2021 г. проведена модернизация центрального сетевого виртуального кластера сетевой службы ОИЯИ, который построен на базе открытого программного обеспечения (ПО) Proxmox VE (Virtual Environment) по лицензии GNU. Такой подход позволил использовать центральный кластер NOC в непрерывном режиме работы: 24×7 . Особо следует отметить, что виртуальные машины, работающие в центральном кластере, обслуживают все важнейшие элементы сети ОИЯИ.

На кластере электронной почты @jinr.ru внедрено новое ПО (Proxmox Mail Gateway), благодаря которому значительно сократилось количество нежелательных сообщений — спама за счет обучения системы механизмам спам-фильтрации.

В систему единой авторизации SSO добавлены постоянный мониторинг доступности и журналирование входов в сетевые сеансы. Добавлена возможность редактирования LDAP-записей для работы во внешних сервисах, а также регистрации пользователей, не являющихся сотрудниками ОИЯИ. Увеличен охват Wi-Fi-сети eduoam на территории ОИЯИ.

ЛВС ОИЯИ содержит 8768 сетевых элементов и 17602 IP-адреса, 6377 пользователей сети, 4203 пользователя сервиса mail.jinr.ru, 1419 пользователей электронных библиотек и 504 пользователя сервиса удаленного доступа.

Инженерная инфраструктура МИВК.

В 2021 г. продолжены работы по замене и совершенствованию инженерной инфраструктуры МИВК, предназначенной для обеспечения надежной, бесперебойной и отказоустойчивой работы информационно-вычислительных систем и ресурсов хранения данных.

Вычислительные мощности МИВК размещены в одном вычислительном зале площадью 800 м² на 2-м этаже корпуса ЛИТ. В настоящее время он состоит из восьми отдельных модулей с вычислительным оборудованием (рис. 1) общей допустимой мощностью 2 МВт:

- модулей 1 и 2 (площадь 22,55 м² каждый, 33 серверных стойки мощностью 20 кВт на стойку);
- модуля Tier-1 (площадь 29,33 м², 16 серверных стоек мощностью 35 кВт на стойку);
- пространства библиотеки магнитных лент (площадь 13 м², 2 роботизированных ленточных библиотек IBM TS3500 и IBM TS4500 общей емкостью 50,6 ПБ);
- СК «Говорун» (площадь 1,97 м², 4 стойки мощностью 100 кВт на стойку);

— модуля, в котором размещаются критически важные серверы стандартного типа бизнес-вычислений (административных систем и баз данных и т. д.);

— модуля 4 (площадь 36,12 м², 20 серверных стоек мощностью 35 кВт на стойку);

— модуля сетевого оборудования, в котором размещаются основные сетевые сервисы для МИВК, локальной и глобальной сетей.

Все стойки обеспечены питанием от источников бесперебойного питания с автономностью 10–15 мин и оснащены интеллектуальными (переключаемыми и дозируемыми) устройствами распределения электроэнергии, которые позволяют осуществлять детальный мониторинг потребления электроэнергии. В эксплуатации находятся два резервных дизельных генератора для критически важных служб.

Модуль Tier-1 и модуль 4 имеют воздушное охлаждение с помощью встроенных межрядных кондиционеров, расположенных между серверными стойками. Модули 1 и 2 имеют воздушное охлаждение, холодный воздух подается через большие воздухопроводы под фальшполом, где он рассеивается через перфорированную плитку пола в холодные коридоры. СК «Говорун» полностью охлаждается «горячей» водой, что обеспечивает плотность мощности 100 кВт на стойку и PUE = 1,06.

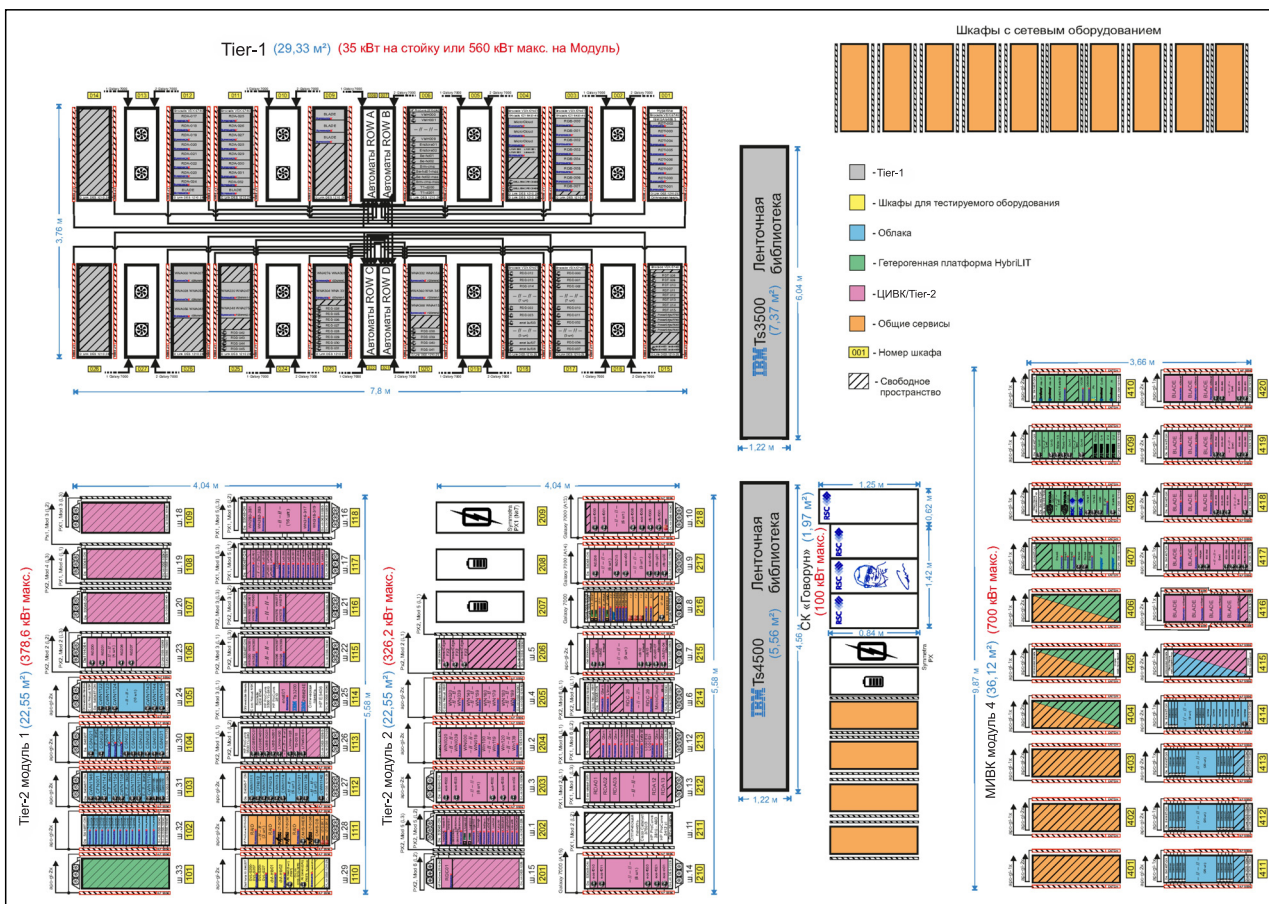


Рис. 1. Расположение устройств в серверном зале МИВК

Все технологическое оборудование, обеспечивающее как гарантированное энергоснабжение МИВК, так и системы охлаждения, расположено на 1-м и цокольном этажах здания ЛИТ. На территории, прилегающей к этому зданию, расположены только чиллеры, сухие градирни и дизель-генераторы.

Для контроля и учета оборудования зала МИВК введена в эксплуатацию система DCIM (Data Center Infrastructure Management).

Грид-среда ОИЯИ (сайты Tier-1 и Tier-2).

Грид-инфраструктура ОИЯИ представлена центром уровня Tier-1 для эксперимента CMS на LHC и центром уровня Tier-2 для обработки данных экспериментов ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, BES, BIOMED, MPD, NOvA, STAR, ILC и др. Оба грид-сайта ОИЯИ в среднем обеспечивают 100%-ю доступность и надежность сервисов.

С 2021 г. ресурсный центр первого уровня Tier-1 используется и для выполнения задач моделирования для эксперимента MPD проекта NICA. В настоящее время в нем 16069 ядер общей производительностью 253 135,18 НЕР-SPEC06. Используемое ПО и компиляторы: CentOS Scientific Linux

версии 7.9, gcc (GCC) 4.4.7, C++ (g++ (GCC) 4.4.7), GNU Fortran (GCC) 4.4.7, DCACHE-5.2 для хранения данных, Enstore 6.3 для ленточных библиотек и FTS. Для поддержки экспериментов мегапроекта NICA было установлено ПО FairSoft, FairRoot и MPDRoot. Общая полезная емкость дисковых серверов — 14 ПБ, ленточных библиотек — 50,6 ПБ. Система долговременного хранения данных на библиотеке IBM TS4500 ориентирована на обслуживание экспериментов комплекса NICA и CMS.

В 2021 г. все ресурсы грид-сайтов ОИЯИ были перенесены с CREAM-CE и Torgue-Maui на вычислительный элемент ARC-CE (Advanced Resource Connector-Computing Element) и менеджер ресурсов SLURM (адаптированный к kerberos и AFS), который также используется в СК «Говорун».

По производительности Tier-1 (T1_RU_JINR) занимает первое место в мире среди других центров Tier-1 для эксперимента CMS (рис. 2, а). В 2021 г. обработано более 321 млн событий, что составляет 18% от общего числа обработанных событий (рис. 2, б) и 29% от общей загрузки ЦПУ всех центров Tier-1 для эксперимента CMS.

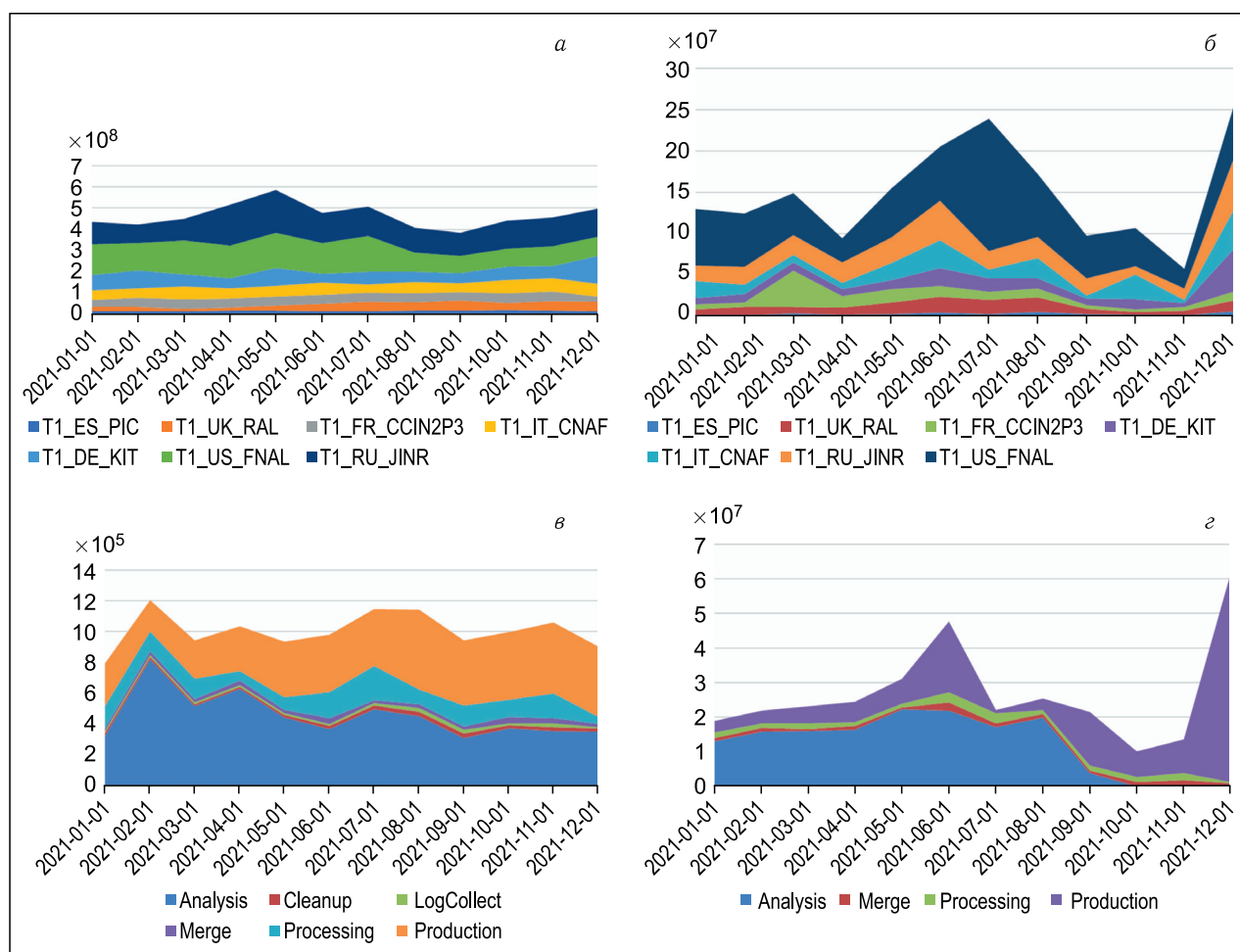


Рис. 2. Вклад мировых центров Tier-1 в обработку экспериментальных данных CMS за 2021 г.: а) распределение по нормированному времени ЦПУ в НЕР-SPEC06 часах; б) количество обработанных событий. Статистика использования центра Tier-1 ОИЯИ в эксперименте CMS по разным типам потоковой обработки данных за 2021 г.: в) распределение по числу задач; г) распределение по количеству событий

На рис. 2, в, г показано распределение по числу задач и количеству событий в ОИЯИ в центре уровня Tier-1 для CMS в 2021 г. по разным типам потоковой обработки данных (реконструкция, моделирование, повторная обработка, анализ и т. д.).

Одними из основных функций Tier-1 являются обеспечение обмена данными со всеми мировыми сайтами, работающими на эксперимент CMS, и обеспечение хранения необработанных экспериментальных и моделированных данных. В 2021 г. общий объем обмена данными 210 сайтов глобальной сети WLCG обработки данных экспериментов на LHC с системой хранения на базе dCache в ОИЯИ составил более 30,5 ПБ, из них считано 24 ПБ данных и записано 6,5 ПБ новых файлов.

На рис. 3 приведена статистика обмена данными Tier-1 ОИЯИ с другими грид-центрами объемом больше 100 ТБ по исходящему трафику.

Сайт Tier-2 ОИЯИ является наиболее производительным в российском консорциуме RDIG (Russian Data Intensive Grid). Более 83% от общего процессорного времени в RDIG используется для вычислений на нашем сайте. Вычислительные ресурсы центра Tier-2 в 2021 г. были расширены до 9272 ядер, что в настоящее время обеспечивает производительность 149 938,7 HEP-SPEC06 часов. Общая полезная емкость дисковых серверов составляет 4763 ТБ для ATLAS, CMS и ALICE и 140 ТБ для других виртуальных организаций. На рис. 4, а показано распределение выполненных

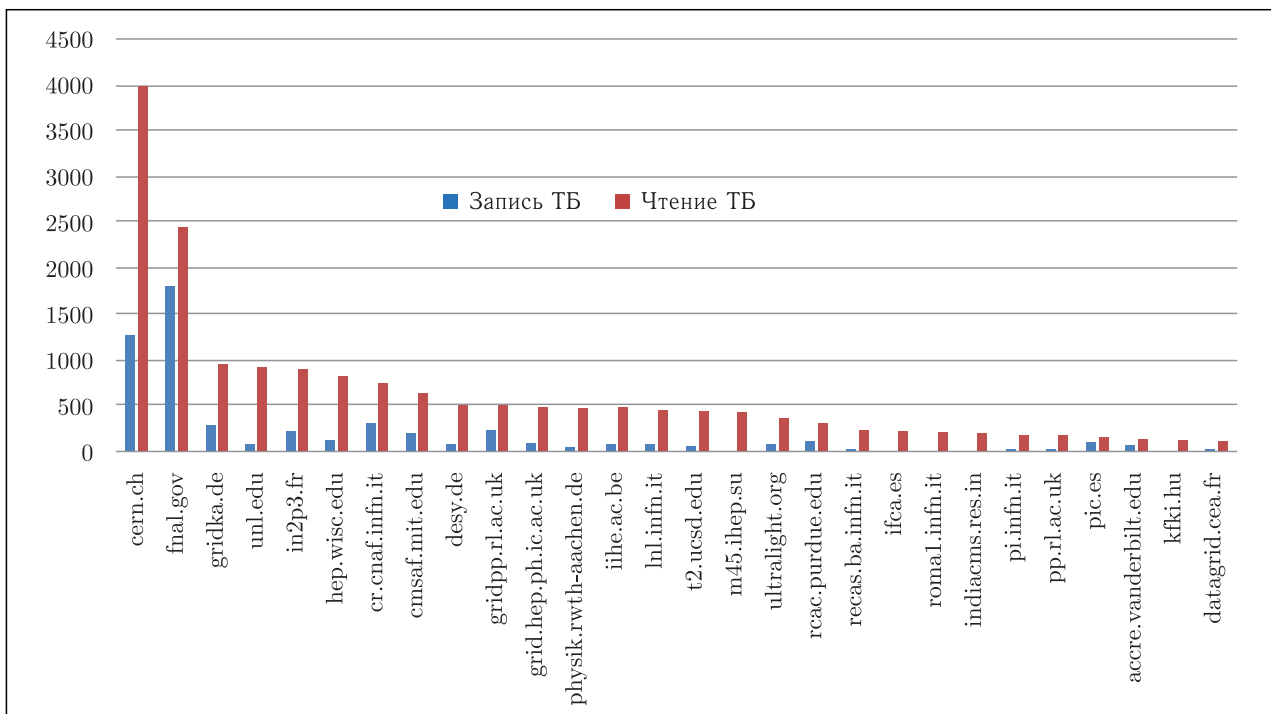


Рис. 3. Статистика обмена данными Tier-1 ОИЯИ с мировыми центрами обработки данных инфраструктуры WLCG через систему хранения данных на базе dCache

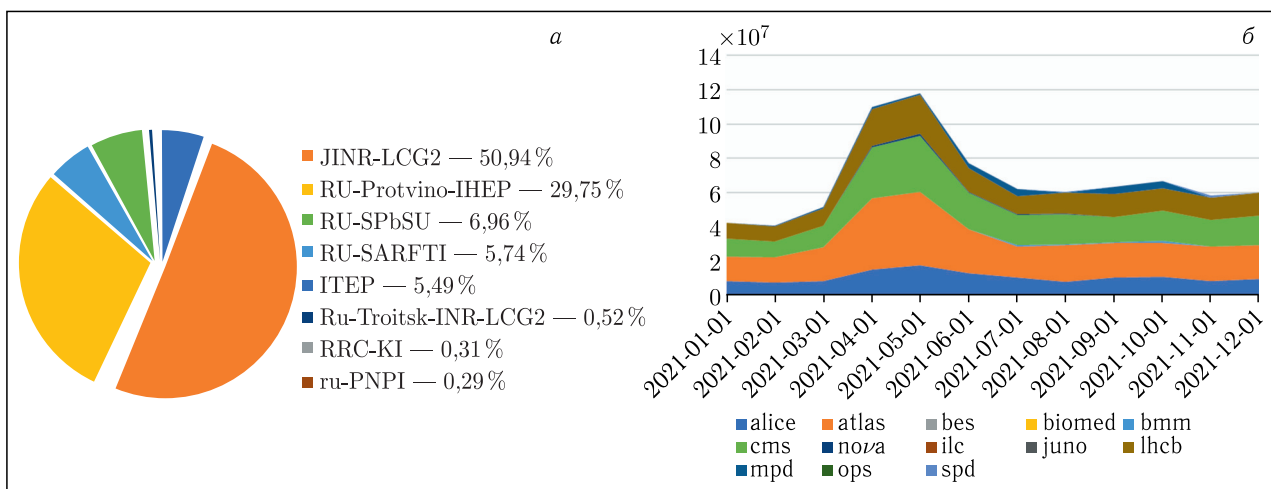


Рис. 4. Статистика работы Tier-2 ОИЯИ: а) распределение по числу задач по сайтам организаций, входящих в российский консорциум RDIG; б) данные по использованию сайта Tier-2 ОИЯИ виртуальными организациями глобальной грид-инфраструктуры (по нормированному времени ЦПУ в HEP-SPEC06 часах)

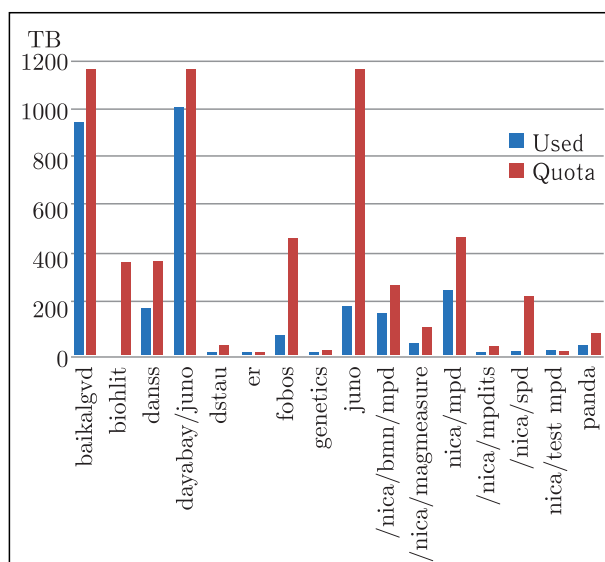


Рис. 5. Потребление ресурсов хранения в системе EOS группами пользователей и экспериментами ОИЯИ

на грид-сайтах RDIG задач. На рис. 4, 6 приведены данные по использованию сайта Tier-2 ОИЯИ (JINR-LCG2) виртуальными организациями в рамках грид-проектов в 2021 г.

МИВК обеспечивает проведение пользователями вычислений вне рамок грид-среды. Это необходимо как некоторым коллаборациям, так и локальным пользователям из лабораторий ОИЯИ. Все вычислительные мощности доступны пользователям ОИЯИ и грид-среды через единую систему пакетной обработки заданий.

В 2021 г. была расширена система хранения данных на базе ПО EOS до 16,7 ПБ. На рис. 5 представлена статистика использования системы EOS.

Для обеспечения гарантированной и стабильной работы инфраструктуры в условиях постоянной нагрузки требуются централизованное и своевременное техническое обслуживание ПО и быстрое внедрение новых вычислительных узлов. В качестве решения этой задачи была создана служба управления жизненным циклом (LMS), целью которой является автоматизация процесса, связанного с обслуживанием программного обеспечения и с вводом в эксплуатацию новых вычислительных ресурсов [2].

Облачная среда. 2021 г. был в основном посвящен оптимизации облачных вычислений ОИЯИ. В дополнение к хранилищу на базе serf общего назначения с общей полной емкостью 1,1 ПБ были развернуты два новых элемента хра-

нения: 1) хранилище только для нужд эксперимента NOvA; 2) хранилище serf на базе SSD для набора производственных сервисов и пользователей с высокими требованиями к дисковому вводу-выводу. Основные параметры всех этих облачных систем хранения приведены в табл. 2.

Использован довольно широкий набор ПО для облачных серверов ОИЯИ и мониторинга некоторых его сервисов (Nagios, база данных временных рядов InfluxDB – TSDB, TSDB Prometheus и т. д.). На всех облачных серверах были развернуты node_exporters для предоставления Prometheus-данных о состоянии серверов. Оповещение реализовано на той же системе. ПО Grafana использовалось для визуализации данных.

Облако ОИЯИ управляется в соответствии с подходом «Инфраструктура как код» (IaC), когда подготовка хоста и управление им осуществляются с помощью конфигурационных файлов. Для этого используется ПО Foreman и Puppet.

На рис. 6 приведена информация о потреблении ресурсов облачной инфраструктуры в 2021 г.

Облако ОИЯИ является одним из участников распределенной информационно-вычислительной среды (DICE), основанной на ресурсах ОИЯИ и организаций его государств-членов [3, 4]. Объем облачных ресурсов ОИЯИ, вносимых в DICE, варьируется в зависимости от его загрузки.

В 2021 г. облако египетской национальной сети НТИ Академии научных исследований и технологий было запущено в эксплуатацию и интегрирова-

Таблица 2. Основные параметры элементов облачного хранилища

Хранилище	Тип диска	Потребители	Версия serf	Полная емкость, ПБ	Реплики	Подключение
Обычное облачное	HDD	Все	14.2.21	1,1	3 ×	2 × 10GBase-T
NOvA	HDD	NOvA	15.2.11	1,5	3 ×	2 × 10GBase-T
Быстрое облачное	SSD	Пользователи с высоким требованием к вводу-выводу	15.2.13	0,419	3 ×	4 × 10GBase-T + 2 × 100Gbps –

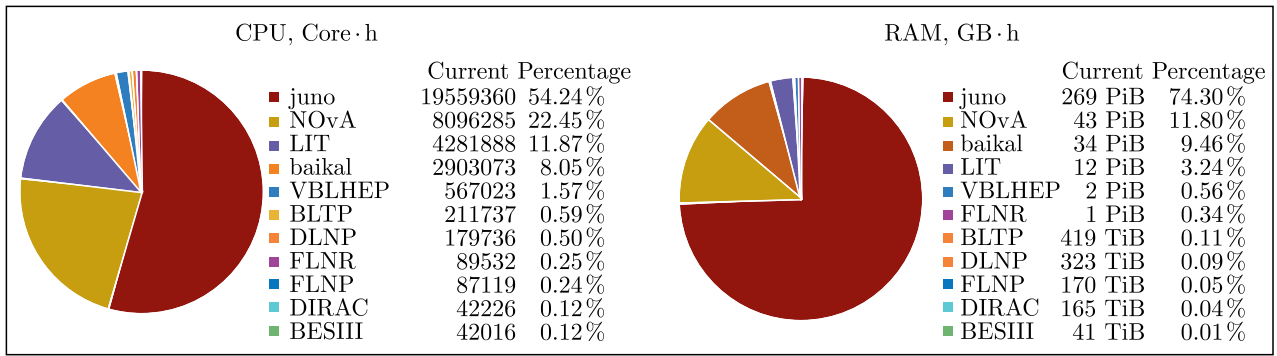


Рис. 6. Статистика использования облачных вычислений экспериментами и подразделениями ОИЯИ

но в DICE ОИЯИ. В настоящее время полностью интегрированы в DICE Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова (Россия), Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова (Россия), Астанинский филиал Института ядерной физики (Казахстан), Институт физики Национальной академии наук Азербайджана, Академия научных исследований и технологий (египетская национальная сеть НТИ), Ин-

ститут ядерных исследований и ядерной энергии (Болгария), Софийский университет им. св. Климента Охридского, Научно-исследовательский институт ядерных проблем Белорусского государственного университета, в процессе интеграции — Институт ядерной физики (Узбекистан) и Грузинский технический университет.

Общее количество заданий, выполненных наиболее активными облаками DICE ОИЯИ, приведено на рис. 7.

Как и в 2020 г., свободные ресурсы DICE ОИЯИ были задействованы в исследованиях вируса SARS-CoV-2 в рамках платформы Folding@Home. На рис. 8 показан вклад каждого из ресурсных центров DICE в эти исследования.

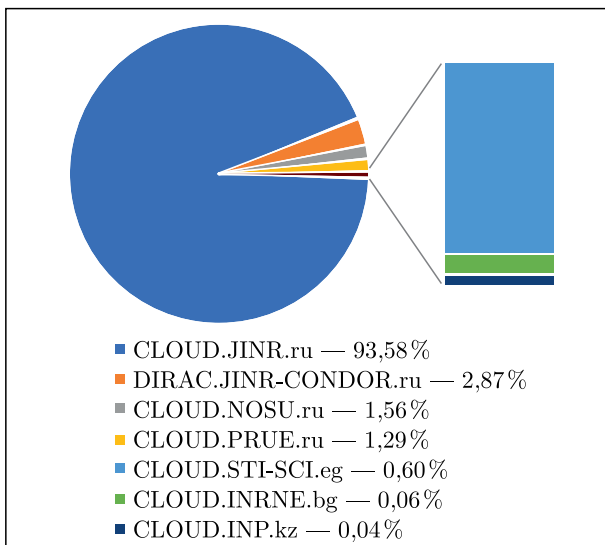


Рис. 7. Распределение заданий, выполненных в DICE ОИЯИ в 2021 г.

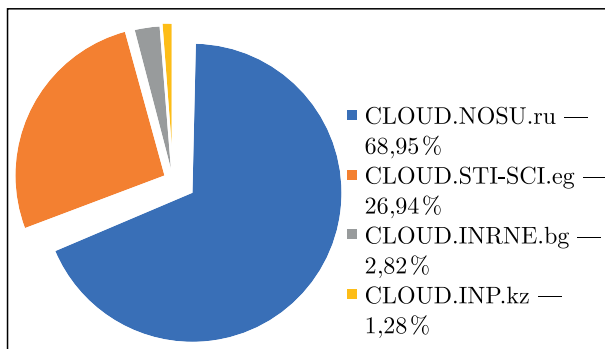


Рис. 8. Распределение вкладов участников DICE в исследование вируса SARS-CoV-2 посредством платформы Folding@Home

Гетерогенная инфраструктура. Гетерогенная инфраструктура МИВК ОИЯИ представлена платформой HybridLIT, состоящей из учебно-тестового полигона и СК «Говорун», объединенных единой программно-информационной средой. В 2021 г. на платформе интенсивно развивалась информационно-вычислительная система (ИВС) для решения задач, связанных с расчетами электронных оболочек сверхтяжелых элементов. ИВС включает в себя вычислительные ресурсы СК «Говорун» и необходимые для моделирования электронных оболочек набор ИТ-решений и ПО. Созданная ИВС позволяет решать задачи разных типов с различными требованиями к объему как вычислительных ресурсов, так и данных, а также к разной скорости доступа к ним. Непосредственно ИВС базируется на созданной на СК «Говорун» вычислительной системе по требованию, содержащей 288 физических ядер (576 логических ядер) и файловое хранилище емкостью 7 ТБ под управлением файловой системы NFS. На этой системе проводились интенсивные расчеты электронных свойств сверхтяжелых элементов с использованием ПО AMS и DIRAC.

Еще одним важным направлением, связанным с развитием ИВС, является разработка квантовых алгоритмов, реализующихся на симуляторах квантовых вычислений. С этой целью в ИВС был имплементирован ряд квантовых симуляторов, способных работать на различных вычислительных архитектурах.

Для работы с большими данными, в том числе для мегапроекта NICA, была разработана и внедрена в СК «Говорун» иерархическая система обработки и хранения данных с программно-определяемой архитектурой [5]. По скорости доступа к данным система разделена на уровни, доступные по выбору пользователя. Самый быстрый уровень иерархической системы реализован на базе новейшей технологии DAOS (Distributed Asynchronous Object Storage), которая была развернута на восьми узлах СК «Говорун» и продемонстрировала высокую скорость чтения/записи, заняв 16-е место в номинации 10 node challenge в текущей редакции списка IO500 (<https://io500.org/list/isc21/ten>). Большие перспективы этой технологии связаны с ее использованием для проекта NICA на всех этапах работы — от приема экспериментальных данных до финального физического анализа (рис. 9).

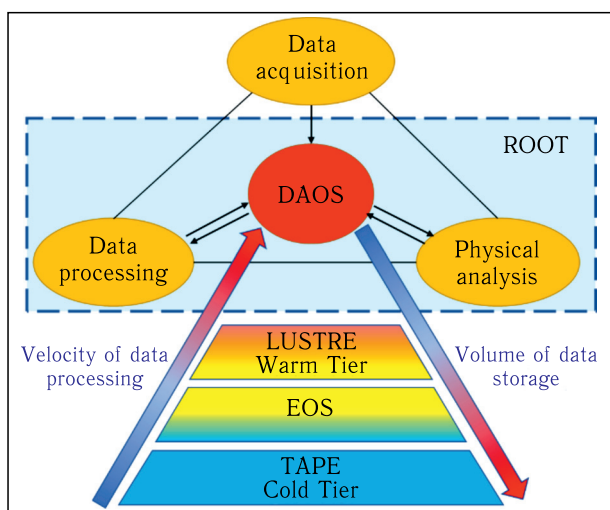


Рис. 9. Планируемое использование технологии DAOS для проекта NICA

Использование DAOS для проекта NICA позволит сохранять и читать многомерные структуры данных ТБ-масштаба в едином адресном пространстве. Технология DAOS является перспективной и в отношении применения к другим типам задач, связанных с большими данными, — это, в первую очередь, задачи ML/DL, а также квантовые вычисления [6, 7].

За 2021 г. в среду HybridLIT были внедрены и поддерживались по требованию групп пользователей актуальные версии свыше 20 программных пакетов, в частности: Quantum Espresso (ЛТФ); JAM, актуальные версии FairSoft, FairRoot с надстройками для BmnRoot и MPDRoot (NICA); AMS, FLUKA, FLAIR (ЛЯР); ORCA (ЛЯП); MAGMA, ViennaCL, Tesseract (ЛИТ) и др.

Общее число зарегистрированных пользователей СК «Говорун» к настоящему времени составляет 517 человек, из них 322 — сотрудники ОИЯИ, 195 — из стран-участниц.

В течение 2021 г. всеми группами пользователей, использующими ресурсы СК «Говорун»,

было выполнено 551 016 задач, что соответствует 40 млн ядро-часов, а на GPU-компоненте — 56 763 задачи, что соответствует 18 158 GPU-часам. Средняя загрузка CPU-компоненты составила 96,1%, а загрузка GPU — 92,3%.

Пользователями платформы за 2021 г. было издано 38 статей, из них 11 работ — в Q1 и 4 — в Q2, включая опубликованную коллаборацией BM@N статью в журнале Nature Physics (*BM@N Collab. Unperturbed Inverse Kinematics Nucleon Knockout Measurements with a 48 GeV/c Carbon Beam // Nature Phys. 2021. V. 17. P. 693–699*).

Интеграция вычислительных ресурсов.

Важной особенностью созданной инфраструктуры является интеграция распределенных вычислительных ресурсов. Вот уже три года в ОИЯИ функционирует система интеграции гетерогенных распределенных вычислительных ресурсов на основе платформы DIRAC Interware.

DIRAC Interware — это продукт для интеграции гетерогенных вычислительных ресурсов и ресурсов хранения данных в единую платформу, основанный на использовании стандартных протоколов доступа к данным (xRootD, GridFTP и др.) и пилотных задач. На конец 2021 г. в DIRAC были интегрированы все компоненты МИВК, облака стран-участниц ОИЯИ, кластер NICA, а также кластер Национального автономного университета Мексики (НАУМ) в рамках сотрудничества по проекту MPD. За 2021 г. были добавлены новые облака стран-участниц. На рис. 10 приведен вклад всех интегрированных в платформу DIRAC организаций в обработку данных.

Всего за 2021 г. было выполнено 614 тыс. задач (+30% по сравнению с 2020 г.). Среднее время выполнения задачи составило 7,6 ч. Общее количество потребленных вычислительных ресурсов: 86 млн HEP-SPEC06 часов (+65% по сравнению с 2020 г.). Запущены первые физические задачи экспериментов BM@N и SPD. Таким образом, в настоящее время распределенная инфраструктура используется следующими экспериментами: MPD, Baikal-GVD, BM@N, SPD (рис. 11).

С помощью интеграции через DIRAC удалось задействовать наибольшее количество вычислительных ресурсов для централизованной генерации данных методом Монте-Карло для эксперимента MPD. В вычислениях участвовали СК «Говорун», кластеры Tier-1 и Tier-2, кластер NICA. Успешно выполнено более 505 тыс. задач. Все данные зарегистрированы в файловом каталоге DIRAC и сохранены в системе EOS.

Для того чтобы упростить доступ членов коллаборации MPD к вычислительным ресурсам, было разработано специальное приложение, позволяющее описывать задачу генерации данных в таких физических терминах, как энергия столкновений, тип используемого генератора, материал мишени и пучка [8]. Разработанное приложение было интег-

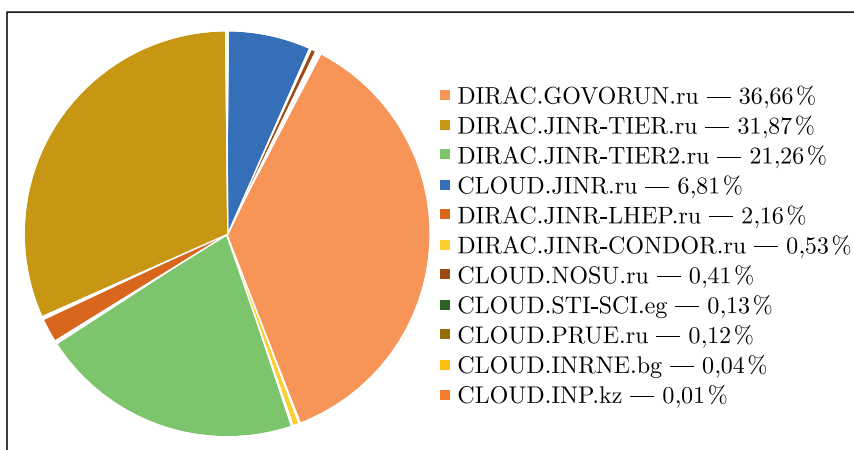


Рис. 10. Вклад всех интегрированных в платформу DIRAC организаций в обработку данных

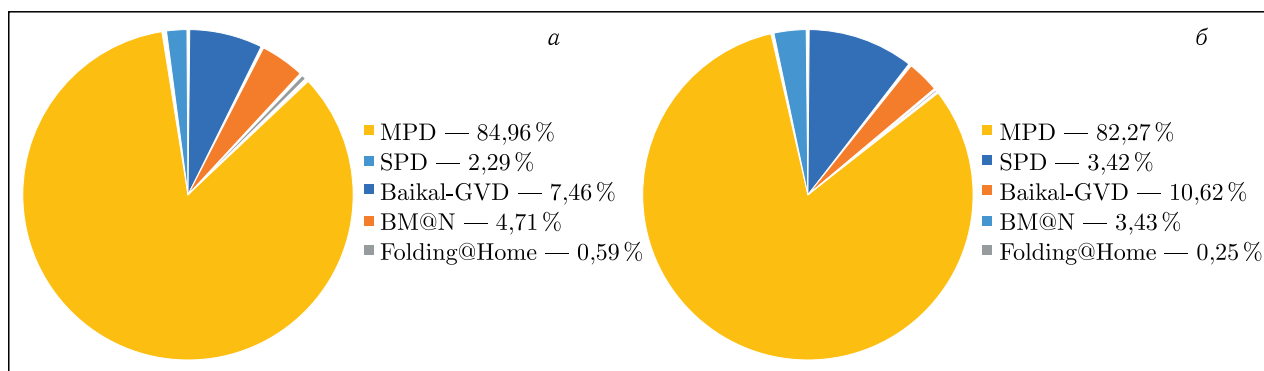


Рис. 11. Потребление ресурсов, интегрированных в DIRAC, основными пользователями: а) вычислительные ресурсы в HEP-SPEC06 часах; б) по числу задач

рировано в веб-интерфейс платформы DIRAC в ОИЯИ и доступно всем пользователям MPD.

Система мониторинга. Разработанная комплексная система мониторинга МИВК позволяет получать информацию от различных компонентов вычислительного комплекса (инженерной инфраструктуры, сети, вычислительных узлов, систем запуска задач, элементов хранения данных, грид-сервисов), что гарантирует высокий уровень надежности МИВК. В 2021 г. в общую систему мониторинга Litmon была включена новая система аккаунтинга [9], которая позволяет получать статистические данные по использованию ресурсов задачами пользователей (для любого временного интервала): астрономическое время выполнения заданий и время ЦПУ в HEP-SPEC06 часах, количество задач и эффективность использования вычислительного кластера. Система позволяет осуществлять учет ресурсов и их использование в рамках распределенной системы обработки данных.

Информационные сервисы. В 2021 г. разработана и внедрена в эксплуатацию система электронного документооборота (СЭД) «Авансовые отчеты», предназначенная для электронной записи в бухгалтерию ОИЯИ, чтобы получить аванс и отчитаться по командировкам и хозяйственным рас-

ходам. Система обеспечивает предварительную загрузку необходимых данных для ускорения работы бухгалтерии, а также формирует ряд финансовых отчетов.

Выполнен ряд работ по развитию и текущему сопровождению СЭД «Дубна». В частности, внедрены новые документы «Поручение» и «Запрос с возможностью автоматического контроля сроков исполнения, документ «Штрабаг (КС-2, КС-3, счет на оплату)», «НИОСЭН архив» для хранения технической документации НИОСЭН ЛФВЭ. Выполнен ряд работ по адаптации СЭД «Дубна» к изменениям в организации закупочных процедур в ОИЯИ.

Осуществлялись текущее сопровождение и развитие по запросам пользователей информационных систем АРТ EVM для NICA, CERNDB, ИСНА, HR LHEP, ADB2, PIN, ИСС, «База документов», «Электронный фотоархив».

В 2021 г. были продолжены работы по совершенствованию и применению платформы WALT (Web Application Lego Toolkit), предназначенной для разработки веб-приложений различной степени сложности. В отличие от многих других платформ, которые представляют собой «волшебный черный ящик», основная идея WALT заключается в предоставлении прозрачных, расширяемых и модифицируемых инструментов для реше-

ния конкретных проблем, возникающих при разработке веб-приложений. Платформа WALT используется для разработки корпоративных веб-приложений ОИЯИ, таких как ADB2, PIN, NICA EVM, СЭД и т. д. [10].

В целях повышения качества учета публикационной активности сотрудников ОИЯИ в 2021 г. были продолжены работы по развитию и внедрению в опытную эксплуатацию информационной систе-

мы институционального репозитория научных публикаций на базе программной платформы JOIN2 (сервер публикаций ОИЯИ — publications.jinr.ru). Для достижения данной цели ведутся работы по организации единой подсистемы ввода библиографических метаданных в информационные системы «Сервер публикаций ОИЯИ» и «Персональная информация о сотрудниках ОИЯИ» (PIN).

МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Одним из направлений деятельности ЛИТ является обеспечение математической, алгоритмической и программной поддержки экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ. Ниже приведена краткая информация о важнейших полученных результатах.

Для оптимизации характеристик сверхпроводящих магнитов в рамках проекта NICA (ОИЯИ) в 2021 г. проводилось трехмерное моделирование квадрупольного магнита коллайдера, дипольного магнита вертикального вывода, линзы финального фокуса. Исследовались силы, действующие на сверхпроводящую обмотку соленоида для детектора SPD, и уровень магнитного поля в области детекторов установки VM@N.

Проведен сравнительный анализ эффективности численных расчетов статических магнитных полей методом конечных элементов в среде COMSOL Multiphysics® в терминах как векторного, так и полного скалярного потенциала магнитостатики для моделирования магнитных систем ускорителей [11]. Для иллюстрации численных расчетов использовалась модель дипольного магнита, предназначенного для формирования магнитного поля в изохронном циклотроне SC200. Эффективность обоих методов анализируется в терминах стандартных параметров метода конечных элементов с учетом затрат вычислительных ресурсов. В частности, показано, что использование скалярного потенциала по сравнению с его векторным аналогом значительно уменьшает число степеней свободы, затраты компьютерной памяти и времени при относительно одинаковой погрешности вычислений.

Проведена детальная настройка моделирования для дрейфовых камер установки VM@N с учетом всех типов данных, набранных во время сеансов в 2018 г., для более точной идентификации результирующих частиц. Показано, что результаты моделирования полностью совпадают с экспериментальными данными. Получены эффективности реконструкции для всех типов данных и частиц [12].

Разработаны геометрическая и программная модели детекторов трековой системы (GEM, Forward Silicon и CSC) для эксперимента

VM@N [13]. Реализованы алгоритмы реалистичного монте-карло-моделирования и реконструкции пространственных координат точек пролета заряженных частиц через плоскости детекторов.

Продолжены исследования по разработке алгоритмов на основе глубоких нейронных сетей для реконструкции треков элементарных частиц в экспериментах VM@N, SPD и BESIII. Усовершенствованы алгоритмы локального (TrackNETv2) и глобального (RDGraphNet) слежения и LOOT [14–16]. Все разработанные модели глубоких нейронных сетей успешно внедрены в Ariadne — библиотеку для трекинга частиц методами глубокого обучения, разрабатываемую авторами.

Разработана система метаданных событий [17] для экспериментов проекта NICA, представляющая собой базу данных, содержащую сводные данные о событиях столкновения частиц и ссылки на место их хранения в распределенном хранилище, что обеспечивает быстрый поиск и отбор требуемого набора событий по хранимым метаданным для их дальнейшей обработки и физического анализа. Она включает в себя базу метаданных событий, веб-сервис для просмотра метаданных и отбора событий, программный интерфейс для автоматизированной записи новых метаданных во время обработки событий и запроса требуемых событий согласно заданным критериям для физического анализа в ПО эксперимента. Система метаданных событий была интегрирована вместе с базой данных условий (Condition DB), в разработке которой также принимали участие сотрудники ЛИТ.

Проведено моделирование, описывающее структуру адронов в рамках сильнокоррелированной кварковой модели. Показано, как свойства мезонов и барионов могут меняться в плотной ядерной среде: нуклоны преобразуются в дельта-изобары, гипероны и их возбужденные состояния, а мезоны рождаются преимущественно через векторные резонансы. Кроме того, свойства векторных мезонов, состоящих из легких кварков, меняются кардинально: ширина распада растет, а масса уменьшается [18]. Подобные модификации в ядерной среде, особенно в диапазоне энергий ме-

гасайенс-проекта NICA, могут приводить к таким наблюдаемым эффектам, как усиление странности, «эффект рога» и усиление дилептонных инвариантных спектров масс в диапазоне 0,2–0,7 ГэВ.

Систематически исследован и применен разработанный ранее метод конструкции фазового перехода в ядерной материи при экстремальных условиях, образующихся в ядрах нейтронных звезд [19]. Конструкция позволила моделировать уравнения состояния ядерной материи, допускающей фазовый переход даже в случаях, когда отсутствует точка равновесия фаз в физически обоснованной области плотностей. Показаны применимость данной конструкции и ее ограничения.

Разработан алгоритм разграничения перекрывающихся сигналов от двух заряженных частиц в детекторе CSC (Cathode Strip Chambers) для эксперимента CMS. Для CSC-камер специальной геометрии ME1/1, разработанных и собранных в ОИЯИ, проведена настройка реконструкции в проблемных зонах [20]. Разработанные алгоритмы позволили более точно и качественно реконструировать хиты и сегменты в мюонной системе CMS в общем и в ME1/1-камерах в частности. Авторский программный код внедрен в официальное ПО CMS и будет использоваться по умолчанию, начиная с набора данных на LHC Run3.

В рамках развития ПО для подготовки к Run3 в эксперименте ATLAS проведена модернизация компоненты Resource Manager в соответствии с новыми правилами по поддержке безопасности [21]. Разработан новый сервис EventPicking для проекта ATLAS EventIndex, автоматизирующий процедуру поиска местоположения событий с помощью EventIndex и отправки заданий в PANDA для получения запрошенных событий [22]. Сервис использовался для второго этапа анализа событий $\gamma\gamma \rightarrow WW$. Продолжены работы по конвертированию данных из старого формата в CREST и по совершенствованию соответствующего инструментария.

Совместно с физиками из ЛЯР ОИЯИ разработана компьютерная модель тонкой структуры, найденной в ходе экспериментов с трансурановым элементом калифорнием [23]. Для проверки гипотезы о том, что найденная структура объективно существует, а не является шумовым артефактом, применена глубокая сверточная нейронная сеть в качестве бинарного классификатора. Предварительные результаты применения разработанного нейроклассификатора показывают перспективность предложенного подхода.

Проведено моделирование рассеивания загрязняющих веществ в воздухе на основе регрессионной модели землепользования (LUR). Тестирование проводилось в регионе Tritia. Рассмотрены два набора факторов загрязнения воздуха — данные о выбросах и результаты модели дисперсии. Проведено сравнение регрессии на основе нейронных сетей с линейной регрессией. Регрессия на основе нейронной сети показала значительно более высо-

кие результаты. Было доказано, что она оказывает положительное влияние на качество моделей LUR, поскольку лучше отражает общий нелинейный характер рассеивания загрязняющих веществ [24].

Трехчленная функция потерь была успешно использована для значительного повышения точности в задачах распознавания, связанных с растительностью [25]. Первая задача — обнаружение болезней растений на 25 классах пяти культур (виноград, хлопчатник, пшеница, огурцы и кукуруза). Вторая задача — определение видов мха (на 5 классах). В обеих задачах использованы самостоятельно собранные авторами базы данных изображений. Сиамская нейросеть с трехчленной функцией потерь и MobileNetV2 в качестве базовой архитектуры показали точность 97,8% при обнаружении болезней растений и 97,6% при классификации видов мха.

В 2021 г. библиотека JINRLIB пополнилась разработанной сотрудниками ЛИТ программой RK4-MPI — параллельной реализацией численного решения задачи Коши методом Рунге–Кутты 4-го порядка с использованием технологии MPI (<http://www.info.jinr.ru/programs/jinr/lib/rk4-mpi/indexe.html>).

В сотрудничестве с ЛНФ с помощью метода разделенных формфакторов проведен анализ спектров малоуглового рассеяния нейтронов (МУРН), измеренных с помощью спектрометра ЮМО на полидисперсных популяциях однослойных везикул фосфолипидной транспортной наносистемы и нанопрепарата Indolip в тяжелой воде при трех концентрациях. Основные структурные параметры этих везикулярных систем, полученные при компьютерном анализе спектров МУРН, в целом согласуются с соответствующими результатами обработки данных малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР). В то же время метод МУРН оказывается менее чувствительным, чем МУРР, в части детального учета особенностей строения бислоя оболочки везикул [26].

Методом молекулярной динамики исследованы образцы меди, железа и никеля со структурой реальных кристаллов с заданными дефектами типа пор, облученные нанокластерами меди с энергией 1–100 эВ/атом [27]. Моделирование и тестирование проводились с помощью модифицированного пакета LAMMPS, установленного на кластере HUBRILIT. В рамках численного моделирования исследовано влияние ударных волн на дефектные структуры типа пор в мишени. Получены пороговые значения энергии облучения нанокластерами меди, при которых меняется структура дефекта в мишенях. Полученные результаты показывают большую устойчивость дефектов типа пор в железной мишени к воздействию ударной волны по сравнению с образцами меди и никеля.

Разработаны и численно реализованы новые эффективные алгоритмы расчета нормированного мотовского дифференциального сечения рассеяния релятивистских электронов с использованием ку-

лоновского потенциала, а также расчета суммарной поправки Мотта–Блоха к формуле Бете для ионизационных потерь энергии тяжелыми ионами на основе предложенного представления точного сечения Мотта в терминах моттовских парциальных амплитуд [28]. Показаны неприменимость известных приближенных методов расчета сечения для тяжелых элементов и предпочтительность использования разработанного алгоритма для расчета нормированного сечения Мотта в области высоких и средних значений энергии электронов.

Вычислены релятивистские энергии основного состояния двухцентровых задач для уравнения Дирака с точностью 8–9 знаков при межъядерном расстоянии $2/Z$ до $Z = 121$ [29]. В расчетах использовались орбитали слэтеровского типа (до орбитали $g_{9/2}$, максимальное число базисных функций 62) и метод минимакса. Основное преимущество этого метода состоит в том, что условия кинетического баланса не используются для исключения ложного решения, тем самым значительно повышается скорость сходимости по числу базисных функций.

Предложен метод, позволяющий экстраполицию асимптотических рядов на конечные значения параметров связи, а также на их бесконечные пределы [30]. Метод основан на применении автомоделных фактор-аппроксимаций, позволяющих экстраполицию значений функций на произвольные значения параметров связи при известных только разложениях этих функций по малым параметрам связи. Эффективность метода проиллю-

стрирована несколькими задачами квантовой теории поля.

Проведены расчеты спектра вибрационно-ротационных связанных, метастабильных состояний и состояний рассеяния димера бериллия в основном состоянии $X^1\Sigma_g^+$ [31]. Задача решена с использованием разработанного авторского программного пакета KANTBP 5M, реализующего метод Ньютона и метод конечных элементов высокого порядка точности. Впервые получен спектр ротационно-вибрационных метастабильных состояний димера бериллия с комплексными собственными значениями энергии. Представленный подход, реализованный в виде комплекса программ, является полезным инструментом для исследования слабосвязанных состояний с собственными значениями энергии, близкими к порогу диссоциации, и процессов приповерхностной диффузии двухатомных молекул.

Продолжены исследования, связанные с анализом квантового информационного ресурса конечных квантовых систем с помощью метода квазираспределений в фазовом пространстве [32]. Введены меры квантовости, позволяющие количественно описать степень отличия квантовых состояний от соответствующего классического аналога. С учетом свойств отрицательности соответствующего квазираспределения Вигнера вычислен индикатор квантовости базовых систем, кубитов и кутритов для различных метрик (Гильберта–Шмидта, Буреса и Боголюбова–Кубо–Мори), заданных на пространстве квантовых состояний.

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

На основе объединения суперкомпьютеров ОИЯИ, Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого создана масштабируемая исследовательская инфраструктура нового уровня. Такая инфраструктура востребована для задач мегасайенс-проекта NISA, к настоящему времени на ней было запущено 3000 задач генерации и реконструкции событий для эксперимента MPD. В результате было сгенерировано и реконструировано порядка 3 млн событий. Полученные данные перемещены в Дубну для дальнейшей обработки и физического анализа.

Разработан прототип «Информационно-аналитической системы сопровождения лицензий ЛИТ» (ИАЛ, <http://soft-lit.jinr.ru>). Основной задачей ИАЛ является автоматизация управления, приобретения, сопровождения и использования лицензионных программных продуктов (ЛПП), вызванных необходимостью как планирования и оптимизации закупок лицензионного программного обеспечения, так и контроля за соблюдением правил ли-

цензионной политики. База данных системы содержит всю информацию по закупленным лицензиям, на основе которой формируется личный кабинет (ЛК) пользователя. В ЛК хранятся данные о лицензиях, принадлежащих пользователю. ЛК администратора/аудитора предназначен для управления и мониторинга ЛПП. Вход в ИАЛ производится через систему аутентификации пользователей SSO-JINR. Веб-интерфейс реализован в среде разработки WALT.

В рамках совместного проекта ЛИТ и ЛРБ продолжает развиваться информационная система (ИС) для задач радиационной биологии BIO-HLIT (<https://bio.jinr.ru/>). Алгоритмический блок ИС основан на методах машинного и глубокого обучения, а также компьютерного зрения. В 2021 г. разработаны алгоритмы автоматизированной разметки и отслеживания поведения лабораторного животного с построением качественной траектории его движения и точной разметки экспериментальной установки (рис. 12). Разработаны компоненты визуализации результатов анализа данных [33].

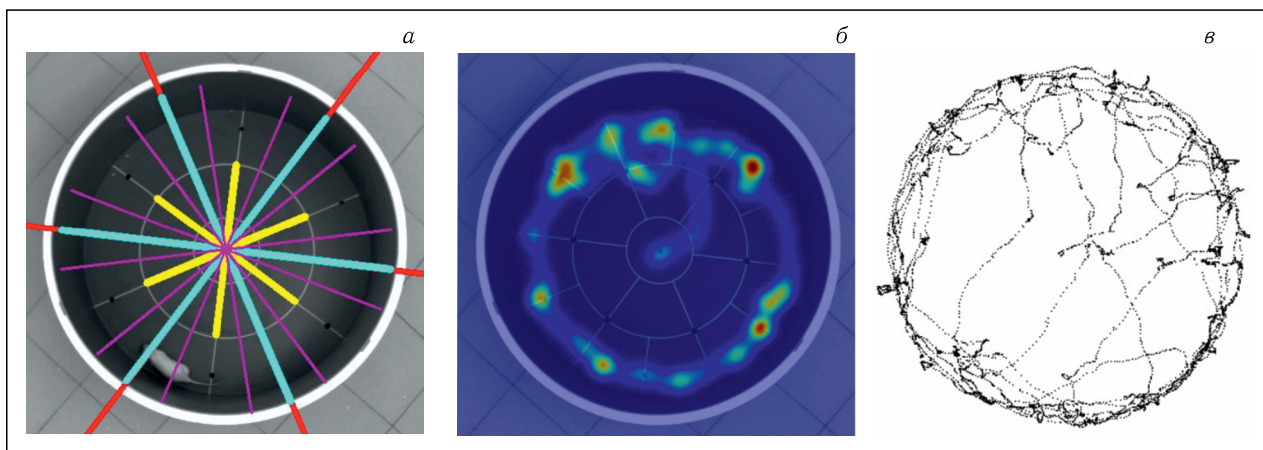


Рис. 12. а) Автоматизированная разметка и уточненные центры секторов экспериментальной установки «Открытое поле»; б) тепловая карта перемещений лабораторного животного в экспериментальной установке; в) покадровая траектория перемещений животного

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В сотрудничестве с ЛТФ и Каирским университетом рассчитаны сечения упругого рассеяния заряженных пи-мезонов на ядрах ^{28}Si , ^{40}Ca , ^{58}Ni , ^{208}Pb в диапазоне энергии от 130 до 290 МэВ [34]. Расчеты проводились в рамках двух моделей микроскопического оптического потенциала (ОП): фолдинговой модели ОП и локальной модифицированной модели ОП Кисслингера. Сечения пион-нуклонного рассеяния получены на основе численного решения уравнения Клейна–Гордона. Для обеих моделей ОП результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными. На основе фитирования параметров элементарной $\pi \pm N$ -амплитуды в фолдинговом ОП к экспериментальным данным $\pi \pm A$ -рассеяния исследовано влияние ядерной среды на механизм пион-нуклонного рассеяния.

В результате сотрудничества ЛИТ, ЛТФ и Китайского института атомной энергии (СИАЕ) разработаны новый теоретический подход к методу связанных каналов, стабильные вычислительные схемы, алгоритмы и новая модифицированная про-

грамма KANTBP 3.1, реализующая метод конечных элементов высокого порядка точности [35]. Рабочая версия данной программы использовалась для расчета сечений слияния тяжелых ионов $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$, $^{64}\text{Ni} + ^{64}\text{Ni}$, $^{64}\text{Ni} + ^{100}\text{Mo}$, $^{28}\text{Si} + ^{64}\text{Ni}$, $^{36}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$. Результаты проведенных расчетов этих сечений и астрофизического S -фактора хорошо согласуются с доступными экспериментальными данными.

В рамках совместного гранта ОИЯИ с Румынией разработан прототип системы IFA Database для управления исследовательскими программами. Предполагается, что система будет основным инструментом организации конкурсного финансирования исследований в Румынии. Прототип системы IFA Database реализован на основе платформы WALT, разрабатываемой сотрудниками ЛИТ, и включает в себя следующие модули: регистрацию и вход в систему различных пользователей, подачу заявки на грант, панель администратора, регистрацию и валидацию организаций в системе.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА НА УЧЕБНО-ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ

В 2021 г. на платформе HUBriLIT проводились учебные курсы и практические занятия по направлениям «Высокопроизводительные вычисления и суперкомпьютерные технологии» и «Машинное обучение и интеллектуальный анализ данных». На учебно-тестовом полигоне зарегистрированы 780 студентов государственного университета «Дубна» и более 300 студентов и аспирантов из других университетов России и стран-участниц ОИЯИ. С использованием ресурсов платформы HUBriLIT за 2021 г. подготовлено 9 магистерских диссертаций и бакалаврских работ.

Продолжает реализовываться программа международной школы по информационным технологиям «Аналитика больших данных» на базе государственного университета «Дубна», студенты которой задействованы в реальных научных проектах ОИЯИ. Результаты выпускной группы представлены в сборнике отчетов научно-проектной деятельности школы: <http://itschool.jinr.ru/discipline.html#science-project>.

В 2021 г. в Северо-Осетинском государственном университете прошло рабочее совещание «Распределенные вычисления и наука о данных»,

в рамках которого студенты прослушали учебный курс «Распределенные вычисления, машинное и глубокое обучение для решения прикладных задач», а также состоялась 3-я ИТ-школа молодых ученых «Современные ИТ-технологии для решения научных задач», в которой приняли участие более 60 студентов и преподавателей университетов Юга России (из Северной Осетии, Кабардино-Балкарии, Чечни) и Юго-Осетинского государ-

ственного университета им. А. А. Тибилова. Прочитаны лекции о научных проектах ОИЯИ, о развиваемых в ОИЯИ информационных технологиях и решениях для научных задач, проведены мастер-классы и учебные курсы по распределенным вычислениям, виртуализации и облачным технологиям, алгоритмам машинного и глубокого обучения для анализа сложноструктурированных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Baginyan A. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 1–6.
2. *Baranov A. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 429–433.
3. *Balashov N. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 280–284.
4. *Kutovskiy N., Pelevanyuk I., Zaborov D.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 196–201.
5. *Podgainy D. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 612–618.
6. *Moshkin A. A. et al.* // Russian Supercomputing Days: Proc. of the Intern. Conf. 2021. P. 4–11.
7. *Kudryavtsev A. O., Podgainy D. V., Moskovsky A. A.* // ISC High Performance 2021, Hamburg, Germany, May 29–June 2, 2021; <https://www.isc-hpc.com/>;
Moskovsky A. A., Brekhov A. T., Podgainy D. V., Kudryavtsev A. O. // Sixth Intern. Parallel Data Systems Workshop, Nov. 15, 2021; <https://sc21.supercomputing.org/session/?sess=sess332>;
Val'a M., Podgainy D., Lavrenko P., Brekhov A. // 5th Annual DAOS User Group Meeting, Nov. 19, 2021; <https://daosio.atlassian.net/wiki/spaces/DC/pages/11015454821/DUG21>.
8. *Moshkin A., Pelevanyuk I., Rogachevskiy O.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 321–325.
9. *Kashunin I., Mitsyn V., Strizh T.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 285–290.
10. *Korenkov V., Kuniaev S., Semashko S., Sokolov I.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 387–392.
11. *Cherovyakov A.* // Intern. J. Engin. Systems. 2021. V. 4. P. 1–17.
12. *Palichik V., Voytishin N.* // Phys. Part. Nucl. Lett. (submitted).
13. *Baranov D.* // AIP Conf. Proc. 2021. V. 2377. P. 060002.
14. *Shchavelev E. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 218–222.
15. *Nikolskaya A. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 332–337.
16. *Rezvaya E. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 138–142.
17. *Alexandrov E. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 439–444.
18. *Musulmanbekov G.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18, No. 5. P. 548–558.
19. *Ayriyan A. et al.* // Eur. Phys. J. A. 2021. V. 57, No. 318. 18 p.
20. *Palichik V., Voytishin N.* // Programme Advisory Committee for Particle Physics, Jan. 24, 2022.
21. *Kazarov A. et al.* // Eur. Phys. J. Web Conf. 2021. V. 251. P. 04019.
22. *Alexandrov E. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 223–228.
23. *Ососков Г. А., Пятков Ю. В., Руденко М. О.* // Письма в ЭЧАЯ. 2021. Т. 18, № 5(237). С. 430–447.
24. *Bitta J., Svozilik V., Svoziliková Krakovská A.* // Atmosphere. 2021. V. 12, No. 4. P. 452.
25. *Uzhinskiy A. V. et al.* // Comp. Optics. 2021. V. 45, No. 4. P. 608–614.
26. *Киселев М. А. и др.* Препринт ОИЯИ РЗ-2021-49. Дубна, 2021;
Киселев М. А. и др. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования (в печати).
27. *Шарипов З. А. и др.* // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования (в печати).
28. *Kats P. B., Halenka K. V., Voskresenskaya O. O.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18, No. 3. P. 277–283.
29. *Chuluunbaatar O. et al.* // Chem. Phys. Lett. 2021. V. 784. P. 139099-1–139099-9.
30. *Yukalov V. I., Yukalova E. P.* // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 076019.
31. *Derbov V. L. et al.* // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 2021. V. 262. P. 107529.
32. *Abgaryan V., Khvedelidze A., Torosyan A.* // Phys. Lett. A. 2021. V. 412, No. 7. P. 127591.
33. *Stadnik A. et al.* // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3041. P. 348–352.
34. *Lukyanov V. K. et al.* // Nucl. Phys. A. 2021. V. 1010. P. 122190.
35. *Wen P. W. et al.* // Phys. Rev. C. 2021. V. 103. P. 054601.



ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

В 2021 г. в лаборатории продолжены исследования по темам 04-9-1077-2009/2023 «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий» и 04-9-1112-2013/2022 «Исследование космического вещества на Земле и в ближайшем космосе, исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли».

На 129-й сессии Ученого совета ОИЯИ директором ЛРБ А. Н. Бугаев были представлены Программа радиобиологических исследований в ОИЯИ и стратегия развития Лаборатории радиационной биологии. Предварительно программа обсуждалась на биофизическом семинаре ЛРБ, в котором приняли участие директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, научный руководитель ОИЯИ академик В. А. Матвеев и представители лабораторий Института. Также обсуждение программы

радиобиологических исследований ЛРБ на пучках тяжелых ионов проходило в рамках Международного круглого стола по прикладным исследованиям и инновациям на комплексе NICA.

В конце 2021 г. спектр установок ЛРБ пополнился двумя источниками рентгеновского излучения для задач радиационной биологии. Компактный облучатель CellRad производства Precision X-ray Inc. (США) предназначен для работы с клеточными культурами. Начат монтаж многофункционального исследовательского комплекса SARRP (Small Animal Radiation Research Platform) производства Xstrahl Ltd. (Великобритания), предназначенного для радиобиологических исследований на мелких лабораторных животных с возможностью рентгеновской томографии и высококонформного облучения.

РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ РАДИОБИОЛОГИЯ

Исследования молекулярных механизмов действия ингибиторов репарации ДНК. Продолжены исследования модифицирующего влияния ингибитора синтеза ДНК арабинозидцитозина (АраЦ) на формирование двуниевых разрывов (ДР) в нормальных (фибробласты) и опухолевых (глиобластома U87) клетках человека при действии протонов в пике Брэгга и ускоренных ионов азота (рис. 1). Установлено угнетение эффективности репарации ДР ДНК в присутствии ингибитора как в нормальных (см. рис. 1, а), так и в опухолевых (см. рис. 1, б) клетках человека при действии ускоренных ионов азота. Наиболее ярко модифицирующее влияние АраЦ наблюдается при действии протонов.

Выполнены исследования модифицирующего влияния АраЦ и ингибитора ДНК лигазы IV SCR7 на формирование и репарацию ДР ДНК в фибробластах человека при действии протонов в пике Брэгга. При совместном применении модификато-

ров выявляется увеличение количества ДР ДНК и снижение эффективности их репарации (рис. 2).

Методом ДНК-комет исследованы индукция и репарация ДР ДНК в клетках меланомы мышей линии В16 при облучении протонами *in vitro* в обычных условиях и в присутствии АраЦ и SCR-7. Показана большая эффективность формирования ДР ДНК в условиях влияния АраЦ по сравнению с контролем и в присутствии только SCR7. Аналогичная тенденция была выявлена в клетках гиппокампа мышей при γ -облучении *in vivo* в обычных условиях и в присутствии АраЦ и гидроксимочевины.

Проведен анализ кинетики формирования, элиминации и структуры кластерных повреждений ДНК с модифицированными основаниями в клетках фибробластов человека при действии протонов, ускоренных ионов азота и γ -квантов. Показано, что репарационные системы устраняют кластерное повреждение как единый сложносоставной комплекс [1].

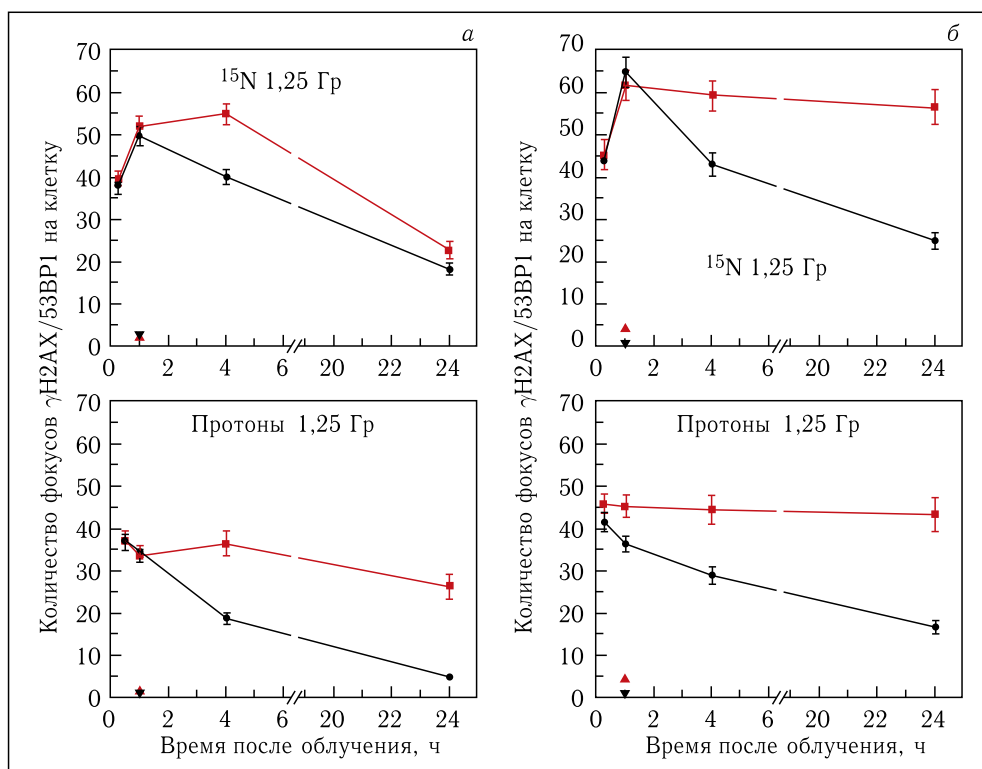


Рис. 1. Кинетика формирования и элиминации радиационно-индуцированных фокусов $\gamma\text{H2AX}/53\text{BP1}$ в фиброблестах (а) и опухолевых клетках (б) человека при действии ускоренных ионов азота и протонов в условиях влияния модификатора (красная линия) и без него (черная линия)

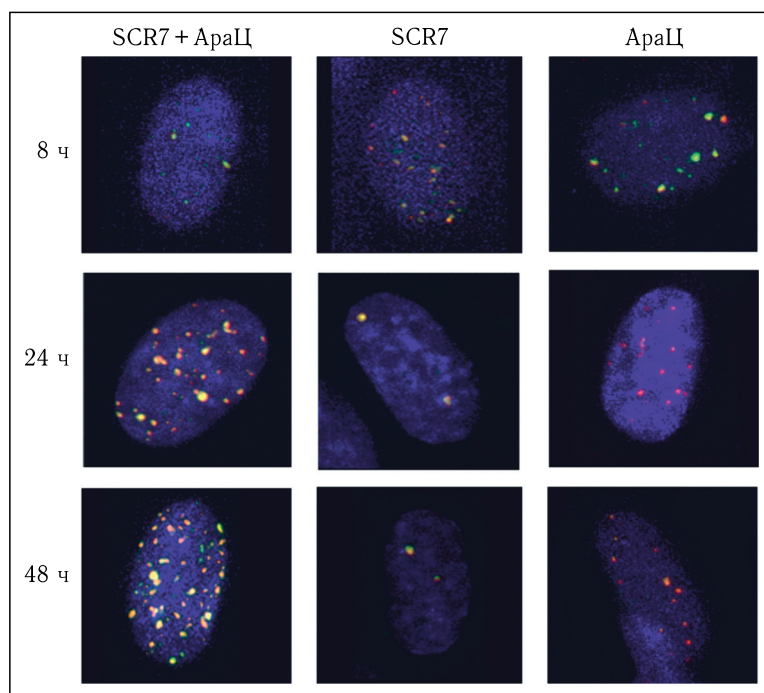


Рис. 2. Радиационно-индуцированные фокусы белков репарации двунитевых разрывов ДНК — γH2AX (зеленый сигнал) и 53BP1 (красный сигнал) — в ядрах нормальных фибробластов человека при действии протонов в пике Брэгга (доза 1,25 Гр) в условиях влияния АраЦ и SCR7

Исследования радиационно-индуцированных структурных мутаций в клетках млекопитающих и человека. Проведена серия экспериментов по исследованию радиационно-индуцированного мутагенеза в клетках китайского хомячка

(линии V79) после облучения γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами с различной ЛПЭ (50, 116, 138, 153 кэВ/мкм) [2]. В результате исследования структурных нарушений в *hprt*-гене методом ПЦР у спонтанных и радиационно-индуцированных му-

тантных субклонов отмечается возрастание частоты встречаемости мутантов с делециями разного вида (частичных и полных). Все радиационно-индуцированные мутанты содержали большее количество крупных делеций по сравнению со спонтанными мутантами (SM). Отмечена тенденция к увеличению доли делеций в *hprt*-гене с ростом ЛПЭ (рис. 3).

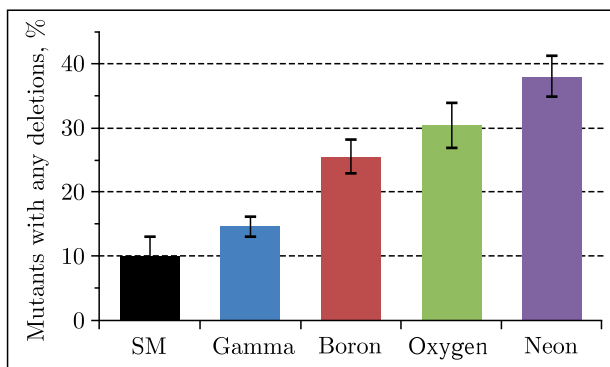


Рис. 3. Распределение делеций в *hprt*-гене для всех образцов (среднее значение всех проанализированных доз и временных точек)

Продолжен цитогенетический анализ хромосомных нарушений в лимфоцитах крови обезьян *Macaca mulatta* после комплексного воздействия, моделирующего условия космического полета (антиортостатическая гипокинезия, длительное γ -облучение ^{137}Cs и облучение головы обезьян ионами углерода ^{12}C в дозе 1 Гр) [3]. Общее число хромосомных aberrаций через 1,3 года после облучения превышало контрольный уровень в 3 раза.

В коллаборации с группой биофизики GSI (Дармштадт, Германия) изучена относительная биологическая эффективность α -частиц по индукции разных видов aberrаций хромосом в лимфоцитах крови человека, облученных *ex vivo* [4]. Данные анализа кинетики достижения клетками первого и последующих пострадиационных митозов, а также aberrаций хромосом методом mFISH использовали для оценки цитогенетического риска, т. е.

вероятности сохранения стабильных наследуемых aberrаций в выживших лимфоцитах. Показано, что цитогенетический риск α -излучения ниже, чем рентгеновского излучения (рис. 4). Аналогичные результаты по критериям частоты хромосомных aberrаций и фракции комплексных aberrаций получены после действия радона [5].

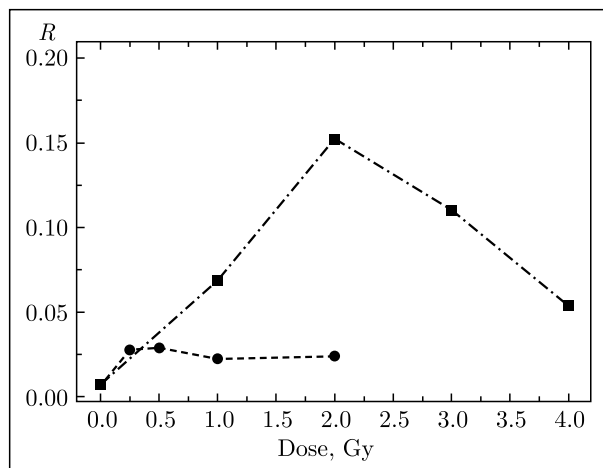


Рис. 4. Дозовая зависимость цитогенетического риска R , т. е. вероятности для aberrантной клетки, несущей стабильные aberrации, пройти митоз при действии рентгеновского излучения (квадраты) и α -частиц (кружки)

Радиационная генетика одноклеточных эукариот. Продолжены исследования закономерностей индукции точечных мутаций и перестроек генов у дрожжей при действии тяжелых заряженных частиц различных энергий. Проводится анализ молекулярной природы индуцированных мутаций [6]. Исследованы генетические показатели воздействия протонов (150 МэВ, 0,54 кэВ/мкм) на различные штаммы дрожжей. Проведена оценка мутабельности штаммов по частоте индукции мутаций резистентности к фунгицидам. Показана более высокая радиорезистентность и низкая мутабельность пробиотических штаммов дрожжей *S. boulardii* по сравнению с лабораторными *S. cerevisiae*.

РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И НЕЙРОХИМИЯ

Исследования нарушений поведенческих реакций и патоморфологических изменений у облученных животных. Проведено исследование морфологических изменений в ЦНС и отдельных физиологических показателей организма мышей (в возрасте 7 мес.) после облучения γ -квантами ^{60}Co в дозе 2 Гр на 30-е сутки. Наблюдались статистически значимые различия в поведении облученных грызунов по тесту «Открытое поле» по сравнению с контрольной группой. У облученных животных выявлено статистически значимое снижение числа лейкоцитов, повышение количества

нейронов с деструктивными изменениями, уменьшение количества общей глии и выделены очаги клеточного опустошения.

Исследовано противолучевое действие ноотропного препарата «Пирацетам» на поведенческие реакции и морфологические изменения в головном мозге лабораторных крыс после тотального облучения γ -квантами фракциями 0,5 Гр в суммарной дозе 5 Гр. У животных, которым вводили пирацетам после облучения, отмечена нормализация пассивно-оборонительного поведения, сохранение морфометрических показателей гранулярного слоя

зубчатой извилины на уровне интактных животных и снижение нейродегенеративных изменений в ЦНС [7].

Для исследования модификации нарушений высших интегративных функций ЦНС средствами фармакохимической защиты после тотального облучения протонами был использован ноотропный препарат «Церебролизин». Эксперимент проведен на самцах крыс, которые были тотально облучены ускоренными протонами с энергией 170 МэВ в дозе 4 Гр на медицинском пучке фазотрона ОИЯИ. В ходе применения поведенческих тестов выявлено, что церебролизин статистически значимо восстанавливает значения показателей двигательной активности и оказывает позитивное действие на рабочую память облученных животных.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

Радиационные повреждения в клетках ЦНС. С помощью моделирования методом Монте-Карло стохастической структуры треков тяжелых заряженных частиц в пакете Geant4-DNA проведен расчет индукции в нервных клетках первичных повреждений ДНК разных типов (рис. 5, а): повреждений оснований (ПО), одностранных разрывов (ОР), кластерных одностранных разрывов (кОР), двустранных разрывов (ДР) и кластерных двустранных разрывов (кДР) [8]. На основе данных о повреждении ДНК смоделирована выживаемость радиочувствительных клеток — предшественников нейронов в субгранулярной зоне гиппокампа после радиационного поражения (рис. 5, б). Расчетные данные о выживаемости хорошо согласуются с экспериментальными результатами, приведенными в публикациях.

Исследования нейровоспалительной реакции и разрушения миелиновой оболочки аксонов (демиелинизации). Для изучения этих радиационно-индуцированных патологических процессов с помощью иммуноферментного анализа были исследованы секрета воспалительных цитокинов и уровень основного белка миелина (МВР1) в гомогенатах мозга мышей после облучения γ -квантами и протонами в пике Брэгга в дозах до 5 Гр. Предварительный анализ данных экспериментов не выявил выраженной нейровоспалительной реакции и падения уровня миелина на ранних сроках (неделя) после облучения γ -квантами, однако в отдаленные сроки (2 мес.) после облучения протонами наблюдалась демиелинизация.

Моделирование нейро- и глиогенеза в гиппокампе. Разработана математическая модель нейрогенеза на основе схемы асимметричного деления нервных стволовых клеток в зубчатой извилине гиппокампа мышей [9]. Модель воспроизводит экспериментальные данные возрастного изменения численности нервных стволовых клеток, амплифицирующих нейрональных предшественников, нейробластов, незрелых нейронов, а также впервые зрелых нейронов, астроцитов и олигодендроцитов. Рассчитаны доли выживших зрелых нейронов, астроцитов и олигодендроцитов в отдаленный период после действия рентгеновского излучения.

Моделирование функционирования нейронных сетей. Изучены свойства синаптических NMDA-рецепторов с мутациями в субъединицах GluN2B и с различным составом субъединиц

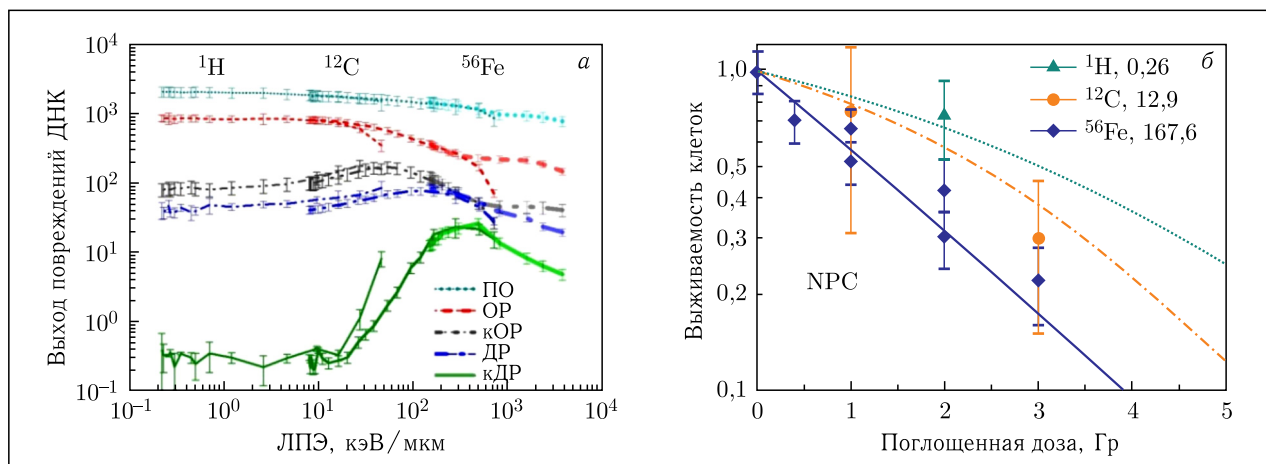


Рис. 5. Расчетные данные радиационных повреждений в ЦНС: а) выход первичных повреждений ДНК разных типов в ядрах нервных клеток гиппокампа на единицу поглощенной дозы в зависимости от ЛПЭ различных частиц; б) выживаемость клеток — предшественников нейронов в субгранулярной зоне гиппокампа при действии заряженных частиц ¹Н (1000 МэВ), ¹²С (300 МэВ/нуклон) и ⁵⁶Fe (600 МэВ/нуклон) в зависимости от дозы

GluN1, GluN2A, GluN2B, исследовано их влияние на функционирование нейронных сетей гиппокампа и ЭЭГ-ритмы головного мозга [10]. В частности, выявлено, что при замене субъединицы GluN2B на GluN2A в ходе старения мозга происходит ухудше-

ние свойств рецептора, снижаются низкочастотные ритмы и увеличиваются высокочастотные. Предполагается, что данный механизм может быть связан с возрастными нарушениями внимания и памяти.

АСТРОБИОЛОГИЯ

Совместно с коллегами из Италии продолжены работы по исследованию механизмов формирования пребиотических соединений при действии тяжелых заряженных частиц. Проведено облучение *ди*-гликозилированных аденинов в смеси с формамидом и веществом метеорита NWA 1456 протонами с энергией 170 МэВ. Результаты показали, что эти аденины действуют как гликозильные доноры в межмолекулярном *транс*-гликозилировании пиримидиновых нуклеиновых оснований при облучении протонами. Формамид и метеоритное вещество увеличивали выход и селективность реакции. Полученные данные указывают на возможную

роль межмолекулярного *транс*-гликозилирования в пребиотическом образовании нуклеозидов без дополнительных путей синтеза [11].

Проведены микропалеонтологические исследования углистых хондритов Мурчисон, Агуас Заркас, Саттерз Милл, Тагиш Лейк, NWA 7184 и др. (более 30 образцов) с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3 с рентгеновским микроанализатором. В ходе исследования в образцах метеоритов были обнаружены микрофоссилии (рис. 6), представленные остатками как прокариотических, так и эукариотических микроорганизмов [12].

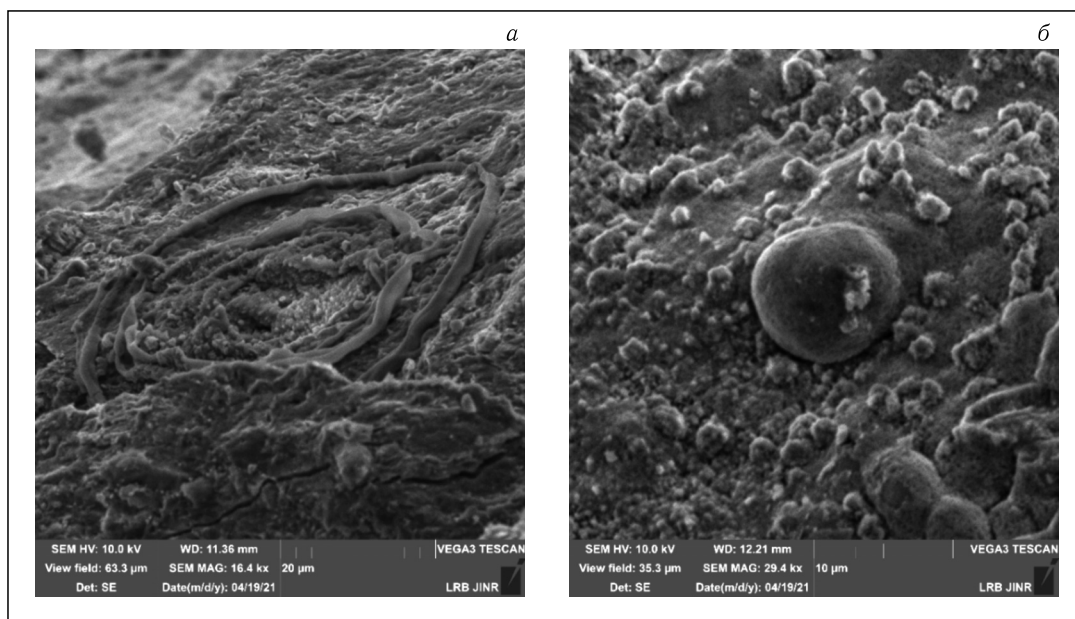


Рис. 6. Окаменелые микроорганизмы из метеоритов: а) Саттерз Милл (нитевидной формы); б) NWA 7184 (сферической формы)

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполнен цикл исследований, направленных на оценку радиационного риска космонавтов при длительных межпланетных полетах [13, 14]. Проведены детальные расчеты спектров всех компонентов радиационного поля внутри обитаемого модуля космического аппарата от галактических космических излучений (ГКИ) в условиях минимума и максимума солнечной активности. Верификация проведенных расчетов сделана на единственно доступных экспериментальных дан-

ных приборов RAD и Liulin-МО и показала хорошее согласие с экспериментом (рис. 7). Рассчитаны скорректированные коэффициенты конверсии флюенс – эффективная доза для всех компонентов радиационного поля внутри корабля.

В рамках сотрудничества с Институтом космических исследований РАН по инструментам для ядерной планетологии продолжено проведение сеансов на пучке протонов фазотрона ЛЯП по отработке метода меченых протонов [15].

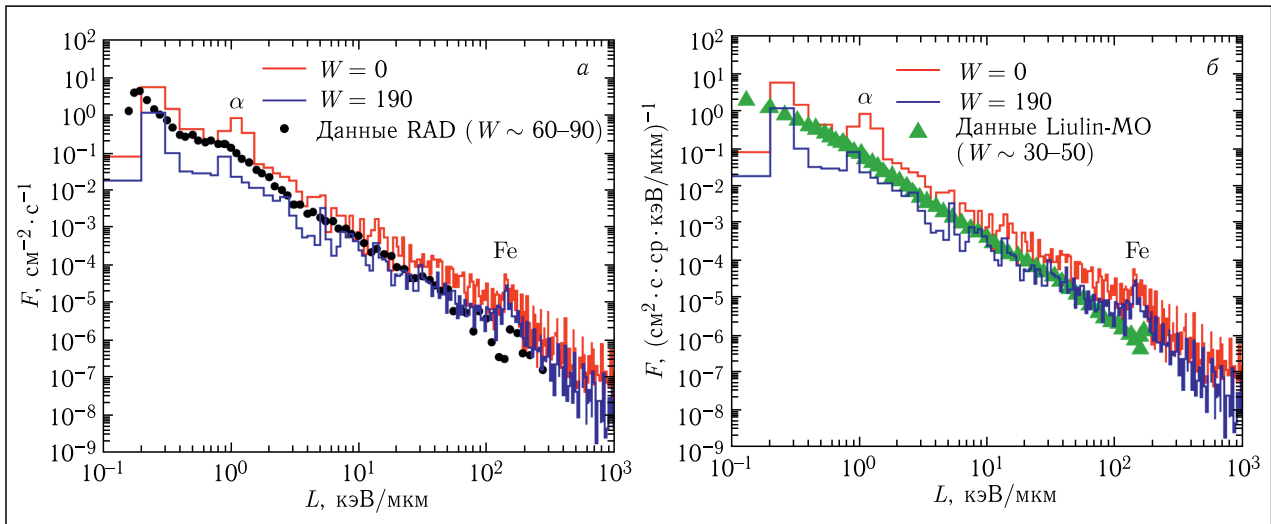


Рис. 7. Расчетная ЛПЭ спектров в космическом аппарате в сравнении с данными RAD (а) и Liulin-MO (б)

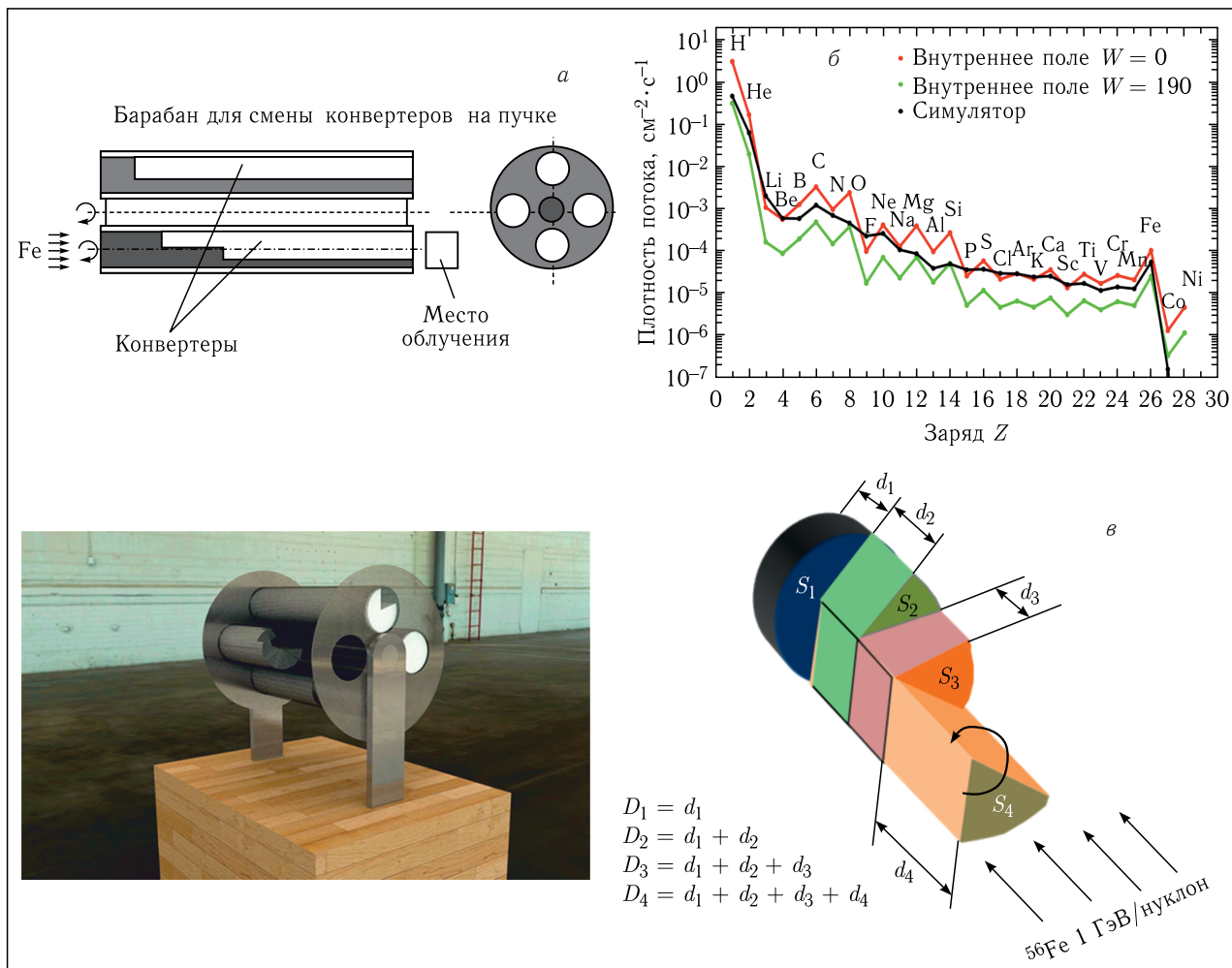


Рис. 8. Схематическое представление концепции нового симулятора ГКИ: а) схема барабана для смены конвертеров; б) график воспроизводимого интегрального значения флюенса частиц в месте облучения; в) 3D-схема отдельного конвертера

С целью развития экспериментальных методов оценки радиационного риска космических полетов в земных условиях предложен уникальный вариант симулятора радиационного поля внутри жилого модуля космического аппарата в условиях

глубокого космоса [16]. В разработанном варианте симулятора (рис. 8) воспроизводятся в правильном соотношении все компоненты радиационного поля корабля, усредненные по солнечной активности. Симулятор космического излучения

возможно будет установить на пучке ядер ^{56}Fe с энергией 1 ГэВ/нуклон на радиобиологическом канале нуклотрона, создаваемого в рамках про-

граммы прикладных инновационных исследований на комплексе НИСА. Получен патент на изобретение [17].

КОНФЕРЕНЦИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

В течение 2021 г. сотрудники лаборатории приняли участие в 29 научных конференциях, проходивших в смешанном формате.

27–28 апреля состоялось международное рабочее совещание «Ядерно-физические методы в науках о жизни: нейрорадиобиологические исследования и новые подходы к лучевой терапии опухолей». В нем приняли участие специалисты из ОИЯИ, России, Армении, Грузии, Польши, Чехии. На круглом столе, завершившем совещание, было принято решение о формировании международной коллаборации на базе ЛРБ ОИЯИ.

12–15 октября при поддержке ЛРБ ОИЯИ в Москве состоялся VIII Съезд по радиационным

исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность) — традиционное совещание членов Российского радиобиологического общества РАН. В работе съезда приняли участие более 400 ученых — радиобиологов, радиоэкологов, медиков, ученых смежных специальностей из России, Белоруссии, Азербайджана.

Продолжался учебный процесс на кафедре биофизики университета «Дубна». В 2021 г. на этой кафедре обучались 36 студентов и 7 аспирантов. 4 студента успешно закончили обучение и получили диплом магистра по направлению «Физика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shamina D. D., Boreyko A. V., Zadneprianets M. G., Hramco T. S., Krupnova M. E., Kulikova E. A., Pavlova A. S., Smirnova E. V., Filatova A. S.* The Complexity of Clustered DNA DSBs in Human Fibroblasts under the Action of Low and High-LET Radiation // AIP Conf. Proc. 2021. V. 2377. P. 050005.
2. *Blaha P., Koshlan I. V., Koshlan N. A., Bogdanova Yu. V., Petrova D. V., Govorun R. D., Mucka V., Krasavin E. A.* Structural Changes in HPRT Gene of V79 Cells After Irradiation with Heavy Ions — Immediate and Delayed Effects // Frontiers Phys. 2021. V. 8. P. 584326.
3. *Belyaeva A. G., Kudrin V. S., Koshlan I. V., Koshlan N. A., Isakova M. D., Bogdanova Yu. V., Krasavin E. A., Timoshenko G. N., Blokhina T. M., Yashkina E. I., Osipov A. N., Nosovsky A. N., Perevezentsev A. A., Stemberg A. S.* Effects of Combined Exposure to Modeled Radiation and Gravitation Factors of the Interplanetary Flight: Monkeys' Cognitive Functions and the Content of Monoamines and their Metabolites; Cytogenetic Changes in Peripheral Blood Lymphocytes // Life Sci. Space Res. 2021. V. 30. P. 45–54.
4. *Hartel C., Nasonova E., Ritter S., Friedrich T.* Alpha-Particle Exposure Induces Mainly Unstable Complex Chromosome Aberrations Which do not Contribute to Radiation-Associated Cytogenetic Risk // Radiat. Res. 2021. V. 196. P. 561–573.
5. *Paz N., Hartel C., Nasonova E., Donaubaauer A., Frey B., Ritter S.* Chromosome Aberrations in Lymphocytes of Patients Undergoing Radon Spa Therapy: An Explorative mFISH Study // Intern. J. Environ. Res. Public Health. 2021. V. 18. P. 10757.
6. *Koltovaya N., Zhuchkina N., Shvaneva N.* Mutation Induction by Heavy-Ion Beams with Different LET in Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Препринт ОИЯИ E19-2021-19.
7. *Severyukhin Yu. S., Lalkovičová M., Kolesnikova I. A., Utina D. M., Lyakhova K. N., Gaevsky V. N.* The Effect of Piracetam on Behavioral Reactions of Adult Rats and Morphological Changes in the Brain after Whole Body Fractionated Gamma Irradiation — an Exploratory Study // Radiat. Environ. Biophys. 2021. V. 60. P. 73–86.
8. *Batmunkh M., Bayarchimeg L., Bugay A. N., Lkhagva O.* Computer Simulation of Radiation Damage Mechanisms in the Structure of Brain Cells // AIP Conf. Proc. 2021. V. 2377. P. 050001.
9. *Глебов А. А., Колесникова Е. А., Бугай А. Н.* Моделирование нарушения нейрогенеза после острого облучения мышей рентгеновскими лучами // Актуальные вопр. биол. физики и химии. 2021. Т. 6, № 2. С. 280–284.
10. *Аксенова С. В., Батова А. С., Бугай А. Н., Душинов Э. Б.* Моделирование основных ритмов гиппокампа с различными типами рецепторов NMDA // Там же. С. 55–56.
11. *Bizzarri B. M., Fanelli A., Kapralov M., Krasavin E., Saladino R.* Meteorite-Catalyzed Intermolecular Trans-Glycosylation Produces Nucleosides under Proton Beam Irradiation // RSC Advances. 2021. V. 11, No. 31. P. 19258–19264.
12. *Розанов А. Ю., Хувер Р., Рюмин А. К., Сапрыкин Е. А., Капралов М. И., Афанасьева А. Н.* Новые находки микрофоссилий в метеорите Оргей // Палеонтол. журн. 2021. № 1. С. 1–3.
13. *Timoshenko G. N., Gordeev I. S.* Computation of Linear Energy Transfer of Space Radiation in Biological Tissue Analog // Planetary Space Science. 2021. V. 199. P. 105190.

14. *Timoshenko G. N., Gordeev I. S.* Reference Radiation Field for GCR Chronic Exposure Simulation // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2021. V.18, No.7. P.781–787.
15. *Mitrofanov I., Sanin A., Anikin A., Mokrousov M., Golovin D., Nikiiforov S., Timoshenko G., Shvetsov V.* Laboratory Demonstration of Space Experiment for Spectrometry of Planetary Gamma-Rays with Tags of Galactic Cosmic Rays Producing Them // *Nucl. Instr. Meth. A.* 2021. V.1003. P.165286.
16. *Timoshenko G.N., Gordeev I.S.* A New Type of Ground-Based Simulator of Radiation Field Inside a Spacecraft in Deep Space // *Life Sci. Space Res.* 2021. V. 30. P.66–71.
17. Устройство моделирования на пучках тяжелых ионов высоких энергий полей смешанного излучения для целей экспериментальной радиобиологии / Тимошенко Г.Н. (РФ), Гордеев И.С. (РФ). Патент 2761376 РФ. Оpubл. 07.12.2021. Бюл. № 34.



УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 2021 г. Учебно-научному центру ОИЯИ исполнилось 30 лет. В январе 1991 г. вышел совместный приказ Государственного комитета СССР по народному образованию и Министерства атомной энергетики и промышленности СССР о специализированной подготовке кадров высокой квалификации на базе Института.

Образовательный процесс на базе ОИЯИ.

В 2021 г. учебный процесс и практика студентов на базовых кафедрах МГУ, МФТИ, МИФИ, государственного университета «Дубна» и университетов государств-членов ОИЯИ были организованы в смешанном режиме в зависимости от мер, предпринимаемых в РФ в целях предотвращения распространения коронавирусной инфекции COVID-19.

К ОИЯИ в 2021 г. были прикреплены 20 человек для подготовки диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки в аспирантуре. Из них 6 человек выбрали научный профиль «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника», 3 — «Физика высоких энергий», 3 — «Приборы и методы экспериментальной физики», 3 — «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Распределение соискателей по лабораториям: ЛФВЭ — 10 человек, ЛНФ — 3, ЛТФ — 2, ЛЯП — 2, ЛЯР — 2, ЛИТ — 1. Состоялись три первых защиты соискателей ОИЯИ — сотрудников ЛНФ и ЛИТ.

Программа INTEREST. INTEREST (INTERNational REMote Student Training) — это круглогодичная онлайн-программа Учебно-научного центра ОИЯИ для студентов и аспирантов научно-технических специальностей. В трех этапах онлайн-программы в 2021 г. приняли участие 136 студентов и аспирантов из Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Боснии и Герцеговины, Ботсваны, Греции, Египта, Индии, Индонезии, Испании, Италии, Кубы, Мексики, Монголии, Польши, России, Румынии, Сербии, Турции, Узбекистана, Украины, Чехии, ЮАР и Японии. Со времени запуска про-

граммы INTEREST в октябре 2020 г. ее участниками стали 180 представителей из 29 стран мира. Программа позволяет участникам ознакомиться с основными направлениями исследований Института, найти научного руководителя для квалификационной работы, а в дальнейшем — участвовать в очных стажировках ОИЯИ. На каждый этап программы отводится 4–6 недель для дистанционного выполнения проектов, а также проведения лекций и экскурсий в онлайн-режиме. В 2021 г. сотрудниками Института для программы было подготовлено 53 проекта.

На онлайн-встрече представителей Европейского физического общества (EPS) и ОИЯИ была достигнута договоренность об участии студентов из европейских университетов, входящих в EPS, в образовательной программе ОИЯИ, в частности онлайн-программе INTEREST. Также участие студентов в программе INTEREST обсуждалось на встречах с представителями Ботсванского международного университета науки и технологий (BIUST), Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова и Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга (КамГУ).

Мероприятия. Группа социальных коммуникаций УНЦ участвовала в подготовке и представлении ОИЯИ на таких мероприятиях, как:

- фестиваль науки, технологий и искусства «Geek Picnic» в Москве и запись видеолекций сотрудников Института с последующей демонстрацией в YouTube (21 августа, записи лекций просмотрели более 16 000 человек);
- фестиваль «Техносреда» на ВДНХ (25–26 сентября, стенд Института посетили более 5000 человек);
- Всероссийский фестиваль «Наука 0+» в Москве на площадках выставочного комплекса «Экспоцентр» и МГУ (8–10 октября);
- международный конкурс рисунков к 65-летию ОИЯИ, в котором приняли участие 145 человек из разных стран, представивших 105 работ;

- 4-й воркшоп-проект «Музейные связи» по теме «Медиация: практики взаимодействия с посетителем, научная коммуникация» (15 и 16 сентября);

- день открытых дверей МИФИ (Институт ЛаПлаз — 17 января, Институт ядерной физики и технологий — 31 января);

- карьерный офлайн-форум МФТИ (11 июня);

- марафон «Старт карьеры: осень-2021» НИЯУ МИФИ (22–26 ноября);

- онлайн-мероприятие для студентов МФТИ — беседа о перспективах в науке «Я б в ученые пошел...» (17 декабря).

19-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров». С 8 по 12 ноября в ОИЯИ проходила 19-я Международная стажировка «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-19). Участниками очередной стажировки стали руководители и специалисты исследовательских и образовательных организаций из Болгарии и Сербии, а также главы дипломатических миссий обеих стран в РФ. Участники ознакомились с лабораториями и установками ОИЯИ, направлениями актуальных научных исследований, образовательной деятельностью Института.

Межшкольный физико-математический факультатив. 31 января в гимназии №8 им. академика Н. Н. Боголюбова состоялась 60-я выездная олимпиада МФТИ по физике и математике, которая является одним из отборочных этапов олимпиады «Физтех» 2021 г. По традиции выездную олимпиаду проводили студенты МФТИ — выпускники дубненских школ. В ней приняли участие 78 учащихся из 8–11-х классов.

23 и 25 января прошел региональный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике (9–11-е классы) и олимпиады им. Дж. К. Максвелла (7–8-е классы). Победителями и призерами регионального этапа стали учащиеся межшкольного факультатива 6-го, 8-го и 10-го классов.

В мае и сентябре межшкольный физико-математический факультатив проводил 29-ю и 30-ю открытую олимпиаду по физике и математике.

Для учащихся 10–11-х классов были организованы занятия по экспериментальной физике и подготовке к ЕГЭ по физике, которые проходили на базе Физико-математического лицея им. В. Г. Кадышевского.

33-я Международная компьютерная школа. 1–13 августа в Универсальной библиотеке им. Д. И. Блохинцева ОИЯИ проходила 33-я Международная компьютерная школа. 23 участника из школ Дубны и других городов под руководством наставников выполняли проекты по физике, математике и информационным технологиям.

Первый выпуск Яндекс.Лицея в Дубне. 26 июня 21 дубненскому школьнику были вручены сертификаты об успешном окончании двухгодичной программы Яндекс.Лицея. Занятия Яндекс.Лицея в Дубне проводятся при поддер-

ке ОИЯИ в формате дополнительного образования. Новая учебная группа 1-го курса на 2021–2022 учебный год была сформирована по итогам открытого конкурса среди учеников 8–9-х классов, который стартовал в августе.

Научная школа для слушателей школьного университета Египта. С 6 сентября начала работу научная школа для слушателей школьного университета при Академии научных исследований и технологий Египта (ASRT). Для участия в школе в Дубну прибыли 14 студентов школьного университета ASRT 13–16 лет. Программа мероприятия включала знакомство с интерактивной выставкой к 65-летию ОИЯИ и посещение ЛЯР, ЛФВЭ и ЛРБ. Сотрудники Института ознакомили участников с этапами ядерно-физического эксперимента и на практике показали работу важнейшего оборудования для детектирования, сборки и обработки информации.

Лекторий. В рамках постоянно действующего лектория УНЦ «Классная наука — наука в классе» были организованы встречи и лекции ученых ОИЯИ для школьников и студентов младших курсов в очном и онлайн-форматах. В очном формате было прочитано 9 лекций для 320 школьников и студентов на разных площадках Дубны. Онлайн-лекции прослушали 100 учащихся из 4 общеобразовательных учреждений России и 122 школьника из 27 стран (Австрии, Азербайджана, Бельгии, Болгарии, Великобритании, Германии, Греции, Индии, Иордании, Ирана, Ирландии, Испании, Италии, Люксембурга, Мексики, Португалии, России, Румынии, Северной Македонии, Сингапура, Словакии, США, Турции, Франции, Чешской Республики, Швейцарии, Шри-Ланки) в рамках Virtual science camp.

В рамках марафона «ОИЯИ в гостях у школ Дубны» сотрудники ОИЯИ посетили 14 общеобразовательных учреждений города и провели опыты, эксперименты, лекции, видеоэкскурсии для 4883 учащихся, что составляет 70% школьников Дубны.

В июне в образовательном центре «Сириус» была организована онлайн-трансляция лекций ученых ОИЯИ и общение со слушателями в формате «вопрос–ответ». Трансляция лекций доступна в социальных сетях ВКонтакте и Facebook ОИЯИ.

Фестиваль новых компетенций STEAM FEST. Фестиваль новых знаний для школьников STEAM FEST состоялся в 2021 г. в онлайн-формате. В течение двух февральских недель участники погружались в атмосферу науки, технологий, инженерии и искусства. Основными участниками фестиваля STEAM FEST в 2021 г. были представители Нижневартговска, Муравленко, Благовещенска (Республика Башкортостан). В рамках трех тематических блоков фестиваля сотрудники ОИЯИ ознакомили школьников с проектом NISA, системой анализа данных, провели мастер-класс по разработке электроники.

ОИЯИ и проект «Большая перемена». Лекции сотрудников ЛЯР, ЛНФ, ЛИТ для российских школьников прошли в онлайн-формате проекта «Большая перемена» — проекта президентской платформы «Россия — страна возможностей», открыв тематическую неделю, посвященную атомным технологиям. Лекционная программа ОИЯИ охватила разные направления науки, включая вопросы по экологии, ИТ-технологиям и границам Периодической таблицы Д. И. Менделеева. В первые дни после выхода в эфир каждая лекция набрала более 8 тыс. просмотров, и это количество с каждым днем росло. Трансляции лекций доступны в сообществе конкурса «Большая перемена»: <https://vk.com/bpcontest>.

ОИЯИ — участник всероссийского марафона. ОИЯИ принял участие в общенациональном марафоне «Наука рядом», стартовавшем 11 июня по всей стране в рамках года науки и технологий. Программа мероприятий включала лекции и экскурсии по лабораториям ведущих университетов и научных центров страны. Основная цель всероссийского марафона — познакомить широкую аудиторию с учеными, получившими признание в России и за рубежом, а также с их исследованиями. Организаторы марафона — АНО «Национальные приоритеты», Российское общество «Знание», Всероссийский фестиваль «Наука 0+», АНО «Большая перемена» и Координационный совет по делам молодежи в научной и образовательной сферах при Совете при Президенте Российской Федерации по науке и образованию. 11 июня представители УНЦ провели для участников марафона экскурсию на ускорительный комплекс мегасайенс-проекта NICA, которая транслировалась в прямом эфире.

Визиты. В 2021 г. были организованы ознакомительные экскурсии для учеников 12–13-х классов негосударственного образовательного частного учреждения «Британская международная школа» (Москва), участников проекта «Здравствуй, Россия!», а также образовательного форума по физике, который проходил в МФТИ в рамках Всероссийской студенческой олимпиады «Я — профессионал».

Подготовка специалистов и повышение квалификации. Для совершенствования процедур аттестации работников поднадзорных Ростехнадзору организаций Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору создан Единый портал тестирования в области промышленной безопасности, безопасности гидротехнических сооружений, безопасности в сфере электроэнергетики. В компьютерном классе УНЦ по новым требованиям организовано тестирование лиц, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию техники.

Руководящие работники, ИТР и служащие ОИЯИ, всего 242 человека, обучались на курсах повышения квалификации и прошли аттестацию в Центральной аттестационной комиссии Института по нормативным правовым актам и нормативно-техническим документам, устанавливающим требования промышленной безопасности в различных отраслях надзора, и в Территориальной аттестационной комиссии Центрального управления Ростехнадзора. Для 49 сотрудников ОИЯИ рабочих специальностей были организованы курсы по подготовке персонала, обслуживающего объекты, подведомственные Ростехнадзору. 85 сотрудников прошли обучение по пожарно-техническому минимуму. Производственная практика в ОИЯИ была организована для 36 учащихся колледжей и техникумов.

В группы по изучению английского языка были приняты 60 сотрудников ОИЯИ. Продолжили свое обучение английскому языку сотрудники конструкторского бюро ЛЯП, и было организовано обучение для сотрудников юридического отдела и бухгалтерии.

Социальные сети УНЦ. Социальные сети УНЦ, созданные в 2019 г., регулярно пополняются актуальной информацией о предстоящих мероприятиях и событиях. В 2021 г. все каналы УНЦ на площадках ВКонтакте, Facebook, Instagram, YouTube переименованы с Dubnium на jing_us.

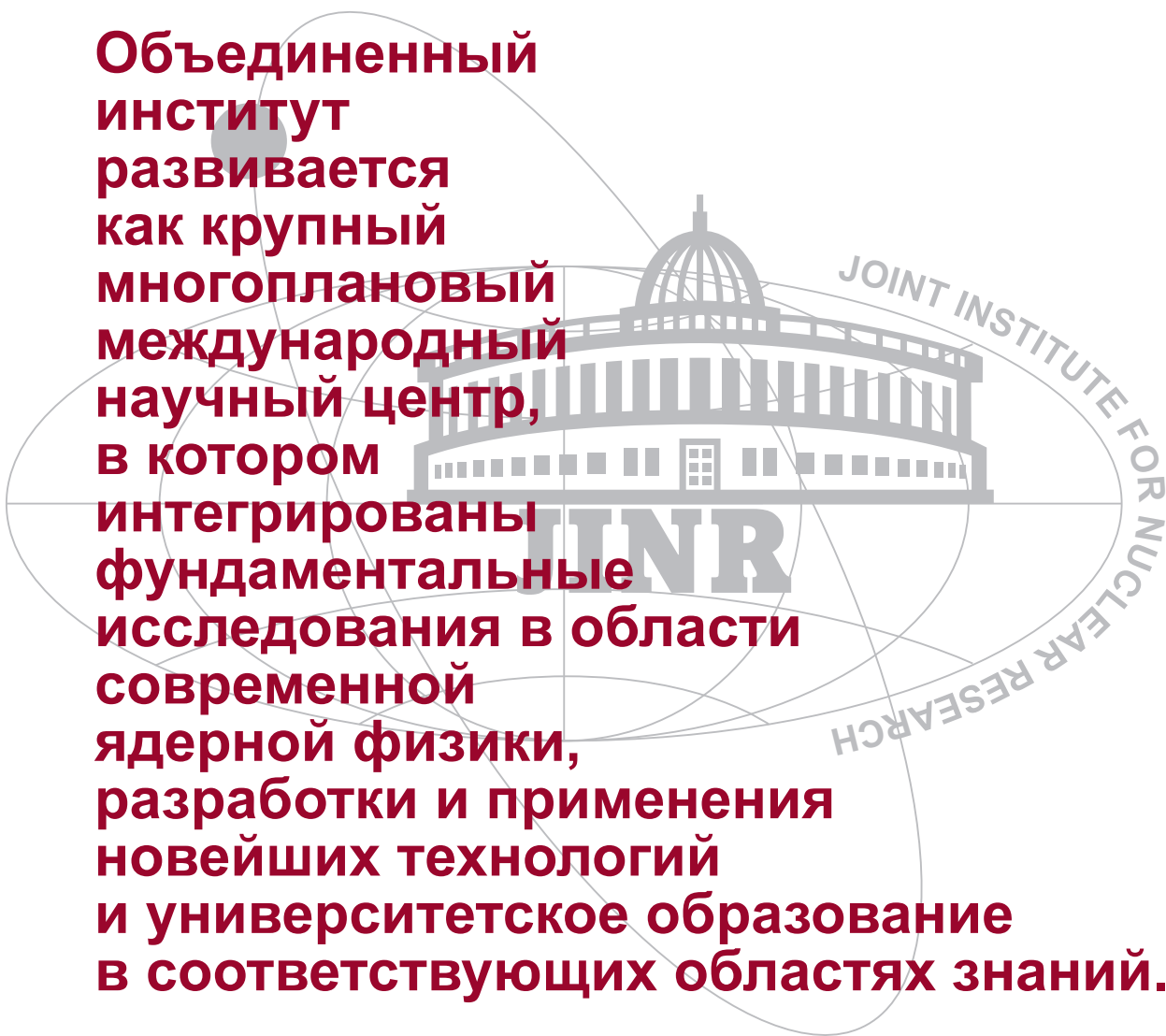
Информационные материалы и сувенирная продукция ОИЯИ. Группой социальных коммуникаций разрабатываются дизайн и наполнение для информационных материалов, брошюр, сувенирной продукции. Все материалы распространяются на мероприятиях УНЦ, в информационных центрах ОИЯИ, среди школьников и студентов.

Видеоматериалы. Для актуального обновления видеоконтента экрана у здания Дома ученых ОИЯИ сотрудниками группы социальных коммуникаций УНЦ подготовлено и размещено 44 выпуска об ОИЯИ и городском округе Дубна. Осуществляется наполнение информационного стенда «Инфогид», для которого разработано, снято и смонтировано 104 видеоролика. Многие мероприятия, проведенные группой, освещены в видеороликах, 19 видеороликов были подготовлены по запросам.

Учебные пособия ОИЯИ. Издательский отдел ОИЯИ выпустил два новых учебных пособия для студентов и аспирантов, специализирующихся в области ядерной физики:

- Оганесян Ю. Ц., Пенионжкевич Ю. Э., Григорьев В. А. Физика тяжелых ионов и ее приложения;
- Малахов А. И. Релятивистская ядерная физика.

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.





Здание Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, отметившей в 2021 г. 65-летие со дня основания



Улицы названы в честь
ШИРКОВА
ДМИТРИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА
(1928-2016)
Академик РАН,
выдающийся российский физико-теоретик,
участник Атомного проекта СССР,
лауреата Ленинской и Государственной
премии СССР,
директора Лаборатории теоретической
физики им. В.Д.Борисовского ОНТИ (1983-1997)
Почетного гражданина города Дубны

Дубна, 27 марта.
Торжественное открытие
памятной доски по случаю
переименования одной из улиц Дубны
в улицу академика Д. В. Ширкова





Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 11–14 октября.
Международная конференция «Достижения квантовой теории поля»



Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 12–17 июля. Международная конференция «Низкоразмерные материалы: теория, моделирование, эксперимент» (LDM'2021)

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 17 декабря.
Торжественный семинар, посвященный 80-летию научного руководителя ОИЯИ академика В. А. Матвеева





Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина, 23 марта.
Снятие части транспортного кожуха с соленоидального магнита в павильоне эксперимента MPD



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 19–20 апреля.
Участники 7-го коллаборационного совещания по эксперименту BM@N на установке NICA

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 21–23 апреля.
7-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на установке NICA





Дубна, 26 марта. Чрезвычайный и Полномочный Посол ФРГ в РФ Г.А. фон Гайр (в центре) с сопровождающими лицами на экскурсии в ЛФВЭ

Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина, 29 июля. Сверхпроводящий соленоид детектора MPD ускорительного комплекса NICA установлен в штатном положении





Дубна, 17 июня. Презентация лаборатории электроники и микропроцессорной техники, созданной при поддержке ОИЯИ и при активном участии специалистов ускорительного отделения ЛФВЭ на базе международной инженерной школы университета «Дубна»

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 10 августа. Группа молодых ученых и специалистов ОИЯИ, получивших жилищные сертификаты социальной ипотеки





Дубна, 15–16 сентября. Международный круглый стол по прикладным исследованиям и инновациям на комплексе NICA



Алушта (Крым), 26 сентября – 2 октября. 27-я Российская конференция по ускорителям заряженных частиц (RuPAC-2021)



Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина, 25 октября.
Встреча представителей генерального подрядчика проекта NICA компании STRABAG
и руководства Института

Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина, 28 декабря.
В туннеле коллайдера NICA установлен первый сверхпроводящий магнит





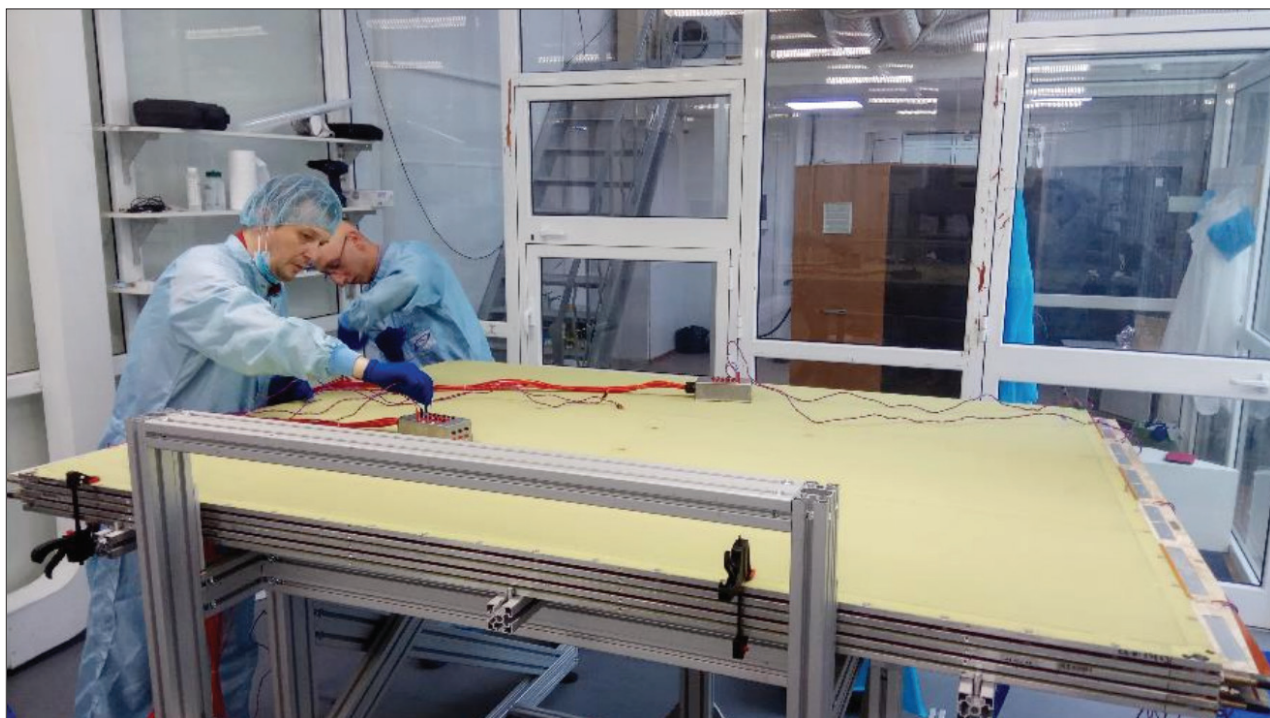
Байкал, 13 марта. Торжественный запуск крупнейшего в Северном полушарии глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD и подписание Меморандума о взаимопонимании Минобрнауки России и ОИЯИ по развитию байкальского глубоководного нейтринного телескопа (фото Б. Шайбонова)

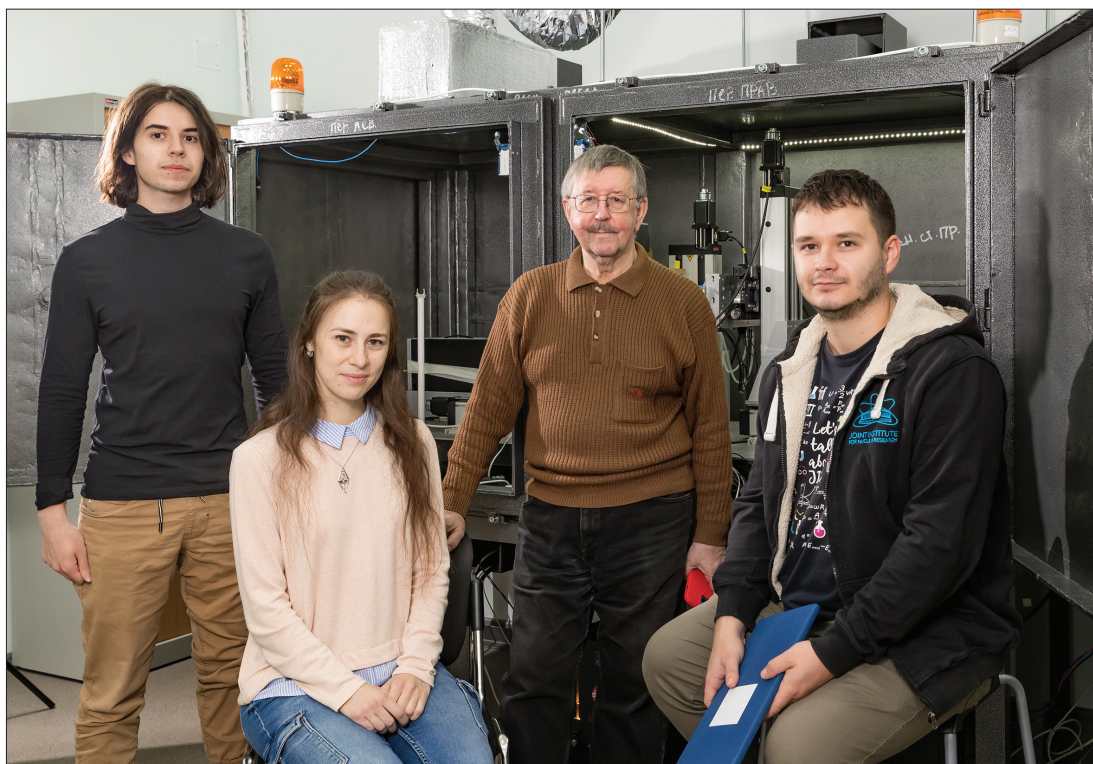




Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джеллепова. Мюонная группа на производственном участке

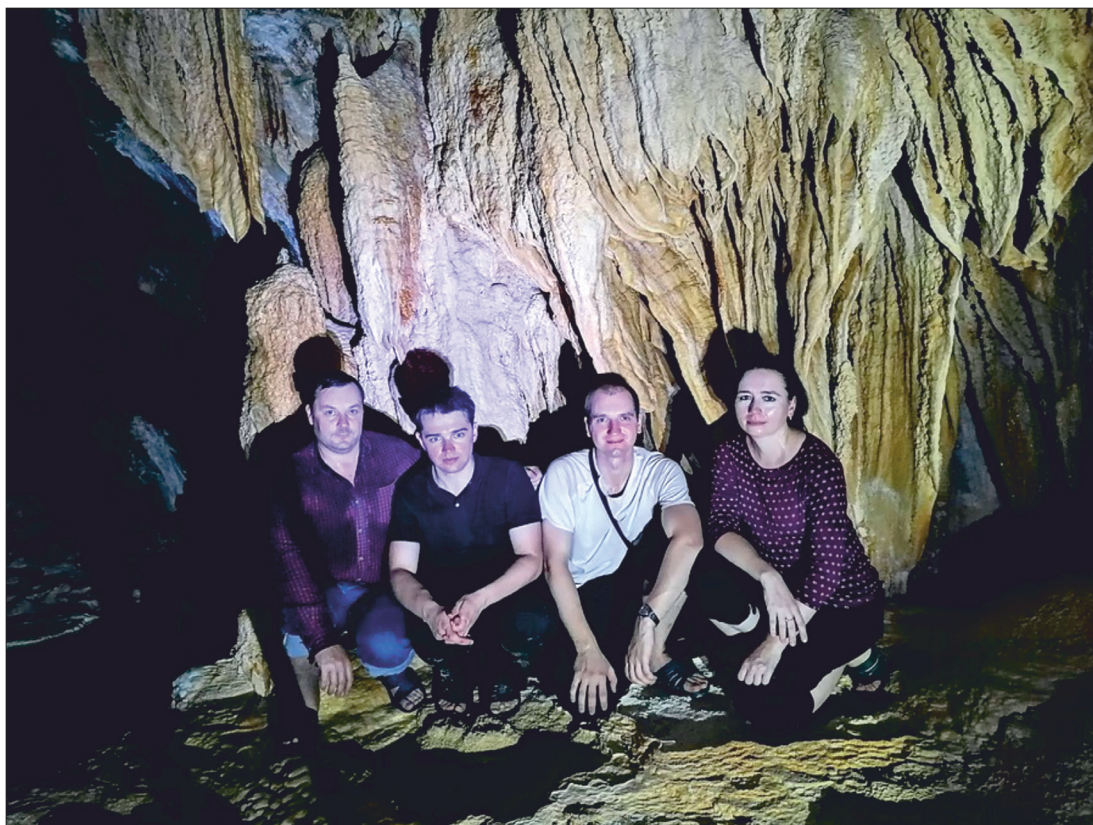
Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джеллепова.
Сборка детекторов по технологии MicroMegas для проекта обновления детектора ATLAS New Small Wheel





Авторы патента на изобретение «Способ измерения интенсивности радиационного излучения неизвестного состава» — сотрудники ЛЯП Д. Д. Расторгуев, Е. А. Черепанова, Г. А. Шелков, В. А. Рожков

Заведующий лабораторией низкофоновых исследований БНО ИЯИ РАН А. М. Гангапшев, сотрудники сектора молекулярной генетики клетки ЛЯП ОИЯИ М. П. Зарубин, К. А. Тарасов, Е. В. Кравченко во вспомогательной штольне на расстоянии 4200 м от входа (фото М. П. Зарубина)

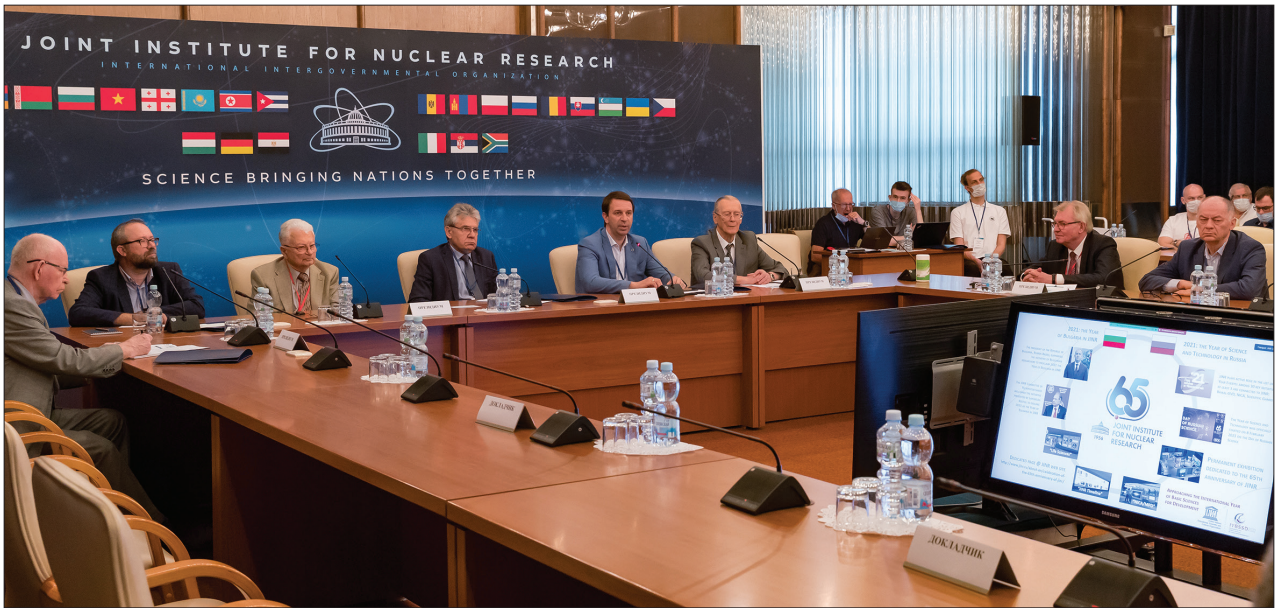


Москва, 11 июня.
Звание почетного доктора
НИЦ «Курчатовский
институт» присвоено научному
руководителю ЛЯР академику
Ю. Ц. Оганесяну на заседании
Ученого совета НИЦ КИ



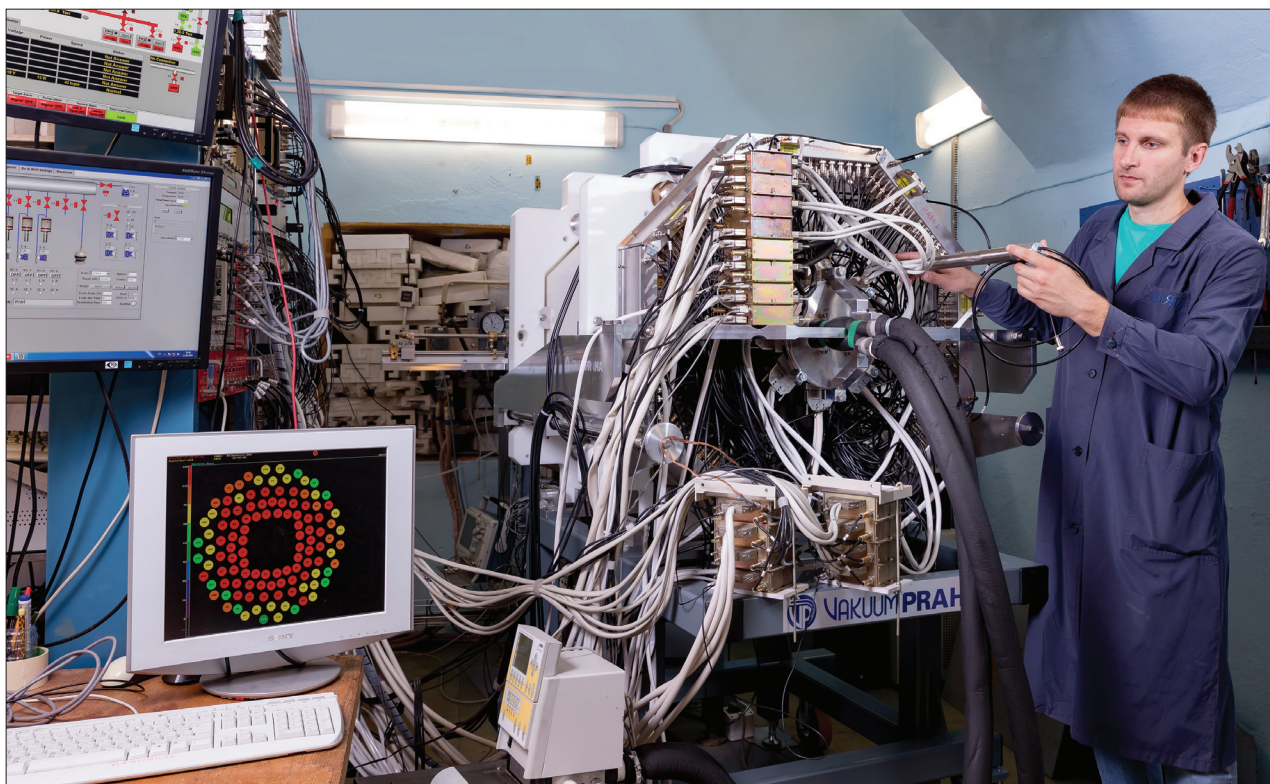
Париж, 15 ноября. Вручение академику Ю. Ц. Оганесяну
Международной премии ЮНЕСКО–России им. Д. И. Менделеева в области фундаментальных наук





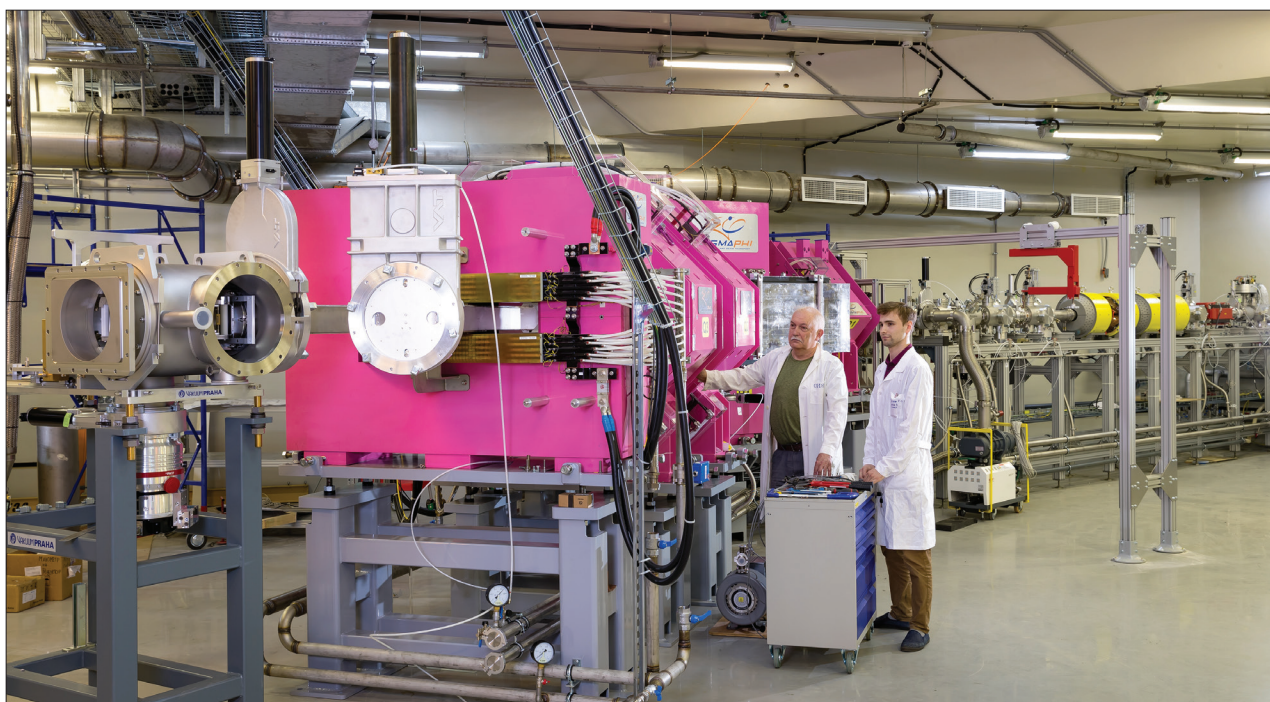


Дубна, 30 июня – 2 июля. Международное совещание «Сверхтяжелые элементы» в рамках заседания Совета РАН по физике тяжелых ионов



Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова. Детектирующая система SFInX сепаратора SHELS для изучения свойств спонтанно делящихся короткоживущих ядер, получаемых в реакциях с тяжелыми ионами

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.
Окончательная наладка установки ГНС-3 на фабрике сверхтяжелых элементов





Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флорова, 29 октября. Посол ЕС в РФ М. Эдерер (3-й слева) в сопровождении полномочного министра, руководителя департамента науки представительства ЕС в РФ Л. Бошери (2-й справа) на экскурсии в ОИЯИ

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флорова, 9 ноября. Визит в ОИЯИ делегации посольства Соединенных Штатов Мексики в РФ во главе с послом Н.Б. Пенсадо Морено (в центре)





Дубна, 22 сентября. Торжественное открытие памятника И.М. Франку и Ф.Л. Шапиро у здания Лаборатории нейтронной физики

Екатеринбург, 27 сентября – 1 октября. Участники конференции по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированных сред (РНИКС-2021)





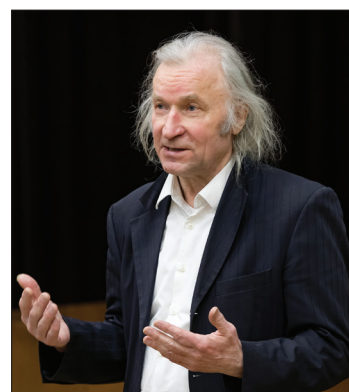
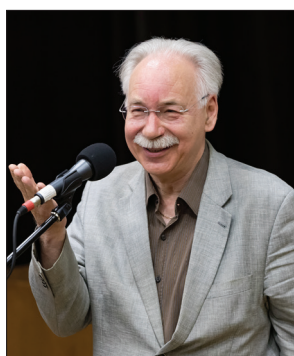
Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, август. Участники летней студенческой практики знакомятся с работой пневмотранспортной установки РЕГАТА на реакторе ИБР-2

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 10 ноября. Вице-президент РАН, директор Института археологии РАН Н. А. Макаров на экскурсии в ОИЯИ





Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка.
Технический осмотр ускорителя ЭГ-5



Лаборатория информационных технологий
им. М. Г. Мещерякова, 24–25 мая.
Рабочее совещание по компьютерной алгебре



Лаборатория информационных технологий им. М.Г.Мещерякова, 5–9 июля. 9-я Международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID'2021)



Санкт-Петербург, 24 сентября. Подписание договора об объединении трех суперкомпьютеров, в том числе суперкомпьютера «Говорун», в единую национальную исследовательскую компьютерную сеть России

Дубна, 23 июля. Встреча президента Академии научных исследований и технологий Египта М. Сакра (крайний справа) и вице-президента Дж. аль-Фики с руководством Лаборатории информационных технологий





Директор ЛРБ А. Н. Бугай представляет программу инновационных радиобиологических исследований ОИЯИ





Лаборатория радиационной биологии. Анализ хромосомных aberrаций в лимфоцитах человека с помощью метода mFISH

Лаборатория радиационной биологии. Сотрудники ЛРБ проводят эксперимент на рентгеновском облучателе клеточных культур CellRad





Издания, выпущенные издательским отделом ОИЯИ в 2021 г.

2021





ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 2021 г. в издательском отделе вышло в свет 56 наименований публикаций, 91 наименование служебных материалов.

Изданы труды 28-го Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-28, тезисы докладов 8-го Съезда по радиационным исследованиям, сборник аннотаций 5-й Международной конференции «Современные проблемы генетики, радиобиологии, радиоэкологии и эволюции», посвященной Н. В. Тимофееву-Ресовскому и его научной школе.

К юбилею научного руководителя ОИЯИ В. А. Матвеева вышла в свет книга «Матвеев Виктор Анатольевич: К 80-летию со дня рождения».

В серии «Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ» выпущены следующие издания: «Физика тяжелых ионов и ее приложения» (авторы: Ю. Ц. Оганесян, Ю. Э. Пенионжквич, В. А. Григорьев), «Релятивистская ядерная физика» (автор А. И. Малахов), «Введение в экспериментальную ядерную физику и ядерную электронику», том 1 (авторы: И. Ванков, Д. Каманин, Ю. Панебратцев) (на английском языке).

Вышли из печати годовые отчеты ОИЯИ за 2020 г. (на русском и английском языках). Издан Стратегический план долгосрочного развития ОИЯИ до 2030 г. и далее на русском и английском языках.

В 2021 г. вышли из печати 6 выпусков журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра», включающих 89 статей. В выпуске 2 опубликованы труды семинара «В поисках красоты: от конденсированных сред к интегрируемым системам», посвященного памяти В. Б. Приезжева (Дубна, 10 сентября 2019 г.). Выпуск 4 содержит материалы конференции «Гранты РФФИ для NISA» (Дубна, 20–23 октября 2020 г.). Издано 7 номеров журнала «Письма в ЭЧАЯ», содержащих 94 статьи.

Продолжался выпуск информационного бюллетеня «Новости ОИЯИ» на русском и английском языках.

В 2021 г. было отпечатано 50 номеров еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, сотрудничество, прогресс». В серии «Библиотека еженедельника “Дубна”» вышли в свет две брошюры: «Рассказы» Г. Левина и «Беседы с учеными: О физике, о жизни и о себе».

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 73 статьи, содержащие результаты работ дубненских ученых. Статьи сотрудников ОИЯИ направлялись в журналы «Ядерная физика», «Известия Российской академии наук. Серия физическая», «Приборы и техника эксперимента», «Ядерная физика и инжиниринг», «Кристаллография», «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования» и др.

Оперативному информированию читателей Научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ. Вышел в свет «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2020 г.». Продолжался выпуск экспресс-бюллетеней отдела лицензий и интеллектуальной собственности.

Продолжалась работа по размещению выпускаемых в ОИЯИ периодических и непериодических изданий в базе данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) на платформе электронно-библиотечной системы Научной электронной библиотеки.

Издательским отделом выполнялись заказы на печать фотоплакатов, а также постеров — стеновых докладов сотрудников Института для представления на конференциях и совещаниях.

По заявкам лабораторий и других подразделений ОИЯИ выполнялись переплетные работы, копирование и сканирование научно-технической и инженерно-конструкторской документации. Отпечатано 130 тыс. различных бланков.

Закуплено новое оборудование для выполнения переплетных работ — аппарат для нарезки металлических пружин и архивная переплетная система. Для печати постеров приобретен новый широкоформатный принтер.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 2021 г. число читателей Научно-технической библиотеки составило 2000 человек. Действует электронная система учета выдачи и возврата литературы. Количество выданной литературы — 2484 экземпляра. На 1 января 2022 г. библиотечный фонд составил 431927 экз., из них 195197 экз. на иностранных языках.

По заявкам читателей по межбиблиотечному абонементу получено 179 изданий, выполнено 54 заявки из других библиотек. По всем источникам комплектования поступило 1721 экз. книг, периодических изданий, препринтов, диссертаций и авторефератов, 559 из них на иностранных языках. Все поступившие издания фиксировались в центральном каталоге, каталогах филиала, а также в автоматизированной информационно-библиотечной системе «Absotheque». Вышло в свет 142 номера экспресс-бюллетеней «Книги», «Статьи», «Препринты» с информацией относительно 6496 названий. Электронные версии бюллетеней доступны в интернете в разделе сайта NTB «Новые поступления» и рассылаются по 100 адресам по e/mail. Подписаться можно в разделе «Сервисы» на сайте NTB: http://lib.jinr.ru/ntb_mail/newslist.html.

Регулярно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, периодических изданий, диссертаций и авторефератов. На них представлено 1311 изданий. Организовано 8 тематических выставок.

Электронные каталоги журналов, статей, препринтов, книг, диссертаций и авторефератов доступны в интернете по адресу <http://lib.jinr.ru:8080/OpacUnicode/>.

Общее количество обращений к электронным каталогам NTB составило 15,5 тыс. В электронном каталоге через личный кабинет читатели могут заказать необходимую литературу, а также посмотреть свои читательские формуляры (см. сайт NTB, раздел «Электронные каталоги»).

Выпущен «Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 2020 г.» (1459 записей). Электронная версия указателя с ссылками на полные тексты публикаций доступна в интер-

нете (см. сайт NTB, раздел «Сервисы») http://lib.jinr.ru/buk/2020/bibl_uk.php. Подготовлен 1 библиографический указатель.

Отсканировано и размещено в электронном каталоге 3414 препринтов и сообщений ОИЯИ. База данных работ сотрудников ОИЯИ доступна в интернете через электронные каталоги.

Библиотека получает 100 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 Национальной электронной подписке РФФИ сотрудники ОИЯИ получили электронный доступ к журналам издательств «Elsevier», «Wiley», «American Physical Society», «American Institute of Physics», журналам «Nature», «Science», журналам и книгам издательства «Шпрингер», к IEEE Digital Library, к мировым реферативным базам данных научных публикаций «Web of Science», «Scopus».

В рамках проекта «История ОИЯИ и г. Дубны на страницах книг, журналов и центральных газет» введено 91 новое библиографическое описание. Информационно-поисковая система «Литература об ученых ОИЯИ» (включает 994 записи) доступна для пользователей в разделе сайта NTB «Публикации об ОИЯИ»: <http://who-is-who.jinr.ru/catalog3/main.html>.

В 2021 г. в порядке обмена на публикации, выпускаемые издательским отделом ОИЯИ, поступило 287 изданий из 10 стран. Из них на долю России приходится 19, Украины — 5, Румынии — 10, Германии — 206, Франции — 3, Японии — 10, ЦЕРН — 10.

В 2021 г. в автоматизированную информационно-библиотечную систему «Absotheque» введено: книг — 514 назв., журналов — 1647 номеров, пре-

принтов — 2536 назв., диссертаций и авторефератов — 130 назв., книжных статей — 248 назв. и журнальных статей — 6360 назв.

На 1 января 2022 г. количество библиографических описаний в АИБС «Absotheque» составило 329941 запись.

По запросам дирекции ОИЯИ выполнялись справки и составлялись статистические таблицы по показателям публикационной активности ОИЯИ в целом, а также совместно с учеными из других стран и организаций по базам данных «Web of Science», «Scopus», РИНЦ.

Библиометрические показатели публикационной активности сотрудников ОИЯИ за 2021 г. (по данным международной базы данных «Web of Science» на 27.01.2022):

- всего публикаций — 1 108;
- суммарное количество цитирований — 1 201;
- без самоцитирования — 979;
- среднее число цитирований документа — 1,08;
- индекс Хирша — 12.

Количество совместных публикаций сотрудников ОИЯИ с авторами из научных организаций других стран представлено в табл. 1–3.

Таблица 1. Совместные публикации с авторами из государств-членов ОИЯИ

Страна *	Количество публикаций
Армения	147
Азербайджан	122
Белоруссия	192
Болгария	152
Вьетнам	19
Грузия	150
Египет	105
Казахстан	51
Куба	34
Молдавия	15
Монголия	71
Польша	312
Румыния	202
Словакия	152
Узбекистан	39
Украина	167
Чехия	289

* В алфавитном порядке.

Таблица 2. Совместные публикации с авторами из стран — ассоциированных членов ОИЯИ

Страна *	Количество публикаций
Венгрия	205
Германия	421
Италия	326
Сербия	161
Южно-Африканская Республика	124

* В алфавитном порядке.

Таблица 3. Совместные публикации сотрудников ОИЯИ с авторами из других стран и регионов

Страна/регион *	Количество публикаций	Страна/регион *	Количество публикаций
США	368	Латвия	74
Китай	331	Словения	73
Франция	298	Литва	72
Англия	296	Ирландия	71
Турция	253	Марокко	71
Швейцария	236	Кипр	70
Индия	228	Эквадор	70
Бразилия	221	Эстония	70
Австрия	190	Новая Зеландия	69
Швеция	190	Малайзия	68
Испания	188	Катар	67
Греция	185	Черногория	54
Нидерланды	181	Шри Ланка	52
Тайвань	169	Кувейт	40
Пакистан	168	Палестина	40
Япония	164	Индонезия	32
Португалия	161	Перу	32
Таиланд	154	ОАЭ	31
Австралия	150	Филиппины	21
Колумбия	145	Саудовская Аравия	21
Хорватия	126	Ливан	3
Южная Корея	124	Уругвай	3
Финляндия	123	Венесуэла	2
Норвегия	122	Алжир	2
Мексика	117	Ирак	2
Дания	110	Таджикистан	2
Чили	106	Уэльс	2
Канада	104	Исландия	1
Бельгия	98	Мадагаскар	1
Шотландия	92	Северная	
Израиль	83	Македония	1
Иран	76	Оман	1
Аргентина	74	Судан	1

* По мере убывания числа публикаций.



ОТДЕЛ ЛИЦЕНЗИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

В 2021 г. работа отдела лицензий и интеллектуальной собственности (ОЛИС) проводилась по следующим направлениям.

В области работы по защите промышленной интеллектуальной собственности. Продолжалось взаимодействие с Федеральным институтом промышленной собственности (ФИПС) Федеральной службы РФ по интеллектуальной собственности (Роспатент) по заявкам на патенты ОИЯИ, прошедшим формальную экспертизу ФИПС Роспатента в 2020–2021 гг. Согласованы и внесены изменения, добавления, уточнения в заявочные документы по замечаниям экспертов ФИПС по существу. Проведена экспертиза ряда проектных разработок сотрудников ОИЯИ, включающая: определение объектов правовой охраны и их классификацию в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК), поиск аналогов и прототипов, определение технического уровня этих разработок на предмет патентоспособности.

Совместно с авторами завершена работа по заявкам, ранее прошедшим формальную экспертизу и экспертизу по существу, и получены 11 патентов РФ на изобретения:

— (RU)2740489 «Лазерный инклинометр для длительной регистрации угловых наклонов земной поверхности», авторы: Ю. А. Будагов, М. В. Ляблин;

— (RU)2741838 «Способ определения наличия генетической предрасположенности к долголетию человека», авторы: А. Е. Иванова, Е. В. Кравченко;

— (RU)2745384 «Способ анализа атомного состава дисперсных порошковых материалов», авторы: В. Н. Шаляпин, С. И. Тютюнников, В. А. Артюх;

— (RU)2745587 «Механический фильтр нейтронов с временной фокусировкой», авторы: В. В. Садилов, В. И. Боднарчук;

— (RU)2747047 «Лазерный инклинометр», авторы: Ю. А. Будагов, М. В. Ляблин;

— (RU)2751458 «Способ измерения интенсивности радиационного излучения неизвестного

состава», авторы: Г. А. Шелков, Д. Д. Расторгуев, В. А. Рожков, Е. А. Черепанова;

— (RU)2758712 «Каркас для сверхпроводящего соленоида», авторы: М. С. Новиков, Г. Г. Ходжибагян, М. Е. Заславский;

— (RU)2760979 «Устройство для формирования пилообразного напряжения на конденсаторе», авторы: С. Н. Доля, В. И. Смирнов;

— (RU)2761053 «Способ измерения вероятности поглощения нейтронов при их подбарьерном отражении от поверхности и структура для его осуществления», автор: Ю. В. Никитенко;

— (RU)2761376 «Устройство моделирования на пучках тяжелых ионов высокой энергии полей смешанного излучения для полей экспериментальной радиологии», авторы: Г. Н. Тимошенко, И. С. Гордеев;

— (RU)2748153 «Сцинтилляционный детектор», авторы: С. В. Афанасьев, А. Ю. Бояринцев, А. О. Голунов, И. А. Голутвин, Н. В. Горбунов, Б. В. Гринев, Ю. В. Ершов, А. И. Малахов, Е. В. Сухов, В. А. Смирнов, В. В. Устинов.

В 2021 г. подготовлены и направлены в ФИПС для формальной экспертизы 12 комплектов заявочных документов для получения новых патентов на изобретения.

На 1 января 2022 г. ОИЯИ является правообладателем 83 действующих патентов на изобретения.

В Роспатенте получены 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ: (RU)2021614037 «Система дозиметрического контроля реактора ИБР-2», автор С. М. Мурашкевич; (RU)2021615078 «Программа накопления, анализа и визуализации экспериментальных данных Romapa», автор Ю. Н. Копач; (RU)2021661040 «Программа контроля параметров протонного пучка Beam Control», авторы: Г. В. Мицин, К. Н. Шипулин, А. Г. Молоканов; (RU)2021661041 «Программа обработки экспериментальных данных QA tools», автор К. Н. Шипулин; (RU)2021661042 «Программа для управления устройством верификации болюсов Bolus Verification», автор К. Н. Шипу-

лин; (RU)2021661043 «Программа автоматической верификации положения пациента в лучевой терапии Verify Treat», автор К. Н. Шипулин; (RU)2021661044 «Программа симуляции протонного облучения в гетерогенных тканях», авторы: К. Н. Шипулин, Г. В. Мицин; (RU)2021663393 «Программа для систематизации и хранения фотографий. Электронный фотоархив ОИЯИ», авторы: В. Ф. Борисовский, Б. М. Старченко, О. В. Белов, Н. П. Боголюбова, Е. И. Горячкин, А. Э. Гушин, А. Г. Зорин, Л. Д. Кучугурная, Р. Н. Титов, Т. В. Тюпикова, О. В. Тяпкина, И. Ю. Щербакова, Д. Ю. Усов.

Зарегистрирована в Роспатенте база данных (RU)2021670029 «Цифровой фотоархив ОИЯИ», авторы: Б. М. Старченко, В. Ф. Борисовский, О. В. Белов, Н. П. Боголюбова, Е. И. Горячкин, А. Э. Гушин, А. Г. Зорин, Л. Д. Кучугурная, Р. Н. Титов, Т. В. Тюпикова, О. В. Тяпкина, И. Ю. Щербакова, Д. Ю. Усов.

На 1 января 2022 г. ОИЯИ является правообладателем 19 зарегистрированных программ и баз данных.

В области патентно-информационной работы. В 2021 г. в ОИЯИ поступило в электронном виде 36 номеров бюллетеня Роспатента «Изобретения. Полезные модели». Информация, опубликованная в этих бюллетенях, обработана с учетом тематики ОИЯИ. Результаты обработки оформлены в 12 выпусках бюллетеня ОЛИС «Патенты», рассылаемых в подразделения Института подписчикам как в электронной, так и в бумажной форме. Электронная база бюллетеней ОЛИС доступна также на сайте отдела (<https://oliis.jinr.ru/>). Оформляются информационные листы ОЛИС о получении Институтом новых патентов и государственной регистрации объектов промышленной

интеллектуальной собственности. Эта информация регулярно включается в раздел «Патенты» на интернет-сайте ОИЯИ (<http://www.jinr.ru/posts/category/patents-ru/>). Полная информация о патентах и программах ОИЯИ доступна на сайте отдела (<https://oliis.jinr.ru/index.php/patentovanie-2/patenty-programmy-otkrytiya>). Регулярно обновляется интернет-страница ОЛИС на сайте ОИЯИ (<https://oliis.jinr.ru/>).

В области стандартизации. Пополнена библиотека стандартов: приобретены 12 новых межгосударственных и государственных стандартов (ГОСТов) РФ, 3 указателя ГОСТов и 12 информационных указателей стандартов (ИУС), технических условий, руководящих документов, рекомендаций и правил 2021 г. Приобретены в необходимом для работы подразделений количестве вновь принятые технические регламенты Российской Федерации. Внесено более 40 изменений в соответствующие документы фонда библиотеки стандартов и экземпляры абонентов. Выдано в подразделения 14 официальных копий ГОСТов в постоянное пользование.

Пополнена база данных и автоматического поиска нормативных документов, находящихся в фонде библиотеки ОЛИС. Поддерживается доступ к базе данных на сайте ОЛИС, содержащей около 11 тыс. наименований документов, имеющих в ОИЯИ.

Велась работа по актуализации действующих в России технических регламентов, межгосударственных стандартов (ГОСТ, национальных стандартов Российской Федерации (ГОСТ Р) и иной нормативно-технической документации, относящейся к деятельности Объединенного института ядерных исследований.

2021

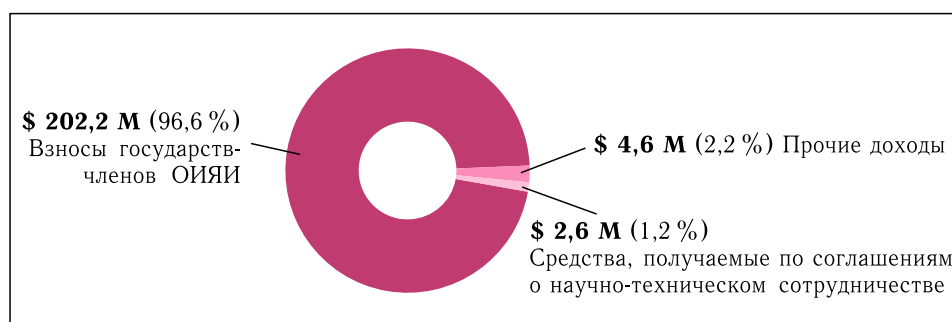
АДМИНИСТРАТИВНО- ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ



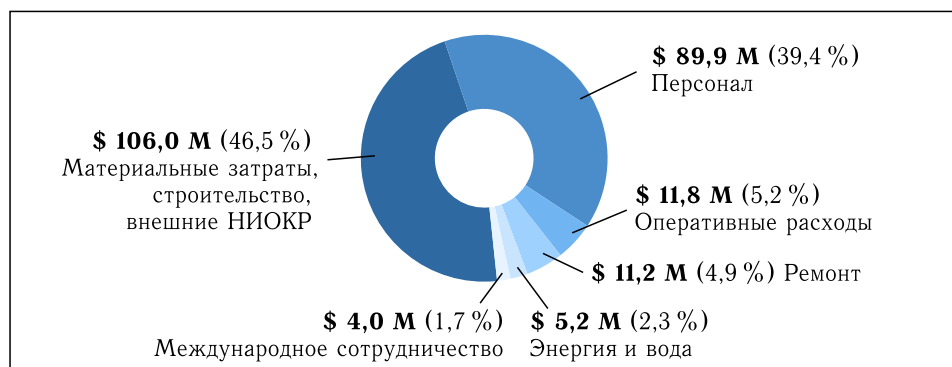


ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Исполнение бюджета ОИЯИ на 2021 г. по доходам — всего **209,4 млн долларов США:**



Исполнение бюджета ОИЯИ на 2021 г. по расходам — всего **228,1 млн долларов США:**



Процентная шкала взносов государств-членов ОИЯИ на 2021 г.

Страна	%	Страна	%
Азербайджанская Республика	0,36	Республика Молдова	0,09
Республика Армения	0,12	Монголия	0,10
Республика Белоруссия	0,73	Республика Польша	5,08
Республика Болгария	0,73	Российская Федерация	80,86
Социалистическая Республика Вьетнам	1,41	Румыния	1,87
Грузия	0,16	Словацкая Республика	1,36
Республика Казахстан	1,52	Республика Узбекистан	0,52
Корейская Народно-Демократическая Республика	0,21	Украина	1,59
Республика Куба	0,72	Чешская Республика	2,57
		<i>Итого</i>	100,00



КАДРЫ

Численность персонала ОИЯИ на 1 января 2022 г. составила 5203 человек (без временных членов персонала).

В ОИЯИ работают: академики РАН В. А. Матвеев, И. Н. Мешков, Ю. Ц. Оганесян, М. А. Островский, Г. В. Трубников, Б. Ю. Шарков; члены-корреспонденты РАН В. Л. Аксенов, Л. В. Григоренко, Д. И. Казаков, В. Д. Кекелидзе, Е. А. Красавин,

А. А. Старобинский, Г. Д. Ширков; члены других государственных академий наук Б. С. Юлдашев, О. Чулуунбаатар; 45 профессоров, 28 доцентов, 235 докторов наук, 625 кандидатов наук.

В 2021 г. в ОИЯИ принято на работу 447 человек, уволено за этот период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 459 человек.

НАГРАЖДЕНИЯ

За плодотворную работу в ОИЯИ, международное сотрудничество и в связи с 65-летием ОИЯИ награждены: наградами Министерства науки и образования РФ — 42 сотрудника, наградами Московской области — 31 сотрудник, на-

градами Госкорпорации «Росатом» — 37 сотрудников, наградами городского округа Дубна — 70 сотрудников, наградами ОИЯИ — 907 сотрудников. Всего награждено 1098 сотрудников ОИЯИ.



Ответственный за подготовку отчета – Б. М. Старченко

Отчет подготовили:

А. В. Андреев

С. В. Бобров

Н. А. Боклагова

А. Е. Васильев

Н. А. Головков

О. Ю. Дереновская

Ю. Л. Золина

Е. В. Иванова

А. В. Карпов

И. В. Кошлань

Е. Г. Кутейникова

С. З. Пакуляк

И. В. Титкова

Д. М. Худоба

А. П. Чеплаков

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. 2021

Годовой отчет

2022-9

Редакторы: *Е. В. Григорьева, М. И. Зарубина, Е. В. Сабаева*
Корректор *Е. А. Черногорова*

Подписано в печать 25.05.2022.

Формат 60×84/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 24,41. Уч.-изд. л. 26,71. Тираж 220 экз. Заказ № 60431.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/